

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Московский институт электроники и математики
«МИЭМ НИУ ВШЭ»



МИЭМ



ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ
малых форм предприятий в научно-технической сфере

SuperJob

Научно-техническая
конференция студентов,
аспирантов и молодых
специалистов МИЭМ НИУ ВШЭ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

2013 г.

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

**МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ И МАТЕМАТИКИ
«МИЭМ НИУ ВШЭ»**

**ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ
В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ**

**Научно-техническая
конференция студентов, аспирантов
и молодых специалистов МИЭМ НИУ ВШЭ**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Москва, 2013г.

УДК 658.012; 681.3.06; 621.396.6.001.66(075); 621.001.2(031)
ББК 2+3
Н 34

Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ НИУ ВШЭ. Тезисы докладов. - М. ~: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013. - 316.

ISBN 978-5-94768-066-9

В сборнике представлены тезисы докладов студентов, аспирантов и молодых специалистов.

Структура сборника включает разделы соответствующих научных направлений: прикладная математика; информационно-коммуникационные технологии; автоматизация проектирования, банки данных и знаний, интеллектуальные системы; компьютерные образовательные продукты; информационная безопасность; электроника и приборостроение; производственные технологии, нанотехнологии и новые материалы; современные технологии дизайн проектирования; информационные технологии в экономике, бизнесе и инновационной деятельности.

Сборник тезисов представляет интерес для преподавателей, студентов, научных работников и специалистов, специализирующихся в области информационно-коммуникационных технологий, электроники, прикладной математики и экономике.

Редакционная коллегия: Тихонов А.Н., Азаров В.Н., Карасев М.В., Кулагин В.П.,
Леохин Ю.Л., Львов Б.Г., Аристова У.В., Титкова Н.С.

Издание осуществлено с авторских оригиналов.

ISBN 978-5-94768-066-9

ББК 2+3

© **Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2013 г.**
© **Авторы, 2013г.**

Секция «Прикладная математика»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПАКТНЫХ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Е.А. Цымбалов

Отделение прикладной математики ВШЭ

Аннотация

Построены компактные разностные схемы, аппроксимирующие с высоким порядком уравнения математической физики: линейные эллиптические и параболические уравнения в частных производных, и граничные операторы для них.

Введение

Построены компактные разностные схемы с высоким порядком аппроксимирующие следующие краевые задачи:

Задача Штурма-Лиувилля для обыкновенного дифференциального линейного уравнения 2-го порядка с граничными условиями 1-го и 2-го рода.

Двумерные уравнения 2-го порядка Пуассона и Гельмгольца с граничными условиями 1-го рода.

Одномерные уравнения теплопроводности и Шредингера с граничными условиями 1-го рода.

Задача штурма-лиувилля

Аппроксимируем обыкновенное линейное дифференциальное уравнение второго порядка:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + u(x)q(x) = f(x),$$

с граничными условиями 1-го и 2-го рода.

На шеститочечном шаблоне в соотношение

$$au[(j-1)h] + bu[jh] + au[(j+1)h] = pf[(j-1)h] + qf[jh] + pf[(j+1)h] \quad (1)$$

подставим тестовые функции

$$u_k = y^k, \quad f_k = k(k-1)y + q(y)y^k, \quad y = x - jh, \quad k = 0, \dots, 4.$$

Найдены коэффициенты a, b, p, q при всех j . Затем получившаяся система линейных уравнений решена прогонкой. Для граничных условий Неймана схожим путем рассчитаны коэффициенты граничных операторов.

Численный эксперимент подтвердил 4-й порядок убывания погрешности компактной разностной схемы при шаге схемы h , стремящемся к нулю, в следующих метриках: C, L_1, L_2 .

Двумерное уравнение Пуассона

Аппроксимируем уравнение Пуассона:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y)$$

на заданном прямоугольнике с условиями Дирихле на краях и периодическими краевыми условиями.

Здесь в соотношение типа (1) входят значения функций u и f на 9-точечных шаблонах типа квадрат. Используя симметрию оператора Лапласа и степенные тестовые функции, найдены коэффициенты компактной разностной схемы, зависящие от одного параметра. По этому параметру была проведена минимизация погрешности в евклидовой и чебышевской метриках.

Метод легко распространить на решение уравнения Гельмгольца:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + g(x, y)u(x, y) = f(x, y).$$

Численный эксперимент показал 4-й порядок для чебышевской нормы и 3-й порядок аппроксимации для евклидовой нормы. В классической схеме порядок аппроксимации 2-й, а количество вычислений – то же самое.

Уравнения теплопроводности и Шредингера

На окружности рассмотрены следующие уравнения: уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0, \quad D \in \mathbf{R}, \quad D > 0,$$

и уравнение Шредингера:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - iD \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0, \quad D \in \mathbf{R}.$$

Для обоих уравнений были рассмотрены компактные разностные схемы - однослойная (на шести-) и двухслойная (на девяти-точечном шаблоне):

$$au[(j-1)h, \tau] + bu[jh, \tau] + au[(j+1)h, \tau] = pu[(j-1)h, \tau + 1] + qu[jh, \tau + 1] + pu[(j+1)h, \tau + 1];$$

$$au[(j-1)h, \tau] + bu[jh, \tau] + au[(j+1)h, \tau] = pu[(j-1)h, \tau + 1] + qu[jh, \tau + 1] + pu[(j+1)h, \tau + 1] + ru[(j-1)h, \tau + 2] + su[jh, \tau + 2] + ru[(j+1)h, \tau + 2].$$

Найдены коэффициенты компактных схем. Численный эксперимент подтвердил 4-й порядок аппроксимации для обоих уравнений компактной схемой на шеститочечном шаблоне. Для уравнения Шредингера был показан 4-й порядок аппроксимации компактной схемой на девятиточечном шаблоне и указаны границы условной сходимости схемы. Также была показана невозможность корректного применения полученной компактной разностной схемы на девятиточечном шаблоне для уравнения теплопроводности.

Заключение

Представлены компактные схемы, обеспечивающие более высокий порядок аппроксимации, нежели классические, при том же объеме вычислений. Полученные результаты создают задел для построения усложненных компактных схем, таких как схемы на расшатанных сетках, итерационных схем, а также компактных разностных схем, аппроксимирующих более сложные задачи, например, трехмерное уравнение Пуассона, многомерное уравнение теплопроводности с переменными коэффициентами и с правой частью; задачи с более сложными граничными условиями.

Список литературы:

1. Гордин В.А. Математика, компьютер, прогноз погоды и другие сценарии математической физики. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010, 2012.

КВАНТОВАЯ ГЕОМЕТРИЯ ЛОВУШКИ ПЕННИНГА-ЙОФФЕ

О.В. Благодырѳва

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В работе дано описание движения отдельной заряженной частицы в квантовой ловушке Пеннинга-Йоффе в случае, когда происходит резонанс магнетронной и изменѳнной циклической частот. При заданных параметрах задачи в алгебре симметрий гамильтониана идеальной ловушки Пеннинга найдены вакуумный вектор системы, когерентные состояния, воспроизводящее ядро, отвечающее этим когерентным состояниям, и плотность меры.

Введение

Целью исследования работы является определение квантовой геометрии ловушки Пеннинга-Йоффе, которая позволяет описать квантовые состояния системы в пространстве антиголоморфных функций. В разделе I даѳтся описание ловушки, и задаются начальные условия, в разделе II приводится результат операторного усреднения гамильтониана ловушки, в разделе III излагаются основные результаты проведѳнной работы.

I. Ловушка пеннинга-йоффе

Квантовая ловушка Пеннинга-Йоффе представляет собой следующую конфигурацию: частица массой m и электрическим зарядом q движется в суперпозиции электрического поля $\mathbf{E} = -\nabla\Phi$ и магнитного поля

$$\mathbf{B} = B_0 \left(\hat{e}_z + \frac{1}{R_0} \left((n_2 x + 2n_3 y) \hat{e}_x - (2n_1 x + n_2 y) \hat{e}_y \right) \right),$$

где n_1, n_2, n_3 - некоторые вещественные числа, R_0 - характерный масштаб неоднородности ($\varepsilon \approx B_0/R_0 \ll 1$).

Электрическое поле сформировано 6 пластинами, сделанными из проводящего материала и образующими каркас в форме куба со стороной $2a$. Верхняя и нижняя грани этого куба $z = \pm a$ заземлены, - это, так называемый, «концевой электрод». На оставшихся четырех пластинах $x = \pm a$ и $y = \pm a$ установлен потенциал U_0 , - это «кольцевой электрод».

Потенциал электрического поля Φ удовлетворяет уравнению Лапласа $\Delta\Phi = 0$ с граничным условием Дирихле: на боковых пластинах потенциал куба равен U_0 , а на верхней и нижней - нулю. Задача Дирихле имеет единственное решение:

$$\begin{aligned} \Phi = & Const + Q_{20} (2z^2 - x^2 - y^2) + \\ & + Q_{40} (8z^4 - 24z^2(x^2 + y^2) + 3(x^2 + y^2)^2) + \\ & + Q_{44} (x^4 - 6x^2y^2 + y^4) + \dots, \end{aligned}$$

где $Q_{20} \approx 0.347 \frac{U_0}{a^2}$, $Q_{40} \approx 0.008 \frac{U_0}{a^4}$, $Q_{44} \approx -0.056 \frac{U_0}{a^4}$ - коэффициенты, для которых предполагается, что

$$Q_{40}/Q_{20} = O(\varepsilon^2), \quad Q_{44}/Q_{20} = O(\varepsilon^2).$$

Кроме того, накладываются следующие условия:

$$U_0 \sim \frac{\hbar^2}{2ma^2q} \quad \text{и} \quad B_0 \sim \frac{\hbar c}{aq},$$

где \hbar - постоянная Планка, c - скорость света.

Осевая частота ω_z и циклическая частота ω_c электрического поля задаются формулами

$$\omega_z = \sqrt{1.387 \frac{qU_0}{ma^2}}, \quad \omega_c = \frac{qB_0}{mc}.$$

Изменѳнная циклическая частота ω_+ и магнетронная частота ω_- имеют вид

$$\omega_+ = \frac{1}{2} \left(\omega_c + \sqrt{\omega_c^2 - 2\omega_z^2} \right), \quad \omega_- = \frac{1}{2} \left(\omega_c - \sqrt{\omega_c^2 - 2\omega_z^2} \right).$$

На ловушку наложено дополнительное условие, позволяющее удерживать частицу внутри этой ловушки:

$$\omega_c^2 - 2\omega_z^2 > 0. \quad (1)$$

В работе рассматривается случай, при котором

$$U_0 = 0.27 \frac{a^2 q}{mc^2} B_0^2.$$

Такое соотношение обеспечивает выполнение условия (1) и приводит к резонансу 1:3, так как в этом случае

$$\omega_+ = 3\omega_-, \quad \text{то есть} \quad \omega_c = \pm 2\sqrt{\frac{2}{3}}\omega_z.$$

Под идеальной ловушкой Пеннинга будем понимать систему, в которой движение частицы описывается гамильтонианом:

$$H_0 = \frac{1}{2m} \left(\mathbf{p} - \frac{q}{c} \mathbf{A}_0 \right)^2 + q\Phi_0 \quad (2)$$

где \mathbf{A}_0 - векторный потенциал магнитного поля

$\mathbf{B}_0 = B_0 \hat{e}_z$, задаваемый формулой

$$\mathbf{A}_0 = \frac{1}{2} B_0 \left(-y \hat{e}_x + x \hat{e}_y \right), \quad (3)$$

\mathbf{p} - импульс частицы, Φ_0 - электрический потенциал

$$\Phi_0 = Q_{20} (2z^2 - x^2 - y^2). \quad (4)$$

В возмущѳнной системе движение частицы описывается гамильтонианом

$$H = \frac{1}{2m} \left(\mathbf{p} - \frac{q}{c} \mathbf{A} \right)^2 + q\Phi \quad (5)$$

где \mathbf{p} - импульс частицы,

\mathbf{A} - векторный потенциал магнитного поля \mathbf{B} ,

Φ - электрический потенциал.

Векторный потенциал магнитного поля \mathbf{B} представляется собой сумму

$$\mathbf{A}(x, y, z) = \mathbf{A}_0(x, y, z) + \mathbf{A}_1(x, y, z),$$

где \mathbf{A}_0 задаѳтся формулой (3), а \mathbf{A}_1 - векторный потенциал возмущения магнитного поля

$$\mathbf{B}_1 = \varepsilon \left((n_2 x + 2n_3 y) \hat{e}_x - (2n_1 x + n_2 y) \hat{e}_y \right),$$

задаваемый формулой

$$\mathbf{A}_1 = \varepsilon \left(n_1 x^2 + n_2 xy + n_3 y^2 \right) \hat{e}_z.$$

Электрический потенциал $\Phi = \Phi_0 + \delta\Phi$ состоит из потенциала идеальной ловушки Пеннинга, задаваемого формулой (4), и возмущения

$$\begin{aligned} \delta\Phi = & Q_{40} \left(8z^4 - 24z^2(x^2 + y^2) + 3(x^2 + y^2)^2 \right) + \\ & + Q_{44} \left(x^4 - 6x^2y^2 + y^4 \right) + \dots \end{aligned}$$

II. Усреднѳнный Гамильтониан

В работе найдено квантовое усреднение гамильтониана (5) в первых порядках теории возмущений, выраженной через алгебру симметрий

$$\hat{H}_u = \hat{H}_0 + \frac{q^2}{m^3 v^2 c^2} \varepsilon^2 \hat{V}_{u2} + \frac{q}{m^2 v^2} Q_{40} \hat{V}_{u3} + O(\varepsilon^4),$$

где

$$\hat{H}_0 = v \left(\frac{3}{4} \hat{A}_1 - \frac{1}{4} \hat{A}_2 + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{2}} \hat{A}_3 \right) - \text{гамильтониан (2),}$$

$$v = \sqrt{\omega_c^2 - 2\omega_z^2},$$

$$\hat{V}_{u_2} = \hat{V}_{u_2}(\hat{A}_1, \hat{A}_2, \hat{A}_3, \hat{A}_4, \hat{A}_5), \quad \hat{V}_{u_3} = \hat{V}_{u_3}(\hat{A}_1, \hat{A}_2, \hat{A}_3)$$

- полиномы, зависящие от образующих алгебры симметрий:

$$\hat{A}_1 = \hat{B}_+ \hat{C}_+ + \hbar, \quad \hat{A}_2 = \hat{B}_- \hat{C}_- + \hbar, \quad \hat{A}_3 = \hat{B}_3 \hat{C}_3 + \hbar,$$

$$\hat{A}_4 = -\frac{1}{2} i (\hat{B}_+^3 \hat{C}_+ - \hat{C}_+^3 \hat{B}_+), \quad \hat{A}_5 = \frac{1}{2} (\hat{B}_-^3 \hat{C}_- + \hat{C}_-^3 \hat{B}_-), (6)$$

$$\text{где } \hat{B}_j = \hat{q}_j - i\hat{p}_j, \quad \hat{C}_j = \hat{q}_j + i\hat{p}_j$$

- операторы уничтожения, $j = +, -, 3$.

Операторы $\hat{q}_+, \hat{q}_-, \hat{q}_3$ и $\hat{p}_+, \hat{p}_-, \hat{p}_3$ соответствуют каноническим координатам q_+, q_-, q_3 и каноническим импульсам p_+, p_-, p_3 , которые с помощью канонического преобразования получаются из координат x, y, z и проекций импульсов

$$p_x = m\dot{x} - \frac{1}{2} m\omega_c y, \quad p_y = m\dot{y} + \frac{1}{2} m\omega_c x, \quad p_z = m\dot{z},$$

определённых в декартовой системе координат.

Коммутационные соотношения между образующими алгебры симметрий имеют вид

$$[\hat{A}_1, \hat{A}_2] = 0, \quad [\hat{A}_k, \hat{A}_3] = 0, \quad k = 1, 2, 4, 5,$$

$$[\hat{A}_1, \hat{A}_4] = -2i\hbar\hat{A}_5, \quad [\hat{A}_1, \hat{A}_5] = 2i\hbar\hat{A}_4,$$

$$[\hat{A}_2, \hat{A}_4] = -6i\hbar\hat{A}_5, \quad [\hat{A}_2, \hat{A}_5] = 6i\hbar\hat{A}_4,$$

$$[\hat{A}_4, \hat{A}_5] = i\hbar(15\hbar^2\hat{A}_1 + 23\hbar^2\hat{A}_2 + 9\hat{A}_1\hat{A}_2^2 + \hat{A}_2^3). \quad (7)$$

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты работы приводятся далее для следующих значений исходных параметров:

$$q = 1, \quad m = 1, \quad \omega_c = 2, \quad \omega_z = \sqrt{3/2}.$$

Вакуумный вектор в гильбертовом пространстве для рассматриваемой алгебры симметрий содержит четыре случая в зависимости от квантовых чисел N_1, N_2 и N_3 генераторов алгебры симметрий $\hat{A}_1, \hat{A}_2, \hat{A}_3$:

$$(1) N_2 = 0, \quad N_1, N_3 \in \mathbf{Z}_+,$$

$$p_0 = \text{const} (x - iy)^{N_1} H_{N_3} \left(\frac{z}{\sqrt{h}} \right) e^{-\frac{x^2 + y^2 + 2z^2}{4h}};$$

$$(2) N_2 = 1, \quad N_1, N_3 \in \mathbf{Z}_+,$$

$$p_0 = \text{const} (x + iy)(x - iy)^{N_1} H_{N_3} \left(\frac{z}{\sqrt{h}} \right) e^{-\frac{x^2 + y^2 + 2z^2}{4h}};$$

$$(3) N_2 = 2, \quad N_1, N_3 \in \mathbf{Z}_+,$$

$$p_0 = \text{const} (x + iy)^2 (x - iy)^{N_1} H_{N_3} \left(\frac{z}{\sqrt{h}} \right) e^{-\frac{x^2 + y^2 + 2z^2}{4h}};$$

$$(4) N_1 = 0, \quad N_2, N_3 \in \mathbf{Z}_+,$$

$$p_0 = \text{const} (x + iy)^{N_2} H_{N_3} \left(\frac{z}{\sqrt{h}} \right) e^{-\frac{x^2 + y^2 + 2z^2}{4h}}; \quad (8)$$

где H_k - полиномы Эрмита.

Неприводимое представление алгебры симметрий задаётся операторами

$$\tilde{B} = 24h^2 \bar{z} \left(\bar{z} \frac{d}{d\bar{z}} - q_2 - iq_3 \right) \left(\bar{z} \frac{d}{d\bar{z}} - q_2 + iq_3 \right),$$

$$\tilde{C} = 18h^2 \left(\bar{z} \frac{d}{d\bar{z}} - q_1 \right) \frac{d}{d\bar{z}},$$

$$\tilde{A}_1 = a_1 + 2h \bar{z} \frac{d}{d\bar{z}}, \quad \tilde{A}_2 = a_2 + 6h \bar{z} \frac{d}{d\bar{z}}, \quad \tilde{A}_3 = a_3, \quad (9)$$

где числа q_j в явном виде представляются как функции от собственных чисел $a_j = \hbar(2N_j + 1)$ генераторов алгебры симметрий \hat{A}_j ($j = 1, 2, 3$).

Эрмитово представление алгебры (7) в гильбертовом пространстве с вакуумным вектором p_0 может быть сплетено с неприводимым представлением (9) с помощью следующих обобщённых когерентных состояний:

$$p_z = {}_0F_1 \left(-q_1; \frac{z\hat{A}_+}{18h^2} \right) p_0,$$

где $\hat{A}_+ = \hat{A}_5 + i\hat{A}_4$, - оператор рождения, ${}_0F_1(a; b)$ - обобщённая гипергеометрическая функция.

Через $P_{s(a)}$ обозначим пространство распределений функций $g(\bar{z}) = \sum_{n=0}^{\infty} g_n \bar{z}^n$ на \mathbf{R}^2 со скалярным произведением

$$(g', g)_{P_{s(a)}} = \frac{1}{2\pi} \iint_{|z| \leq \sqrt{3/2}} \overline{g'_n(\bar{z})} g_n(\bar{z}) l(|z|^2) dz d\bar{z},$$

где $l(|z|^2)$ - плотность меры, задаваемая формулой

$$l(r) = \frac{4(1-\alpha)(1-\beta)}{3(1-\gamma)} \left/ \left(1 - \frac{\Gamma(\gamma-1)\Gamma(\gamma-\alpha-\beta+1)}{\Gamma(\gamma-\alpha)\Gamma(\gamma-\beta)} \right) \right. {}_2F_1(\alpha, \beta; \gamma; \frac{4}{3}r),$$

где $\alpha = 1 - N_1$, $\beta = \frac{4}{3}$, $\gamma = \frac{5}{3}$ для $N_2 = 0$ в (8),

$$\alpha = \frac{2}{3}, \quad \beta = 1 - N_1, \quad \gamma = \frac{4}{3} \text{ для } N_2 = 1 \text{ в (8),}$$

$$\alpha = 1 - N_1, \quad \beta = \frac{1}{3}, \quad \gamma = \frac{2}{3} \text{ для } N_2 = 2 \text{ в (8),}$$

${}_2F_1(a, b; c; x)$ - гипергеометрическая функция.

Воспроизводящее ядро в пространстве $P_{s(a)}$ имеет вид

$$K(\bar{z}, z) = {}_2F_1(-q_2 - iq_3, -q_2 + iq_3; -q_1; \frac{4}{3}\bar{z}z).$$

Заключение

Для рассматриваемой задачи в алгебре симметрий гамильтониана идеальной ловушки Пеннинга найдены вакуумный вектор, когерентные состояния, воспроизводящее ядро, отвечающее этим когерентным состояниям и плотность меры. Это позволяет перейти к решению задачи определения квантовых состояний системы в пространстве антиголоморфных функций.

Список литературы:

1. M. Kretzschmar, «Single Particle Motion in a Penning Trap: Description in the Classical Canonical Formalism», Physica Scripta, Vol. 46, 544-554 (1992).
2. T. M. Squires, P. Yesley, and G. Gabrielse, «Stability of a Charged Particle in a Combined Penning-Ioffe Trap», Physical Review Letters, Vol. 86, Number 23, 2001.
3. M. Karasev, «Noncommutative Algebras, Nano-Structures, and Quantum Dynamics Generated by Resonances. III», ISSN 1061-9208, Russian Journal of Mathematical Physics, Vol. 13, No. 2, 2006, pp. 131-150.
4. M. Karasev, E. Novikova, «Non-Lie Permutation Relations, Coherent States, and Quantum Embedding», Amer. Math. Soc. Transl. (2) Vol. 187, 1998.
5. Г. Бейтмен, А. Эрдейи, «Высшие трансцендентные функции», Том 1, Москва, 1965.

НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИОННЫЙ ПУЧЕК В СОБСТВЕННОМ ГАЗЕ

А.В. Шумилин

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

Рассмотрено распространение квазинейтрального низкоэнергетического ионного пучка в собственном газе. Показано, что рождение медленных ионов происходит преимущественно за счет процесса резонансной перезарядки. Определены потенциал относительно стенок вакуумной камеры и предельный ток квазинейтрального ионного пучка в области дрейфа.

Введение

Электрореактивные двигатели (ЭРД) в настоящее время широко используются для коррекции орбиты долгоживущих космических аппаратов и для управления их ориентацией в пространстве. Наиболее распространенным типом таких двигателей являются холловские ЭРД, в которых используется газовый разряд в скрещенных электрическом и магнитном полях. Рабочий газ подается в разрядный канал двигателя, где подвергается ионизационному выгоранию под действием холловских электронов [1].

Образованные при этом ионы, ускоренные после выхода из холловского ЭРД, распространяются в собственном газе. Следует различать режимы работы ЭРД в лабораторных условиях и в условиях космического пространства. В лабораторных условиях двигатель работает в вакуумной камере, заполненной рабочим газом. В космических условиях только при неполной ионизации рабочего газа в холловском ЭРД наряду с потоком ускоренных ионов в окружающее пространство инжектируется и поток нейтрального газа.

При исследовании работы макета холловского двигателя в лабораторных условиях мы имеем дело с пучком быстрых ионов с током порядка ампера и небольшой кинетической энергией (100÷300 эВ), распространяющихся в некоторой трубе дрейфа, заполненной собственным газом. Положительный пространственный заряд этого пучка с необходимостью должен быть компенсирован отрицательным зарядом медленных максвелловских электронов. Основным процессом взаимодействия быстрых ионов с собственным газом в рассматриваемом диапазоне энергий при этом является процесс резонансной перезарядки, в результате которого быстрый ион превращается в медленный, то есть происходит эффективное торможение ионов пучка. Электроны, компенсирующие положительный заряд пучка могут производиться тремя способами: во-первых, за счет вторичной ион-электронной эмиссии со стенок трубы дрейфа; во-вторых, путем ионизации газа тепловыми электронами; и, в-третьих, с помощью некоторого внешнего источника электронов, часто называемого катодом-компенсатором. Таким образом мы имеем дело с весьма специальным случаем ионно-пучковой плазмы.

Перезарядочная плазма

В данной работе мы не будем касаться вопросов, связанных с наличием катода-компенсатора. Очевидно, что при низких температурах электронного газа процесс объемной ионизации в ионно-пучковой плазме происходит не эффективно. По этой причине существует некоторая электронная температура, ниже которой можно пренебречь рождением медленных ионов в результате объемной ионизации. Предположив, что медленные ионы в объеме трубы дрейфа рождаются исключительно за счет процесса резонансной перезарядки быстрых ионов пучка, мы сможем оценить величину этой характерной температуры.

Предполагая, что концентрация нейтралов постоянна, рассмотрим процесс распространения ионного пучка в пространстве дрейфа. Запишем уравнения непрерывности для быстрых и медленных ионов с учетом радиального ухода медленных ионов и процесса резонансной перезарядки. В самом деле, если считать, что быстрые ионы и нейтралы движутся параллельно оси x , то уравнения непрерывности для них можно записать в виде

$$dJ_i(x)/dx = -J_i(x)n_g\sigma_n + eQ(x)n_i(x)\sigma_n, \quad (1)$$

$$2\pi aen_i(x)v_s = J_i(x)n_g\sigma_n - eQ(x)n_i(x)\sigma_n, \quad (2)$$

где $J_i(x)$ – ток ионного пучка; n_g – концентрация рабочего газа в трубе дрейфа; σ_n – сечение процесса резонансной перезарядки; $Q(x)$ – поток быстрых нейтралов; $n_i(x)$ – концентрация медленных ионов; a – радиус ионного пучка; e – абсолютное значение элементарного заряда; $v_s = \sqrt{T_e/M}$ – скорость ионного звука; T_e – температура плазматических электронов в энергетических единицах; M – масса иона. В качестве граничных условий для системы уравнений мы положим

$$J_i(0) = J_{i0}; \quad Q(0) = 0. \quad (3)$$

Из уравнения (2) следует наличие некоторого “перезарядочного” масштаба тока [2]

$$J_* = 2\pi aev_s / \sigma_n. \quad (4)$$

Так, для пучка ионов ксенона с энергией порядка 100÷300 эВ $\sigma_n \approx 5 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$ и

$$J_* \approx 17.3a\sqrt{T_e},$$

где радиус ионного пучка выражен в сантиметрах, температура электронов – в электрон-вольтах, а ток вычисляется в амперах.

Несложно показать, что если имеет место неравенство $J_{i0} \ll J_*$,

то вторыми слагаемыми в уравнениях (1) и (2) можно пренебречь¹. Поэтому в рассматриваемых условиях можно записать

$$J_i(x) = J_{i0} \exp(-n_g\sigma_n x) = J_{i0} \exp(-x/\lambda), \quad (6)$$

где λ – длина перезарядки.

Радиальная составляющая плотности тока медленных ионов вне пучка в предположении, что они рождаются только в результате процесса резонансной перезарядки в области пучка, составляет величину

$$j_i(r, x) = J_i(x) / 2\pi r\lambda. \quad (7)$$

Для оценки скорости ионизации газа тепловыми электронами примем [3]

$$dn_i/dt \approx n_g n_e \sigma_m \langle v_e \rangle (1 + 2T_e / e\phi_i) \exp(-e\phi_i / T_e) / 4, \quad (8)$$

где $n_e \approx n_i$ – концентрация ионно-пучковой плазмы; $\langle v_e \rangle = \sqrt{8T_e/\pi m}$ – средний модуль скорости электронов; m – масса электрона; ϕ_i – потенциал ионизации рабочего газа. Полагая, что поток медленных ионов, рожденных за счет перезарядки быстрых ионов пучка, на стенку трубы дрейфа в 10 раз превосходит поток медленных ионов, рож-

¹ Отметим, что предположение о постоянстве концентрации газа ($n_g = \text{const}$) также связано с условием малости ионного тока (5). Однако в этом случае условие малости потока медленных ионов из области пучка по сравнению с хаотическим потоком нейтрального газа приводит к несколько более сильному неравенству $J_{i0} / J_* \ll \sqrt{T_g / T_e} \approx 0.1$, где T_g – температура газа в трубе дрейфа.

денных за счет ионизации газа тепловыми электронами, получим

$$5n_g \sigma_m R \sqrt{M/m} (1 + 2T_e / e\varphi_i) \exp(-e\varphi_i / T_e) / \sqrt{2\pi} < 1.$$

Несложно показать, что в типичных для испытания холловских двигателей условиях (рабочий газ – ксенон, расход ксенона порядка 1 ампера, энергия ионов примерно 100–300 эВ, размер камеры порядка 25 см) характерная электронная температура составит 2–4 эВ.

Равновесный потенциал

Потенциал плазмы определяется балансом электронной составляющей. Если вторичная ион-электронная эмиссия со стенок трубы дрейфа (γ – коэффициент вторичной ион-электронной эмиссии [3]) является единственным источником электронов в объеме ионно-пучковой плазмы, то имеет место динамическое равновесие между током вторичных электронов и хаотическим током электронов из плазмы, преодолевших потенциальный барьер φ_{pl} :

$$\begin{aligned} 2\pi R \gamma \int_0^{\infty} j_i(R, x) dx = \\ = 2\pi R (2\sqrt{2})^{-1} \sqrt{M/m} \exp(-e\varphi_{pl} / T_e) \int_0^{\infty} j_i(R, x) dx. \end{aligned} \quad (9)$$

Учитывая (6) и (7) из (9) получим потенциал ионно-пучковой плазмы относительно стенок трубы дрейфа [2]

$$e\varphi_{pl} = T_e \ln \left((2\gamma\sqrt{2\pi})^{-1} \sqrt{M/m} \right). \quad (10)$$

Электронная температура определяется балансом энергии для электронного газа. В интегральной форме его можно записать в виде:

$$\begin{aligned} 2\pi R \gamma (e\varphi_{pl} + \varepsilon_\gamma) \int_0^{\infty} j_i(R, x) dx = \\ = 2\pi R (e\varphi_{pl} + 2T_e) (2\sqrt{2\pi})^{-1} \sqrt{M/m} \cdot \\ \cdot \exp(-e\varphi_{pl} / T_e) \int_0^{\infty} j_i(R, x) dx, \end{aligned} \quad (11)$$

где ε_γ – средняя энергия γ -электронов. Учитывая (6), (7) и (10) из (11) получим [2]

$$T_e = \varepsilon_\gamma / 2, \quad (12)$$

то есть в типичных условиях составляет величину 1.5–2 эВ.

Предельный ток

Система реагирует на внешнее возмущение (случайное или обусловленное внешним воздействием) некоторым изменением своих параметров. Неустойчивость возникает, если между внешним возмущением и откликом системы на это возмущение существует положительная обратная связь или синхронизм. При исследовании устойчивости системы первоочередной интерес представляет нахождение условий возникновения именно такого синхронизма.

Рассмотрим с этой точки зрения задачу о предельном токе цилиндрического квазинейтрального ионного пучка. Пусть однородный по сечению ионный пучок радиуса a распространяется в трубе дрейфа радиуса R . Ток пучка в плоскости инъекции ($x=0$) равен $J_{i0} = \pi a^2 \rho u_i$, где $u_i = \sqrt{2e\varphi_0 / M}$ – скорость ионов, ускоренных разностью потенциалов φ_0 . По мере распространения вдоль оси x ток пучка убывает по экспоненциальному закону (6). В равновесном состоянии пространственный заряд ионного пучка нейтрализован электронами, распределение которых по скоростям можно считать максвелловским. Весь объем трубы дрейфа будет заполнен плазмой, потенциал которой

относительно стенок трубы в равновесном состоянии равен φ_{pl} .

Предположим, что в пучке произошла случайная, тор-мозающая ионы, флуктуация потенциала $\delta\varphi_1$. Это приведет к уменьшению скоростей ионов на величину δu_i ($\delta u_i = -u_i \delta\varphi_1 / 2\varphi_0$). Предполагая, что плотность тока ионного пучка остается неизменной, для общего избыточного положительного заряда пучка ($e\delta N_{ib}$) будем иметь

$$e\delta N_{ib} = \lambda \delta\varphi_1 J_{i0} / 2\varphi_0 u_i. \quad (13)$$

Практически мгновенно, за время порядка R/c , этот заряд будет нейтрализован максвелловскими электронами, благодаря чему плазма останется квазинейтральной, а избыточный заряд окажется в пристеночных слоях. Ионно-пучковая плазма реагирует на внесение в нее избыточного положительного заряда подобно металлическому проводнику – она выталкивает заряд на поверхность. Аналогично с проводником можно продолжить и представить себе ионно-пучковую плазму в трубе дрейфа, как цилиндрический конденсатор с емкостью C . Тогда внесение на внутреннюю обкладку этого конденсатора дополнительного заряда $e\delta N_{ib}$ приведет к увеличению разности потенциалов на величину $\delta\varphi = e\delta N_{ib} / (C + \varphi_{pl} dC / d\varphi_{pl})$. Если эта величина превысит исходную начальную флуктуацию потенциала, то пучок будет неустойчив.

С учетом закона 3/2 для тока медленных ионов на стенку трубы дрейфа емкость рассматриваемого цилиндрического конденсатора можно записать в виде

$$\begin{aligned} C(\varphi_{pl}) \approx (2R/3) \int_0^{\infty} dx / d(x) = \\ = 4R\lambda \sqrt{J_{i0} (2R\lambda \varphi_{pl}^{3/2})^{-1} \sqrt{M/2e}}, \end{aligned} \quad (14)$$

где $d(x)$ – толщина слоя пространственного заряда. Таким образом, предельный ток квазинейтрального ионного пучка в области дрейфа равен

$$J_{\max} = 2(R/\lambda) (\varphi_0 / \varphi_{pl})^{3/2} \sqrt{2e/M} \varphi_0^{3/2}. \quad (15)$$

Предельный ток пропорционален концентрации остаточного газа, радиусу трубы дрейфа, кубу ускоряющего напряжения и обратно пропорционален потенциалу ионно-пучковой плазмы в степени три вторые.

Заключение

В докладе рассмотрено распространение квазинейтрального низкоэнергетичного ионного пучка в собственном газе. Определены основные физические процессы, происходящие внутри вакуумной камеры лабораторной установки. Построена модель, связывающая характеристики ионного пучка двигателя с параметрами экспериментальной установки, такими как коэффициент вторичной ион-электронной эмиссии стенок вакуумной камеры, концентрации нейтрального газа в камере и ее радиусом.

Список литературы:

1. Dan M. Goebel and Ira Katz. Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters. Wiley-Blackwell. 2008. 508 pp.
2. Жаринов А.В. Динамическая декомпенсация объемного заряда ионных пучков. Частное сообщение. 2005.
3. Грановский В.Л. Электрический ток в газе. Том I. Общие вопросы электродинамики газов. М.-Л.: ГИТТЛ. 1952. 432 с.

ТУННЕЛЬНОЕ ВОЗМУЩЕНИЕ ДИСКРЕТНОГО СПЕКТРА

Е. В. Выборный

факультет Прикладной математики и кибернетики

Рассмотрим квантовую частицу в стационарном состоянии в потенциальной яме $V(x)$. Основная задача состоит в изучении возмущения энергии при добавлении к исходному потенциалу возмущения $f(x)$, которое тождественно равно нулю в области классического движения частицы с данной энергией E . Такое возмущение никак не влияет на движение классической частицы, следовательно, должно исчезать при квазиклассическом пределе в квантовой механике. Поскольку квантовая частица ощущает данное возмущение только за счет туннельных эффектов, будем называть подобное возмущение «туннельным».

Если функция $f(x)$ мала по норме, то применимы классические формулы теории возмущений для изолированной точки спектра (см. [1]). Итоговая поправка для энергии любого стационарного состояния не превышает нормы возмущения и является малой.

В случае, когда норма возмущения не является малой, поправка к энергии будет малой за счет экспоненциально-го убывания волновой функции стационарного состояния в классически запрещенной области. Поправка к энергии окажется малой не для всех стационарных состояний, а только для тех, для которых возмущение можно считать туннельным.

Основная задача данной работы: найти главный член асимптотического разложения возмущения изолированной точки спектра в случае туннельного возмущения одномерного потенциала. Полученные формулы должны переходить в формулы классической теории возмущений, если норма возмущения является малой.

Невозмущенная система описывается одномерным стационарным уравнением Шредингера

$$-h^2 \frac{d^2 \psi}{dx^2} + V(x)\psi = E\psi,$$

где $0 < h \ll 1$ – малый параметр квазиклассического приближения. Определим соответствующий оператор

$$\hat{H} = -h^2 \frac{d^2}{dx^2} + V(x).$$

Пусть E, E_1, \dots – неупорядоченный набор собственных значений \hat{H} , а ψ, ψ_1, \dots – соответствующие собственные функции. Хорошо известно, что собственные функции образуют полный набор, а расстояние между соседними точками спектра имеет порядок h .

Возмущенный оператор имеет вид

$$\hat{F} = \hat{H} + f(x),$$

где функция $f(x)$ не предполагается малой, но равна нулю на некотором отрезке, содержащем классическую область движения для энергии E . Пусть классической областью движения является отрезок $[x_1, x_2]$, то есть

$$V(x) < E, \quad x_1 < x < x_2.$$

Будем считать, что $f(x) \neq 0$ только при $x_2 < a < x < b$,

то есть возмущение полностью сосредоточено справа от потенциальной ямы (другие случаи разбираются аналогично).

Предположим, что после добавления возмущения итоговый потенциал остается одноямыным, то есть классическая область движения для потенциала $V(x) + f(x)$ совпадает с отрезком $[x_1, x_2]$.

Волновая функция ψ экспоненциально убывает вглубь классически запрещенной области, при $x > a$ для нее справедливо ВКБ приближение

$$\psi = \frac{C}{\sqrt{|p(x)|}} \exp\left(-\frac{1}{h} \int_{x_2}^x |p(x)| dx\right),$$

$$\text{где } p(x) = \sqrt{E - V(x)}.$$

Несложно показать, что у оператора \hat{F} есть единственная точка спектра, находящаяся экспоненциально близко от точки E . Это следует из оценок:

$$\|(\hat{F} - E)\psi\|^2 = \|f\psi\|^2 = \int_a^b |f(x)\psi(x)|^2 dx = \varepsilon^2,$$

$$\varepsilon < C_1 \exp\left(-\frac{1}{h} \int_{x_2}^a |p(x)| dx\right).$$

Обозначим эту энергию L . Тогда справедлива оценка

$$|L - E| < \varepsilon.$$

Это элементарная оценка, которую можно получить непосредственно.

Нам удалось получить асимптотическое разложение для величины L по малому параметру ε . Пусть L, L_1, \dots – собственные значения оператора \hat{F} , а $\varphi, \varphi_1, \dots$ – соответствующие собственные векторы. Тогда справедлива асимптотическая формула

$$L - E = \langle f\psi, \psi \rangle + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{|\langle f\psi, \varphi_k \rangle|^2}{E - L_k} + O(\varepsilon^3).$$

Данная формула отличается от классической формулы теории возмущений тем, что вместо собственных значений E_k и собственных функций ψ_k невозмущенного оператора \hat{H} в сумме в правой части стоят собственные значения L_k и собственных функций φ_k оператора \hat{F} . В классической теории возмущений они предполагаются неизвестными, но в задачах квантовой механики их можно вычислить со степенной точностью используя ВКБ приближение. В полученной формуле можно заменить φ_k и L_k соответствующими степенными приближениями.

В случае малости $f(x)$ по норме, данная формула переходит в формулу классической теории возмущений, а в общем случае является ее обобщением для задачи туннельного возмущения.

Правая часть данной формулы, очевидно, имеет порядок ε^2 , поскольку $\|f\psi\| = \varepsilon$. Следовательно, справедлива оценка

$$|L - E| = O(\varepsilon^2),$$

которая на порядок лучше оценки, полученной элементарными методами. Можно на примере показать, что данную оценку нельзя улучшить.

Таким образом, найдена асимптотическая формула для экспоненциально малого возмущения спектра, вызванного туннельным возмущением потенциала.

Данная формула имеет приложения в задачах описания туннельной динамики частиц в многоямных потенциалах [2].

Список литературы:

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц Курс теоретической физики в 10 томах, т. 3 Квантовая механика (нерелятивистская теория) // Физматлит 2002.
2. Е. В. Выборный. Туннельное расщепление спектра и билокализация собственных функций в несимметричной двойной яме // Наноструктуры. Матем. физика и моделир., 2012, т. 7, №2.

СЛУЧАЙНЫЕ ПОДСТАНОВКИ: ОТ В.Л. ГОНЧАРОВА ДО НАШИХ ДНЕЙ

М.В. Солдаткина
Общественные кафедры,
кафедра «Высшая Математика»

Аннотация

Рассматриваются (в историческом аспекте) различные модели случайных подстановок. Вводится d -параметрическая модель случайных подстановок и проводится её статистический анализ.

Введение

Подстановки степени n , $n \geq 2$ (далее используется термин « n -подстановки»), т.е. взаимно однозначные отображения конечного множества $X_n = \{1, 2, \dots, n\}$ в себя, представляют собой один из наиболее интересных и популярных в математической литературе объектов дискретной математики. Неослабевающий в течение многих лет интерес к ним со стороны многочисленных исследователей обусловлен как их разнообразными и глубокими аналитическими свойствами, так и широким применением их в различных областях научной и практической деятельности. Литература, посвященная подстановкам, практически необозрима, и поток соответствующих публикаций не иссякает.

Теория случайных и равновероятных подстановок, когда каждая n -подстановка из симметрической группы S_n наблюдается с вероятностью $(n!)^{-1}$, берёт своё начало с классической работы В.Л. Гончарова 1944г. «Из области комбинаторики» [1]. В этой работе с помощью вероятностного подхода проведено обстоятельное исследование структуры n -подстановок, включая их асимптотический анализ, когда степень подстановок n принимает большие значения (при $n \rightarrow \infty$). С тех пор равновероятная модель случайных подстановок продолжает оставаться наиболее популярным объектом вероятностной комбинаторики.

В тоже время, внутренняя логика развития теории и запросы современной практики выдвигают на передний план задачи исследования и иных моделей случайных подстановок, учитывающих различного рода отклонения от равновероятности. Так, в частности, важнейшая статистическая проблема проверки адекватности, скажем, той же равновероятной модели, требует рассмотрения различного рода альтернатив и изучения поведения тестовых характеристик подстановки при различных отклонениях меры P от равномерности.

Общий подход для конструирования и исследования неравновероятных моделей случайных n -подстановок был предложен в работах Г.И.Ивченко и Ю.И.Медведева [2,3]. Ими была введена следующая n -параметрическая модель: если $c(n) = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ есть цикловая структура подстановки $s \in S_n$ (подстановка s имеет c_i циклов длины i , $i = 1, \dots, n$), то она наблюдается с вероятностью, пропорциональной $\prod \theta_i^{c_i}$, где $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n)$, $\theta_i \geq 0$, – параметр меры P_θ :

$$P_\theta(s) = I\left(\sum_{i=1}^n ic_i = n\right) \prod_{j=1}^n \theta_j^{c_j} / H_n(\theta), \quad (1)$$

Здесь и далее $I(\cdot)$ – индикатор и $H_n(\theta)$ – необходимый нормирующий множитель, называемый статистической суммой модели и имеющий вид

$$H_n(\theta) = n! [z^n] \exp\left\{\sum_{i=1}^n \theta_i \frac{z^i}{i}\right\} \quad (2)$$

(здесь и далее $[z^n]f(z) = \text{coef}_z^n f(z)$).

Далее, для производящей функции цикловой структуры $c(n) = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ случайной подстановки в модели (1)

$$F_{n\theta}(t) = E_\theta \prod_{i=1}^n t_i^{c_i}, \quad t = (t_1, t_2, \dots, t_n),$$

имеет место представление

$$F_{n\theta}(t) = H_n(t \times \theta) / H_n(\theta), \quad (3)$$

где $t \times \theta = (t_1 \theta_1, t_2 \theta_2, \dots, t_n \theta_n)$

В свете сказанного, представляется естественным для продвижения в этой тематике рассмотреть различные конкретизации общей модели (1) при тех или иных ограничениях на число степеней свободы меры P_θ . Различные неравновероятные модели случайных подстановок рассматриваются в работе [5].

d -параметрическая модель случайных подстановок и её анализ

Рассматривается d -мерная ($d \geq 2$) параметрическую модель, определяемая некоторым разбиением множества $X_n = \{1, 2, \dots, n\}$

$$X_n = \bigcup_{j=1}^d A_j, \quad A_i \cap A_j = \emptyset, \quad i \neq j, \quad (4)$$

и зависящая от свободного параметра $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_d)$, $\theta_i \geq 0$, следующим образом:

будем называть A_j - циклами подстановки $s \in S_n$ те её циклы, длины которых являются элементами подмножества A_j , а общее число A_j - циклов n -подстановки s обозначать $C_{A_j}(n) = C_{A_j}(n, s)$, $j = 1, \dots, d$; тогда вероятность наблюдения произвольной n -подстановки пропорциональна величине $\prod_{j=1}^d \theta_j^{C_{A_j}(n)}$.

Вектор

$$C_A(n) = (C_{A_1}(n), C_{A_2}(n), \dots, C_{A_d}(n)) \quad (5)$$

называется цикловой структурой подстановки (A -структурой).

Такое сужение общей модели (1) делает её более конструктивной и поддающейся анализу, и, в то же время, оставляет модели достаточное число степеней свободы, чтобы охватить большее число различных, представляющих практический интерес, вариантов постановок конкретных вероятностных и статистических задач для неравновероятных подстановок.

Далее в работе [6] эта конструкция применяется для исследования чисел конгруэнтных циклов в подстановке, т.е. когда подмножества A_j имеют вид

$$A_j = \{k : k = ld + j, l \geq 0\} \quad (6)$$

для некоторых целых $d \geq 2$ и $1 \leq j \leq d$, и устанавливается следующий результат.

Теорема. Если $n \rightarrow \infty$, а параметры $\theta_1, \dots, \theta_d$ фиксированы, то компоненты вектора (5) асимптотически независимы и асимптотически нормальны с параметрами соответственно $\left(\frac{\theta_j}{d} \ln n, \frac{\theta_j}{d} \ln n\right)$, $j = 1, \dots, d$, при этом параметры нормальных распределений являются

асимптотическими значениями соответствующих средних и дисперсий компонент A -структуры, и эта асимптотика равномерна по $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_d)$ в любой конечной области изменения параметра.

Этот результат позволяет решать и естественные статистические задачи оценивания параметров и проверки гипотез в рамках рассматриваемой модели [7].

Асимптотическое оценивание и проверка гипотез

При статистическом анализе модели (1) – (6) используется асимптотический подход (при $n \rightarrow \infty$), поскольку точное распределение достаточной статистики $C_A(n)$ в удобной для использования форме получить весьма проблематично, в то время как её асимптотическое распределение, указанное в теореме, достаточно просто устроено.

Вводятся нормированные статистики

$$\tilde{C}_{A_j}(n) = \frac{dC_{A_j}(n)}{\ln n}, j = 1, \dots, d,$$

и для них доказываются следующие утверждения.

Утверждение 1. Если $n \rightarrow \infty$, то статистика $\tilde{C}_{A_j}(n)$

(статистика $\tau_j(\tilde{C}_{A_j}(n))$) является асимптотически несмещённой и асимптотически эффективной оценкой для параметра θ_j (для дифференцируемой параметрической функции $\tau_j(\theta_j)$), и параметры $\theta_1, \dots, \theta_d$ оцениваются независимо друг от друга.

Утверждение 2. Асимптотический γ -доверительный интервал для параметра θ_j имеет вид

$$\left(\tilde{C}_{A_j}(n) \mp z_\gamma \sqrt{d\tilde{C}_{A_j}(n)/\ln n} \right).$$

Число z_γ определяется уравнением $\Phi(z_\gamma) = \frac{1+\gamma}{2}$, где

$\Phi(z)$ - стандартная нормальная функция распределения.

Аналогичное утверждение имеет место и для параметрических функций $\tau_j(\theta_j)$

Утверждение теоремы позволяет также построить новый статистический критерий проверки гипотезы о равновероятности подстановок и вычислить его предельную мощность при близких альтернативах. Строится следующий стандартный критерий согласия хи-квадрат для гипотезы равновероятности $H_1: \theta_1 = \dots = \theta_d = 1$: при заданной вероятности ошибки первого рода (уровня значимости) α

$$H_0 \text{ отвергается} \Leftrightarrow \{T_d(n) > \chi_{1-\alpha, d}^2\}, \quad (7)$$

где $\chi_{p, d}^2$ обозначает p -квантиль распределения $\chi^2(d)$. Соответствующая тестовая статистика имеет в этом случае вид:

$$T_d(n) = \frac{d}{\ln n} \sum_{j=1}^d \left(C_{A_j}(n) - \frac{\ln n}{d} \right)^2.$$

Рассчитывается асимптотическое значение мощности критерия (7) при «близких» альтернативах вида

$$H_{1n}: \theta_j = 1 + \frac{\lambda_j}{\sqrt{\ln n}}, j = 1, \dots, d, \quad (8)$$

где λ_j - произвольные фиксированные числа, одновременно не равные нулю.

Мощность критерия (7) для гипотезы равновероятности H_1 удовлетворяет при альтернативах H_{1n} вида (8) следующему предельному соотношению:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} W_n = 1 - F_d(\chi_{1-\alpha, d}^2; \lambda^2), \quad (9)$$

где $F_d(x; \lambda^2)$ – функция распределения нецентрального χ^2 -распределение с числом степеней свободы d и параметром нецентральности $\lambda^2 = \frac{1}{d} \sum_{j=1}^d \lambda_j^2$.

В литературе уже рассматривалась задача проверки гипотезы о равновероятности подстановок с учётом возможных альтернатив. Так, в работе [4] в рамках модели Эванса, т.е. когда $\theta_1 = \dots = \theta_d = \theta$, предложен соответствующий статистический критерий, основанный на общем числе циклов $C(n)$ наблюдаемой подстановки (тестовая статистика), и определена его предельная мощность при альтернативах вида $\theta = 1 + \frac{\lambda}{\sqrt{\ln n}}$.

Построенный нами критерий "работает" против более широкого класса альтернатив (8) и к тому же использует "более богатую" статистику, т.е. он является более предпочтительным.

Заключение

Основной результат, сформулированный в утверждении теоремы, обобщает свойство асимптотической нормальности числа циклов случайной подстановки на достаточно широкий класс неравновероятных моделей, давая одновременно информацию о более детальной структуризации циклов подстановки, что позволяет получить новые результаты в построении статистических критериев и оценивания параметров в данной модели, а также рассмотреть статистические задачи для случайных подстановок с неполными данными [8].

Список литературы:

1. В.Л. Гончаров. Из области комбинаторики. - Изв. АН СССР. Сер. матем., т.8, №1, 1944, с. 3-48,
2. Г.И. Ивченко, Ю.И. Медведев. Метод В.Л. Гончарова и его развитие в анализе различных моделей случайных подстановок. – Теория вероят. и ее примен., т. 47, вып. 3, 2002, с. 558-566,
3. Г.И. Ивченко, Ю.И. Медведев. О случайных подстановках. – Труды по дискретной математике, т.5, 2002, с. 73-92,
4. Г.И. Ивченко, Ю.И. Медведев. Статистика параметрической модели случайных подстановок., Труды по дискретной математике. т.8, 2004, с.116-127.
5. Г. И. Ивченко, М. В. Соболева. Некоторые неравновероятные модели случайных подстановок Дискрет. матем., т. 23, вып. 3, 2011, с. 23–31
6. М.В. Соболева. Асимптотическая нормальность чисел конгруэнтных циклов в случайных подстановках. - Дискрет. матем., 2012, т. 24, вып. 1, с. 123–131.
7. М.В. Солдаткина. Оценивание параметров в одной модели случайных подстановок. Труды КарНЦ РАН. т. 5. Сер. Математическое моделирование и информационные технологии. вып. 3, 2012. с. 106-109.
8. Г.И. Ивченко, М.В. Солдаткина Статистические задачи для случайных подстановок с цензурированными данными. Дискрет. матем. (в печати).

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ ОБРАТНО
РАСSEЯННОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ
ДВУХСЛОЙНОЙ БИОТКАНИ С ПЕРЕМЕННЫМ
КРОВЕНАПОЛНЕНИЕМ**

*Э.М. Милицинский, Д.Г. Лаптан
факультет Электроники и телекоммуникаций*

Аннотация. Данная научная работа связана с построением математической модели, описывающей прохождение оптического излучения через мутную среду, которая широко применяется в неинвазивной медицинской диагностике, построенной на методах фотометрии. Детектируемый световой сигнал должен описываться адекватной математической моделью, наиболее приближенной к реальной ситуации, учитывающей параметры исследуемой среды с достаточной точностью. Для этого была построена и исследована модель обратно рассеянного светового потока для двухслойной среды.

Введение. Целью данной работы является проведение моделирования обратно рассеянного поля оптического излучения для двухслойной биоткани с различным кровенаполнением. Для этого была создана модель путём преобразования модифицированной двух-поточковой модели Кубелки-Мунка для случая двухслойной среды, получена аналитическая формула для обратно рассеянного светового потока. Полученная модель была исследована и получена зависимость поля обратно рассеянного светового потока от кровенаполнения среды.

Модель для двухслойной среды. Основной моделью для оптического излучения, проходящего через мутную среду, является классическая двух-поточковая модель Кубелки-Мунка [1]. Так как эта модель учитывает влияние оптических параметров среды на проходящий через неё свет только феноменологически, она была модифицирована в [1] путём введения транспортных коэффициентов среды β_1 и β_2 . Данная модель хорошо описывает прохождение обратно рассеянного света через мутную среду, однако, пригодна лишь для представления одного слоя. Так как биоткань является многослойной средой, то такое представление сильно отдалено от реальности. Разобьём среду на два слоя, первый слой - роговой слой кожи, второй - вся остальная ткань. В роговом слое нет кровеносных сосудов, также этот слой имеет конечную ширину $H_1=x$. Второй слой наполнен кровью и так как в большинстве случаев этот слой является оптически непрозрачным, считаем его полубесконечным, то есть $H_2=\infty$. Очевидно, что оптические параметры слоёв различны. Падающий на образец световой поток $F_0=I$, обратно рассеянный поток F_{bs} измеряется в относительных единицах, V_b - объемное кровенаполнение ткани (в отн. ед.). Световые потоки, проходящие насквозь, обозначаются сплошными стрелками, обратно рассеянные - пунктирными (рис.1).

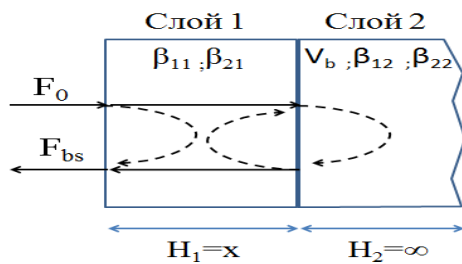


Рис.1.

Выражение (1) для F_{bs} было получено на основе соотношений Гуревича [2]:

$$F_{bs} = F_{bs1} + \left(F_{t1} + \frac{F_{t1}k}{1-k} \right) \frac{P_2 e^{-L_1 H_1} (1-P_1^2)}{1-P_1^2 e^{-L_1 H_1}} \quad (1)$$

Здесь F_{bs1} - обратно рассеянный поток первой среды; F_{t1} - поток, прошедший насквозь через первую среду; L_1, P_1, P_2 - оптические параметры слоёв; H_1 - толщина первого слоя; $k = P_1 P_2 \frac{1-P_1^2 e^{-L_1 H_1}}{1-P_1^2 e^{-L_1 H_1}}$.

Моделирование. После проведения моделирования поля обратно рассеянного оптического излучения на основе разработанной модели были получены зависимости F_{bs} от длины волны в диапазоне $\lambda=370\div940$ нм, и построено семейство кривых для разных значений объемного кровенаполнения (параметр C_b) (рис.2).

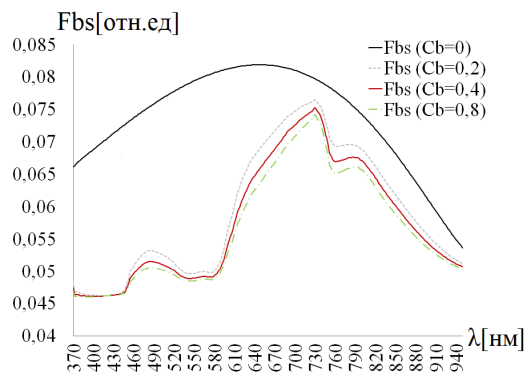


Рис.2.

Видно, что при увеличении C_b световой поток F_{bs} ослабляется. Это объясняется тем, что кровь является очень хорошим хромофором. Форма кривой на определённых участках спектра также интересна для дальнейшего анализа.

Заключение.

Таким образом, в данной работе была построена модель обратно рассеянного поля оптического излучения для двухслойной биоткани с различным кровенаполнением. Была получена аналитическая формула для обратно рассеянного светового потока из модифицированной двух-поточковой модели Кубелки-Мунка. Получена зависимость поля обратно рассеянного светового потока от различных уровней кровенаполнения среды. Данная зависимость вполне соответствует реальной ситуации, поскольку кровь является хорошим поглотителем оптического излучения и при увеличении ее содержания рассеянный от ткани световой поток уменьшается. При проведении окклюзионной пробы уровень кровенаполнения меняется в несколько раз, поэтому полученные результаты являются весьма полезными и могут быть использованы для моделирования уровня входного сигнала в приборах неинвазивной медицинской спектродетекции.

Список литературы

1. Lapaeva L. G. and Rogatkin D. A. Improved Kubelka-Munk approach for determination of tissues optical properties in biomedical noninvasive reflectance spectroscopy // *Proc. SPIE*, Vol. 6536, 2007, 65360Z.
2. Rogatkin Д.А. особенность процедуры для определения оптических свойств мутных биологических тканей и сред в расчетах для неинвазивной медицинской спектродетекции // *Биомедицинская техника*, V.41, № 2, 2007 год. - С.59-65

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V В УСЛОВИЯХ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

С.С. Борхсениус

факультет Прикладной математики и кибернетики

Рассмотрена интерпретация результатов моделирования механического испытания на растяжение образца из титанового сплава Ti-6Al-4V. Проведено моделирование механических свойств данного сплава в условиях сверхпластичности.

Титановые сплавы широко распространены во многих областях промышленности, включая авиакосмическую, автомобильную, электронную и биомедицинскую индустрию. Причиной такой популярности являются незаурядные свойства титановых сплавов с точки зрения механических характеристик, низкой плотности и увеличенного сопротивления коррозии. В то же время количество и сложность технологических операций, необходимых для получения титановых изделий делает их весьма дорогими. Высокая прочность титановых сплавов усложняет и увеличивает цену их обработки. Формовка в условиях сверхпластичности – это эффективный путь для производства сложных и тонкостенных компонентов, который в то же время позволяет уменьшить их стоимость.

Хорошо известно, что сверхпластичность материалов напрямую зависит от скорости деформации и проявляется только в узком отрезке скоростей деформации, который зависит от температуры и уникален для каждого конкретного материала. Таким образом, коммерческая выгода от применения сверхпластичной формовки может быть ограничена требованиями к условиям, таким как высокая температура и/или низкая скорость деформации.

Наиболее распространенный подход к описанию реологических параметров сверхпластичных материалов основан на уравнении Бакофена [1]:

$$\sigma = K \dot{\epsilon}^m$$

где σ – напряжение течения, $\dot{\epsilon}$ – скорость деформации, K – константа материала, m – показатель скоростной чувствительности.

Показатель скоростной чувствительности m – это наиболее важная характеристика сверхпластичного материала. Она определяет сопротивление материала к возможности образования шейки во время эксперимента на растяжение. Большое значение m приводит к лучшей сверхпластичности сплава. Так как m зависит от температуры и скорости деформации, то максимальному значению m соответствует некоторый диапазон значений температуры и скорости деформации, оптимальный для сверхпластичной формовки.

Применение уравнения Бакофена к конструктивному анализу сверхпластичных материалов осложняется нелинейным характером показателя скоростной чувствительности m , которая сильно изменяется в зависимости от значения скорости деформации. О. М. Смирнов предложил [2] реологическую модель упруго-вязко-пластической среды, которая описывает поведение материалов в условиях сверхпластичности для широкого диапазона скоростей деформации. Определяющее уравнение, описывающее данную модель, принимает следующую форму:

$$\sigma = \sigma_0 \frac{\sigma_s + k_V \dot{\epsilon}^{m_V}}{\sigma_s + k_V \dot{\epsilon}^{m_V}}$$

где σ_0 – пороговое напряжение, соответствующее малым скоростям деформации, σ_s – итоговое напряжение при больших скоростях деформации, k_V и m_V – параметры

нелинейной вязкости элемента в упруго-вязко-пластической среде.

Наиболее популярный титановый сплав Ti-6Al-4V используется в производстве более чем половины всей продукции из титановых сплавов. Изучение его механических свойств довольно популярно и проводилось во многих исследованиях. Д. Джулиано предложил метод [3] определения констант материала, основанный на свободно взбухающем тесте и примененный к Ti-6Al-4V при температуре 1200 К для получения определяющих уравнений в форме уравнения Бакофена. Д. Кай [4] предложил определяющие уравнения для этого сплава при проведении экспериментов на сжатие при температурном диапазоне 800-1050 °С.

На основе полученных экспериментальных данных были определены скорость деформации и температурные условия для сверхпластичности сплава Ti-6Al-4V. Эксперименты проводились в два этапа: серия скачковых тестов на растяжение (при температуре 700-925 градусов Цельсия) и серия тестов на растяжение с постоянной деформацией (при температуре 775-925 градусов Цельсия). По результатам последовательных тестов на растяжение составлены образующие уравнения для каждой температуры, описывающие отношения между напряжением и скоростью деформации.

На базе полученных данных также было определено оптимальное значение деформации, соответствующее максимальному значению показателя скоростной чувствительности. Кривые напряжения-деформации получены и проверены для широкого спектра температур и значений деформации.

Значения скорости деформации, обеспечивающие появление сверхпластичности при обработке титанового сплава Ti-6Al-4V были определены при диапазоне температур 700-925 °С. Были построены и проанализированы модель материала и карта обработки сплава, основанные на принципах динамики.

При относительно низких температурах 700-775 °С титановый Ti-6Al-4V сплав показывает все признаки сверхпластичности, если скорость деформации не превышает 10^{-5} c^{-1} .

При температуре в 950 °С показатели сверхпластичности исследуемого сплава начинают ухудшаться.

Хотя лист сплава Ti-6Al-4V, произведенный серийно, имеет достаточную прочность, дальнейшие технологии формовки не должны включать операции, которые могут приводить к удлинению образца более чем 300%.

Список литературы:

1. S.A. Aksenov, E.N. Chumachenko, I.V. Logashina Experimental investigation of Ti-Al-V alloy superplastic behavior METAL 2012. 21st International Conference on Metallurgy and Materials, Conference proceedings. Острава: TANGER, 2012. С
2. Aksenov S.A., Chumachenko E.N., Logashina I.V., Investigation of mechanical properties of titanium alloy in order to assess the possibility of its superplastic forming, XIII ISC "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering", Series: Monographs No 24, Czestochowa 2012, p. 281-285.
3. G. Giuliano: Materials & Design, Vol. 29 (2008), p. 1330-1333
4. J. Cai, F. Li, T. Liu, et al.: Materials & Design, Vol. 32 (2011), p. 1144-1151
5. J.H. Kim, S.L. Semiatin, C.S. Lee: Acta Materialia, 51 (2003), p. 5613-5626

**АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО
УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСОМ НЕПРЕРЫВНОГО
ПРОДУКТА В СТОХАСТИЧЕСКОЙ
ПОЛУМАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ С
ПЕРИОДИЧЕСКИМ ПРЕКРАЩЕНИЕМ
ПОТРЕБЛЕНИЯ**

А.В. Иванов

*Общественные кафедры,
кафедра «Высшая Математика»*

Аннотация

В работе рассматривается стохастическая модель управления запасом некоторого продукта, основанная на использовании управляемого полумарковского процесса.

Введение

Исследуется стохастическая модель управления запасом некоторого продукта. Потребление продукта происходит с постоянной скоростью $\alpha > 0$. Параметром управления является время от момента пополнения запаса до момента заказа на следующее пополнение. Для описания такой системы используются два случайных процесса: основной случайный процесс $x(t)$, значение которого представляет собой точный уровень запаса в момент времени t , и сопровождающий полумарковский случайный процесс с конечным множеством состояний $\zeta(t)$. Показателями качества управления являются стационарный стоимостной функционал средней удельной прибыли и средних удельных затрат. Целью исследования является нахождение оптимальной стратегии управления рассматриваемой системой.

Описание модели.

$x(t) \in (-\infty, \tau]$ - случайный процесс, описывающий объем запаса в системе в момент времени $t \geq 0$; где $\tau > 0$ - максимальная вместимость хранилища.

Проводится дискретизация модели; множество $(-\infty, \tau]$ разбивается на конечное число подмножеств:

$$[0, \tau_1^{(0)}), [\tau_1^{(0)}, \tau_2^{(0)}), \dots, [\tau_{N_0-1}^{(0)}, \tau_{N_0}^{(0)}), \text{ где } \tau_{N_0}^{(0)} = \tau$$

и

$$(-\infty, \tau_{N_1}^{(1)}], (\tau_{N_1}^{(1)}, \tau_{N_1-1}^{(1)}), \dots, (\tau_1^{(1)}, \tau_0^{(1)}], \text{ где } \tau_0^{(1)} = 0.$$

$\xi_i^{(0)}$ - случайная величина, представляющая интервал времени от момента очередного пополнения до момента очередного заказа на пополнение, с функцией распределения $G_i^{(0)}(x)$.

$\eta_i^{(0)}$ - случайная величина, представляющая интервал времени от момента очередного заказа на пополнение до момента очередного пополнения запаса, при условии, что в момент заказа \hat{t} значение случайного процесса $x(\hat{t}) \in [\tau_k^{(0)}, \tau_{k+1}^{(0)}], k = \overline{0, N_0 - 1}$.

Случайная величина $\eta_i^{(1)}$ определяется аналогично $\eta_i^{(0)}$, но при условии, что в момент заказа \hat{t} значение случайного процесса $x(\hat{t}) \in (\tau_{k+1}^{(1)}, \tau_k^{(1)}], k = \overline{0, N_1}$.

Определим величины, связанные с моментами времени, в которые происходит пополнение запаса в системе. Пусть \tilde{t} - момент очередного заказа на пополнение; \hat{t} - момент очередного пополнения. Тогда:

$$\beta_{kl}^{(0)} = P\left(x(\hat{t}) \in [\tau_l^{(0)}, \tau_{l+1}^{(0)}] \mid x(\tilde{t}) \in [\tau_k^{(0)}, \tau_{k+1}^{(0)}\right), l \geq k$$

$$\beta_{kl}^{(1)} = P\left(x(\hat{t}) \in [\tau_l^{(0)}, \tau_{l+1}^{(0)}] \mid x(\tilde{t}) \in (\tau_k^{(1)}, \tau_{k-1}^{(1)})\right)$$

$B_l(x)$ - распределение вероятностей на $[\tau_l^{(0)}, \tau_{l+1}^{(0)})$, которое описывает точный уровень запаса внутри данного подмножества. Величины $\beta_{kl}^{(0)}, \beta_{kl}^{(1)}, B_l(x)$ предполагаются заданными.

$\zeta(t), t \geq 0$ - полумарковский случайный процесс с дискретным множеством состояний $E = \{0, 1, \dots, N_0 - 1\}$.

Проблема оптимизации управления запасом в данной модели заключается в выборе управляющих вероятностных распределений $G_k^{(0)}(x) = P(\xi_k^{(0)} < x)$ доставляющих экстремум некоторому показателю качества управления $I(G_k^{(0)}(\cdot), k = \overline{0, N_0 - 1})$.

Более подробное описание модели можно найти в [1].

Общие представления для стоимостных аддитивных функционалов, связанных с полумарковским процессом.

Рассмотрим аддитивный стоимостной функционал, связанный с построенной полумарковской моделью. Обозначим через $V_r(t)$ математическое ожидание данного функционала в момент времени t . Из [2] известно, что при достаточно общих условиях имеет место следующий результат:

$$I_r = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{V_r(t)}{t} = \frac{\sum_{i=0}^{N_0-1} r_i \pi_i}{\sum_{i=0}^{N_0-1} T_i \pi_i} \quad (1)$$

где $\{\pi_i, i = \overline{0, N_0 - 1}\}$ - стационарное распределение цепи Маркова, вложенной в сопровождающий полумарковский процесс;

r_i - математическое ожидание приращения стоимостного функционала за время пребывания $\zeta(t)$ в состоянии $i, i = \overline{0, N_0 - 1}$;

T_i - математическое ожидание времени пребывания $\zeta(t)$ в состоянии i до следующего перехода, $i = \overline{0, N_0 - 1}$.

Для определения важнейших вероятностных и стоимостных характеристик модели, введем систему событий, связанных с состоянием системы в момент заказа на пополнение продукта. Зафиксируем состояние сопровождающего полумарковского процесса $\zeta(t)$ в момент очередного пополнения запаса: $\zeta_n = \zeta(t_n) = i$.

Обозначим через \tilde{t}_n момент следующего заказа на пополнение при условии, что реализуется событие $(\zeta_n = i)$. Рассмотрим полную группу несовместных событий:

$$A_k^{(0)} = \left(x(\tilde{t}_n) \in [\tau_k^{(0)}, \tau_{k+1}^{(0)}\right), k = \overline{0, i} \quad (2)$$

$$A_k^{(1)} = \left(x(\tilde{t}_n) \in (\tau_{k+1}^{(1)}, \tau_k^{(1)}\right), k = \overline{0, N_1} \quad (3)$$

При помощи (2) и (3) определим вспомогательные вероятностные и стоимостные характеристики модели:

$$p_{ik}^{(0)} = P\left(A_k^{(0)} \mid \zeta_n = i\right), k = \overline{0, i}.$$

$$p_{ik}^{(1)} = P\left(A_k^{(1)} \mid \zeta_n = i\right), k = \overline{0, N_1}.$$

$T_{ik}^{(0)}$ - математические ожидания совместного распределения времени пребывания сопровождающего полумарковского процесса в состоянии i и события $A_k^{(0)}, k = \overline{0, i}$;

$T_{ik}^{(1)}$ - определяется аналогично $T_{ik}^{(0)}$, но совместно с $A_k^{(1)}, k = \overline{0, N_1}$.

Величины $d_{ik}^{(0)}, d_{ik}^{(1)}$ определяются аналогично величинам $T_{ik}^{(0)}, T_{ik}^{(1)}$, но при этом представляют собой математические ожидания прибыли, полученной за время пребывания $\zeta(t)$ в состоянии i .

Основные вероятностные и стоимостные характеристики рассматриваемой модели могут быть представлены через введенные вспомогательные величины следующим образом:

$$p_{ij} = \sum_{k=0}^{i-1} p_{ik}^{(0)} \beta_{kj}^{(0)} + \sum_{k=0}^{N_1} p_{ik}^{(1)} \beta_{kj}^{(1)} + p_{ii}^{(0)} \beta_{ij}^{(0)} \quad (4)$$

$$T_i = T_{ii}^{(0)} + \sum_{k=0}^{i-1} T_{ik}^{(0)} + \sum_{k=0}^{N_1} T_{ik}^{(1)} \quad (5)$$

$$d_i = d_{ii}^{(0)} + \sum_{k=0}^{i-1} d_{ik}^{(0)} + \sum_{k=0}^{N_1} d_{ik}^{(1)} \quad (6)$$

Для выражений (4) – (6): $i, j = 0, N_0 - 1$.

Приведем явные аналитические представления для вспомогательных вероятностных характеристик.

Введем, для удобства, следующие обозначения:

$$\alpha_k^{(0)}(x) = \frac{x - \tau_k^{(0)}}{\alpha}, k = \overline{0, i-1}$$

$$\alpha_{k+1}^{(1)}(x) = \frac{x - \tau_{k+1}^{(1)}}{\alpha}, k = \overline{0, N_1 - 1}; \quad \alpha_0^{(1)}(x) = \frac{x}{\alpha}$$

Условная вероятность события, состоящего в том, что в запланированный момент заказа на пополнение запаса основной процесс $x(s)$ окажется в подмножестве состояний $[\tau_k^{(0)}, \tau_{k+1}^{(0)}]$ при условии, что в начальный момент данного периода эволюции (после предыдущего пополнения) процесс находился в подмножестве состояний $[\tau_i^{(0)}, \tau_{i+1}^{(0)}]$ выражается следующей формулой:

$$p_{ik}^{(0)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_{\alpha_{k+1}^{(0)}(x)}^{\alpha_k^{(0)}(x)} dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x), k = \overline{0, i-1} \quad (7)$$

По аналогии определим оставшиеся выражения для вспомогательных вероятностных характеристик, связанных с возможными состояниями процесса $x(s)$ в моменты времени, когда осуществляется заказ на пополнение запаса в системе. Имеем:

$$p_{ii}^{(0)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_0^{\alpha_i^{(0)}(x)} dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x) \quad (8)$$

$$p_{ik}^{(1)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_{\alpha_k^{(1)}(x)}^{\alpha_{k+1}^{(1)}(x)} dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x), k = \overline{0, N_1 - 1}. \quad (9)$$

$$p_{iN_1}^{(1)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \bar{G}_i^{(0)}(\alpha_{N_1}^{(1)}(x)) dB_i(x) \quad (10)$$

где обозначено $\bar{G}_i^{(0)}(y) = 1 - G_i^{(0)}(y)$.

Выпишем теперь явные аналитические представления для стоимостных характеристик модели.

$$T_{ik}^{(0)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_{\alpha_{k+1}^{(0)}(x)}^{\alpha_k^{(0)}(x)} [t + \mu_k^{(0)}] dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x) \quad (11)$$

$$T_{ii}^{(0)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_0^{\alpha_i^{(0)}(x)} [t + \mu_i^{(0)}] dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x) \quad (12)$$

$$T_{ik}^{(1)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_{\alpha_k^{(1)}(x)}^{\alpha_{k+1}^{(1)}(x)} [t + \mu_k^{(1)}] dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x) \quad (13)$$

$$T_{iN_1}^{(1)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_{\alpha_{N_1}^{(1)}(x)}^{\infty} [t + \mu_{N_1}^{(1)}] dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x) \quad (14)$$

Отметим, что для формулы (11) $k = \overline{0, i-1}$, а для формулы (13) $k = \overline{0, N_1 - 1}$.

В формулах (11) – (14) через $\mu_k^{(0)}$ и $\mu_k^{(1)}$ обозначены условные математические ожидания длительности периодов задержки поставки, определяемые при условии, что в момент заказа основной процесс находится в подмножестве состояний $[\tau_k^{(0)}, \tau_{k+1}^{(0)}], k = \overline{0, i}$ и $(\tau_{k+1}^{(1)}, \tau_k^{(1)}], k = \overline{0, N_1}$ соответственно.

Определим аддитивный стоимостной функционал прибыли, связанный с рассматриваемыми случайными процессами $x(t)$ и $\zeta(t)$. Обозначим:

$c_1(x)$ – затраты на хранение продукта объема $x > 0$ в единицу времени;

$c_2(x)$ – затраты, связанные с дефицитом величины $x, x < 0$ в единицу времени (штрафы).

$g_1(x)$ – цена единицы продукта при условии, что объем имеющегося в системе продукта равен $x, x > 0$.

$g_2(x)$ – цена единицы продукта при условии, что объем имеющегося в системе продукта равен $x, x < 0$.

Математическое ожидание прибыли за время пребывания $\zeta(t)$ в некотором состоянии $i, i = \overline{0, N_0 - 1}$, определяемое совместно с одним из событий из (2), выражается формулой:

$$d_{ik}^{(0)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_{\alpha_{k+1}^{(0)}(x)}^{\alpha_k^{(0)}(x)} [D_0(x, t)] dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x) \quad (15)$$

Используя аналогичные рассуждения можно выписать оставшиеся математические ожидания прибыли за время пребывания сопровождающего процесса в некотором состоянии $i, i = \overline{0, N_0 - 1}$, определяемые вместе с событиями (2) и (3). Получим:

$$d_{ii}^{(0)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_0^{\alpha_i^{(0)}(x)} [D_0(x, t)] dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x) \quad (16)$$

$$d_{ik}^{(1)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_{\alpha_k^{(1)}(x)}^{\alpha_{k+1}^{(1)}(x)} [D_1(x, t)] dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x) \quad (17)$$

$$d_{iN_1}^{(1)} = \int_{\tau_i^{(0)}}^{\tau_{i+1}^{(0)}} \left[\int_{\alpha_{N_1}^{(1)}(x)}^{\infty} [D_1(x, t)] dG_i^{(0)}(t) \right] dB_i(x) \quad (18)$$

Функции $D_0(x, t)$ и $D_1(x, t)$ в выражениях (15) – (18) описывают величину прибыли, полученную за период времени от момента очередного пополнения запаса до момента следующего пополнения запаса, в зависимости от состояния системы в момент заказа на пополнение.

Основные результаты.

1) Определены явные аналитические представления для вероятностных и стоимостных характеристик системы: формулы (4) – (6).

2) При помощи сложных технических преобразований были получены общие представления для вероятностных и стоимостных характеристик системы в виде функционалов от управляющих вероятностных распределений $G_i^{(0)}(x), i = \overline{0, N_0 - 1}$.

3) На основе общих теоретических результатов о структуре функционалов качества управления разработана методика определения оптимальных детерминированных значений параметров управления, то есть оптимальных величин периодов времени от момента пополнения до момента заказа новой порции продукта в зависимости от состояния системы.

Список литературы:

1. Шнурков П.В., Иванов А.В. – «Анализ проблемы оптимального управления запасом непрерывного продукта в стохастической полумарковской модели с периодическим прекращением потребления». Международная конференция «Теория вероятностей и ее приложения», посвященная 100-летию со дня рождения Б.В. Гнеденко. Москва, 26-30 июня 2012 года. Тезисы докладов (стр. 267 – 268).

2. Джевелл В. Управляемые полумарковские процессы. // Кибернетический сборник, новая серия, вып. 4. – М. Мир, 1967, с. 97 – 134.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ОРБИТ ЛИССАЖУ ВОКРУГ ТОЧКИ ЛИБРАЦИИ L2 СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯ-ЛУНА

Ю.В. Федоренко, С.А. Аксенов
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники, Лаборатория космических
исследований, технологий, систем и процессов

Аннотация

В работе рассматриваются особенности и характеристики семейства орбит Лиссажу вокруг точки либрации L2 системы Земля-Луна. Проводятся оценки характеристик таких орбит, позволяющие производить их оптимизацию, направленную на улучшение условий связи космического аппарата с Землей.

Введение

Возможное использование точек либрации для обеспечения связи при исследовании обратной стороны Луны было впервые предложено Артуром С. Кларком еще в 1950 году [1]. Эта идея была развита Робертом Фаркуаром, который предложил два типа траекторий вокруг точки либрации L2: орбиты Лиссажу и гало-орбиты [2]. Для миссий, направленных на изучение обратной стороны луны, траектории Лиссажу могут быть наиболее удобны, так как обладают меньшей амплитудой.

Недостатком использования траектории Лиссажу по сравнению с гало-орбитами является возможность сокрытия космического аппарата за Луной при наблюдении с Земли. С этой точки зрения нужно оценивать следующие характеристики траектории:

1. Максимальный период времени, в течение которого аппарат непрерывно скрыт за Луной $-t_h$;
2. Максимальный период времени, в течение которого аппарат виден с Земли $-t_v$;
3. Процентное отношение времени, в течение которого аппарат не виден с Земли, к общему времени полета $-k$.

По различным причинам, в частности, исходя из необходимости получать сигнал из различных точек с обратной стороны луны так долго, как это возможно, целесообразно использовать траекторию Лиссажу с относительно небольшой амплитудой, а не гало-орбиту, у которой минимум A_y составляет 46793 км. Целью исследования является подбор параметров траектории Лиссажу, при которых t_h и k минимальны, а t_v – максимально.

Математическая модель

Для исследования максимального периода времени, в течение которого аппарат скрыт за Луной, будем использовать следующую упрощенную модель. Движение будем рассматривать в плоскости $y-z$ центром в точке L2 системы Земля-Луна. В этой плоскости зона затмения Земли является окружностью с радиусом [2]:

$$R_{\text{затм}} = ML2(R_{\oplus} + R_{\odot}) + R_{\odot} = 3099 \text{ км}, \quad (1)$$

где $ML2 = 64573,62$ км – среднее значение расстояния от Луны до L2, $R_{\odot} = 1738$ км – радиус Луны, $R_{\oplus} = 6371$ км – радиус Земли.

Будем использовать линейные уравнения движения вокруг точки L2 системы Земля-Луна:

$$\begin{cases} \ddot{x} - \ddot{y} - (2B_{L1} + 1)x = 0, \\ \ddot{y} + 2\ddot{x} + (B_{L2} - 1)y = 0, \\ \ddot{z} + B_{L2}z = 0, \end{cases} \quad (2)$$

где: x, y, z – оси декартовой системы координат (ось x сонаправлена линии L2-Луна, ось z направлена вертикально вверх), $B_{L2} \approx 3,940522$ [3].

Решение данной системы можно представить в виде:

$$\begin{cases} x_n = kA_y \sin(\omega_y t + \varphi_y), \\ y_n = A_y \cos(\omega_y t + \varphi_y), \\ z_n = A_z \sin(\omega_z t + \varphi_z), \end{cases} \quad (3)$$

где $A_y, A_z, \varphi_y, \varphi_z$ – значения амплитуд и фаз соответственно по осям y и z , t – время, $\omega = \frac{2\pi}{T}$, $T_y = 14,65$ дн., $T_z = 15,23$ дн.

В нашем случае, так как рассматривается только движение в плоскости $y-z$, направление по x можно исключить из рассмотрения.

Данная траектория будет повторяться через период времени, эквивалентный 101 периоду по оси z и 105 периодам по оси y , что составляет порядка 1538 дней. Расчеты осуществлялись для периода 365 дней, соответствующему одному году пребывания спутника на орбите.

Результаты и анализ

В работе исследовалось влияние значений фаз φ_y и φ_z на поведение характеристик t_h, t_v и k , при различных значениях амплитуд A_y, A_z . Наиболее интересные траектории с точки зрения обеспечения связи аппарата с Землей должны обладать наименьшими значениями t_h и k и наибольшими значениями t_v . При этом, максимальный период времени, в течении которого аппарат может быть виден с земли (t_v) представляет наибольший интерес.

При правильном выборе фаз φ_y и φ_z и времени выхода на орбиту может быть достигнута траектория, при которой аппарат виден с Земли непрерывно в течении нескольких месяцев. Пример такой траектории, рассчитанной для $A_y = A_z = 5000$ км, приведен на рис. 1, общее время непрерывной видимости аппарата с Земли составляет 92,27 дня.

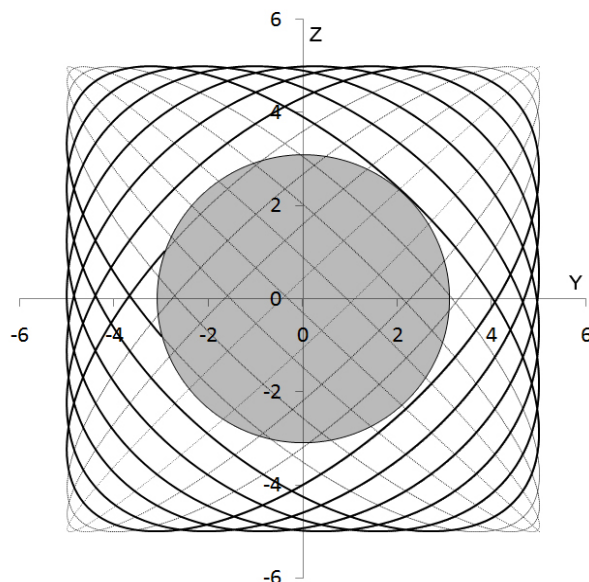


Рис. 1. Пример траектории Лиссажу. Зона затмения Луной закрашена серым цветом. Утолщенной линией выделен участок траектории, не пересекающий зону затмения.

Рассчитанные значения характеристик t_h, t_v и k для различных значений амплитуд приведены в таблице 1. Приведенные результаты показывают, что увеличение амплитуды приводит к увеличению периодов непрерывной видимости аппарата с Земли. Значения φ в таблице не при-

ведены, поскольку каждому критерию соответствует множество отвечающих ему комбинаций φ_y и φ_z .

На **рис. 2** представлена зависимость максимального периода непрерывной видимости аппарата t_v от начальных фаз φ_y и φ_z при для $A_y = A_z = 5000$ км. Можно видеть две области: в первой t_v принимает значения, близкие к 85,24, во второй - к 92,27 дней. Структура этих областей дает представление о характере исследуемых функций $t_v(\varphi_y, \varphi_z)$, $t_h(\varphi_y, \varphi_z)$, $k(\varphi_y, \varphi_z)$, все они π -периодичны и имеют линии уровня, направленные из левого нижнего в правый верхний уровень координатной плоскости.

Таблица 1.
Значения характеристик t_h , t_v и k
для различных значений амплитуд

A_y , 10^3 км	A_z , 10^3 км	min t_h , дн.	max t_v , дн.	min k , %
15	15	0.6823	167.51	0.0079
15	10	0.8168	159.71	0.0137
10	10	1.0410	152.36	0.0228
10	5	1.3466	114.10	0.0573
5	5	2.1536	92.27	0.1253

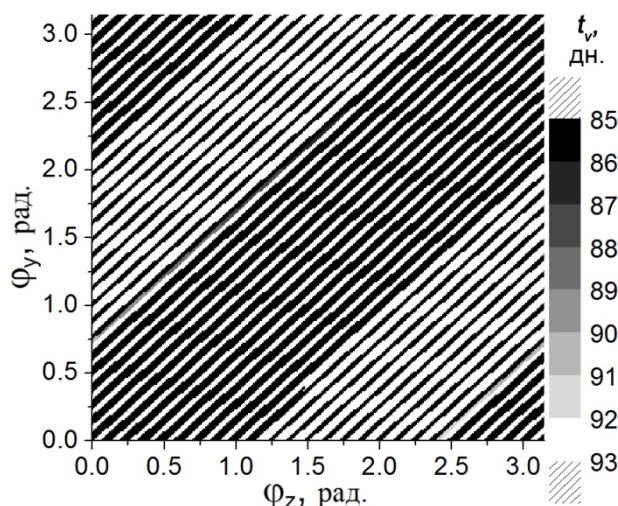


Рис. 2. Зависимость максимального периода непрерывной видимости с Земли от начальной фазы траектории φ_z и φ_y при амплитуде $A_y = A_z = 5000$ км

На **рис. 3(а)** представлены графики зависимости t_h (пунктирная линия) и t_v (непрерывная линия) от φ_z при $\varphi_y = 0$ и амплитудах $A_y = A_z = 5000$ км. При увеличении φ_z , оба графика синхронно смещаются вправо, таким образом, что минимуму t_h всегда соответствует максимум t_v . Необходимо, обратить внимание на то, что с изменением φ_z , значения t_h варьируются в диапазоне шириной 0,0035 дня, что составляет порядка 1,5%, в то время, как значения t_v могут изменяться более существенно от 85 до 92 дней, что составляет около 8%.

Для случая $A_y = A_z = 5000$ км, минимумы t_h , как хорошо видно из графиков на **рис. 3(а)**, соответствуют максимумам t_v , таким образом, оптимизируя траекторию по t_h , мы автоматически оптимизируем её по t_v . Оптимальные значения φ_z при $\varphi_y = 0$ в этом случае равны: 1,54, 1,66, 1,79 и 1,91.

Такая картина вообще говоря не характерна для других значений амплитуд. На **рис. 3(б)** представлены результаты для амплитуд $A_y = 10000$ км, $A_z = 5000$ км, где ситуация обратная: минимумы t_h соответствуют максимумам t_v .

Таким образом, не всегда удается проводить оптимизацию по нескольким критериям одновременно, однако, как уже было отмечено, увеличение t_v более приоритетно и более чувствительно к неправильному выбору φ_z . Таким образом, для орбит с амплитудами $A_y = 10000$ км, $A_z = 5000$ км, при $\varphi_y = 0$, следует выбирать φ_z равным 1,52, 1,56, 1,64, 1,69 и т.д.

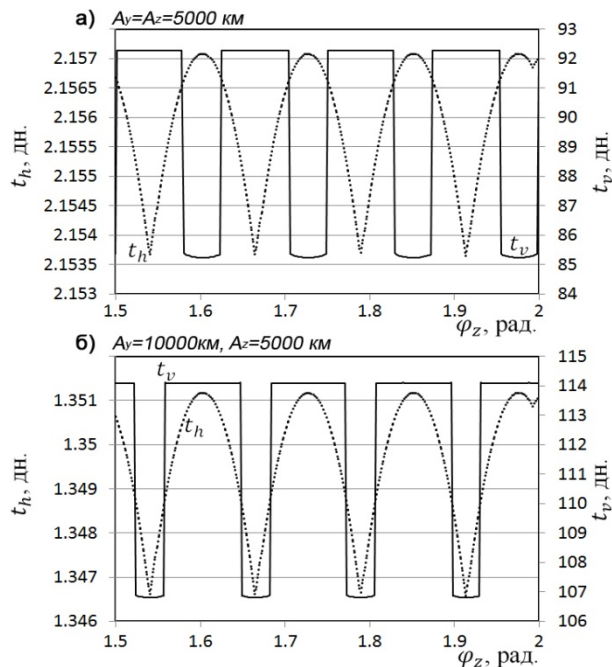


Рис. 3. Зависимость максимального периода непрерывной видимости с Земли и максимального времени затмения спутника Луной от начальной фазы траектории φ_z , при $\varphi_y = 0$ и различных значениях амплитуд

Заключение

Рассмотрены особенности и характеристики семейства орбит Лиссажу вокруг точки либрации L2 системы Земля-Луна.

Показано, что при правильном выборе фазы и времени выхода на орбиту возможны миссии, обеспечивающие непрерывную видимость аппарата от 92,27 (для $A_y = A_z = 5000$ км), до 167,51 (для $A_y = A_z = 10000$ км) дней.

Показано, что комбинация фаз φ_y и φ_z может значительно (порядка 10%) сказываться на максимальном времени непрерывной видимости аппарата с Земли незначительно (порядка 1..2%) – на максимальном времени затмения спутника Луной.

Найдены множества комбинаций фаз φ_y и φ_z , обеспечивающие максимальное время непрерывной видимости аппарата с Земли.

Список литературы:

1. Clarke, A. C., "Interplanetary Flight" London: Temple Press Books Ltd., 1950.
2. Robert W. Farquhar, "The Control and Use of Libration-Point Satellites" Goddard Space Flight Center Greenbelt, Maryland 20771, 1970.
3. Hechler M., Cobos J., "Herschel, Planck and Gaia Orbit Design," Libration Point Orbits and Applications, Gomez G, Lo M.W. and Masdemont J.J., Eds. Singapore: World Scientific Publishing, 2003.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КРИБОТА

Л.О.Полякова, О.С. Ерохина
факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

Сделан обзор методик проникновения сквозь толщу льда. Рассматривается возможность практического применения криоботов для исследований на Европе. Проведено моделирование прохождения крибота сквозь лед в вакууме по полученным ранее экспериментальным данным.

Введение

Большой интерес в космических исследованиях всегда представлял поиск внеземной органической жизни. В настоящее время в качестве одного из основных мест ее возможного существования рассматривается спутник Европа.

Европа – шестой спутник Юпитера, один из самых крупных спутников в Солнечной системе. Оболочка спутника полностью состоит из льда, покрытого сетью многочисленных полос и трещин. При этом на Европе полностью отсутствуют кратеры, а поверхность является достаточно гладкой (наибольшие перепады высот не превышают 100 м). На спутнике была обнаружена крайне разреженная атмосфера, состоящая в основном из кислорода.

Исследования магнитного поля Европы, проведенные в 1995 г. космическим аппаратом Галилео, выявили существенное влияние гравитационного воздействия Юпитера на спутник и позволили выдвинуть гипотезу о существовании жидкого океана под поверхностью льда. Большой интерес представляет вопрос наличия в океане микробиологической жизни.

Толщина ледяного покрова на Европе оценивается приблизительно в 10-30 км, и проникновение сквозь эту толщу льда с целью взятия проб является одной из задач, стоящих перед современной наукой [1, 6].

Методики прохождения сквозь толщу льда

Исследование космических объектов, покрытых льдом, представляет собой сложную задачу. К оборудованию предъявляются серьезные требования по минимизации габаритов, веса и энергозатрат из-за трудностей его транспортировки на изучаемый объект.

В ходе исследований были разработаны три методики прохождения сквозь толщу льда: криобот, термобур и зонд, использующий горячие струи воды. У каждого из них есть свои достоинства и недостатки.

Термобур – прибор, одновременно плавающий и бурящий лед. Его использование с одной стороны гарантирует достаточно эффективное прохождение, с другой стороны можно выделить такие недостатки, как достаточно высокий расход энергии и сложная непрочная конструкция.

Термозонд, движение которого осуществляется за счет горячих водяных струй, создающих скважину, был протестирован на наземных ледниках и показал хорошую скорость проникновения. Однако в ходе исследований было установлено, что такой метод бурения осуществим лишь при наличии жидкой фазы в скважине, что делает невозможным его применение в космосе.

Оптимальной и наиболее перспективной идеей является использование крибота – прибора, использующего только плавление. Его движение должно осуществляться за счет силы тяжести и растапливания льда в окрестности прибора. Для этого на поверхности крибота поддерживается необходимая температура. Преимуществами использования этой методики являются сравнительно небольшие энергозатраты, малый размер и вес прибора. Из недостат-

ков можно назвать довольно низкую скорость проникновения [2].

Математическая постановка задачи

Математическая модель основывается на классических уравнениях параболической физики: уравнении теплопроводности, начальных и граничных условиях.

Запишем общее уравнение теплопроводности:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \sum_i \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x_i^2} \right] + Q, \quad (1)$$

где $T = (x_i, t)$ – температура тела в точке (x_i) в момент времени t ; $c = c(T)$ – удельная теплоемкость; $\rho = \rho(T)$ – плотность; $\lambda = \lambda(T)$ – теплопроводность; $Q = Q(x_i, T)$ – интенсивность источников тепла внутри тела.

На границе могут быть заданы следующие условия теплообмена:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial \vec{n}} \Big|_{L_1} = q, \quad (2)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial \vec{n}} \Big|_{L_2} = \Psi(T - T_{cp}), \quad (3)$$

$$T|_{L_3} = T_b, \quad (4)$$

На части границы L_1 задан тепловой поток интенсивности q , на L_2 – конвективный теплообмен с коэффициентом теплообмена Ψ и температурой окружающей среды T_{cp} , на L_3 – постоянная температура T_b .

Разбиение границы измененется на каждом шаге и определяется текущим положением крибота и состоянием окружающей его среды.

В начальный момент времени в области в области задано начальное распределение температуры $T(x_i, 0) = T_0(x_i)$ [3].

Проведенные ранее исследования

В 2004 г. австрийской ученой М.Треффер был проведен ряд несложных экспериментов. Она изучала проникновение нагреваемой латунной сферы сквозь толщу льда или снега. Для обоих материалов тесты проводились в вакууме и при атмосферном давлении. Наибольший интерес для дальнейшего исследования крибота представляет случай со льдом в вакууме.

В начале опыта мощность нагрева зонда установили на 10 Вт и увеличивали на 10 Вт каждые 15 минут эксперимента, пока она не достигла 60 Вт. После чего начался процесс плавления. Из-за повторного замерзания скважины зонд застрял на глубине 14 см. Когда температура зонда достигла 200 °С, эксперимент был остановлен. [2, 4]

По результатам было проведено сравнение скорости проникновения, полученной на практике, со скоростями, полученными в ходе расчета нескольких теоретических моделей.

Табл. 1.

Значения скоростей, полученных в ходе эксперимента и из теоретических расчетов простой и усложненной моделей.

Эксперимент: v [см/ч]	Простая модель: v [см/ч]	Сложная модель: v [см/ч]
3.4	6.7	4.3

Как показал проведенный эксперимент, измеренная скорость получилась порядка 46%±4% предполагаемой скорости в простой модели и приблизительно 70%±9% в случае усложненной модели.

Имитационное моделирование в MSC Patran/ Nastran.

Возьмем цилиндр изо льда радиусом 10 см и высотой 45 см. Начальная температура льда $T_0 = -55^\circ\text{C}$. Смоделируем прохождение шарика диаметром 4 см и температурой поверхности 20°C сквозь данный ледяной цилиндр.

На основе данных, полученных в ходе исследований космических аппаратов Вояджер и Галилео, примем температуру перехода ледяных структур в жидкое состояние равной -6°C .

Таблица 2.

Свойства льда для системы миллиметр-грамм-секунда.

	Лед: $T = -55^\circ\text{C}$	Вода: $T = -6^\circ\text{C}$
Плотность	9.24e-10	9.80e-10
Удельная теплоемкость	1741e6	4194e6
Теплопроводность	2.39	0.55

Моделирование будем производить в программах Patran и Nastran.



Рис. 1. Распределение температур в ледяном цилиндре при полном погружении нагретого шара в лед (4 шаг моделирования)

В результате имитационного моделирования были получены следующие скорости проникновения криобота сквозь лед:

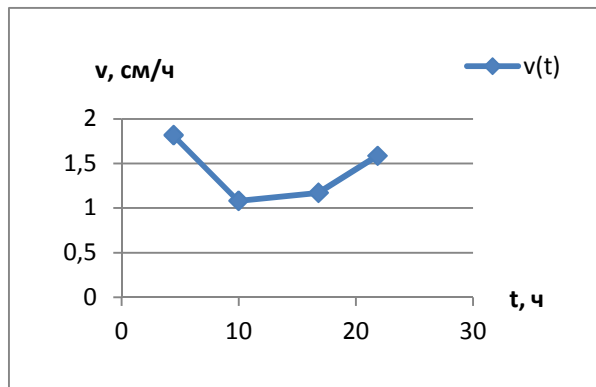


Рис.2. График зависимости скорости движения шара от времени

Средняя скорость движения $v_{\text{ср}} = 1.4$ см/ч.

Если принять скорость, полученную в ходе эксперимента М.Треффер за 100%, то отклонения от нее теоретических скоростей для простой и усложненной модели будут 97% и 27% соответственно. В случае проведенного нами моделирования отклонение средней скорости равняется 59% и соответственно лежит в удовлетворяющем нас промежутке.

Преимущество методики заключается в том, что она характеризует общий вид процесса протаивания, а именно позволяет нам оценить максимальную скорость в начале процесса и ее дальнейшее смешение.

Заключение

Проведенное моделирование позволяет нам более подробно описать процесс протаивания. Существенным плюсом является то, что мы можем пронаблюдать несколько шагов процесса во времени и оценить колебания скоростей.

Была наглядно проиллюстрирована теория о возрастании скорости движения криобота при закрытии канала протаивания. Увеличение скорости на 4 шаге связано с полным погружением прибора в лед.

В данном случае моделирование было проведено при некоторых серьезных допущениях. В частности, мы полагаем, что фазовый переход из твердого состояния в жидкое происходит сразу при достижении температуры плавления, таким образом, не был учтен фактор скрытой теплоты плавления.

Даже с учетом данного упрощения, полученные результаты были не хуже, чем при теоретическом моделировании, учитывающем скрытую температуру плавления. Дальнейшая разработка и усложнение модели позволит добиться еще более точных результатов моделирования.

Дальнейшие исследования криобота представляют большой интерес в силу перспективности его использования в исследованиях на Европе.

Список литературы:

1. Ulamec S., Biele J., Funke O., Engelhardt M. Access to glacial and subglacial environments in the solar system by melting probe technology // Rev. Environ. Sci. Biotechnology. 2006
2. Чумаченко Е.Н., Данхэм Д., Назиров Р.Р., Кулагин В.П., Логашина И.В., Ерохина О.С. Компьютерное моделирование проникновения криобота под ледяной покров Европы. 2011.
3. Чумаченко Е.Н., Печенкин Д.В. Моделирование и расчет термоупругопластических деформаций при анализе локально изотропных конструкций. М.: МИЭМ, 2000.
4. Kaufmann E., Kargl G., Koemle N.I. Melting Probe for Mars and Europa. Final Report. 2009
5. Treffer M., Koemle N., Kargl G. Preliminary studies concerning subsurface probes for the exploration of icy planetary bodies // Planetary and Space Science. 2006
6. Чумаченко Е.Н., Назиров Р.Р., Логашина И.В., Аксенов С.А. К образованию особенностей рельефа на поверхности Европы. Космические исследования, том 49, № 4, с. 392-397 // Институт космических исследований РАН, г. Москва, 2011.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ТИПА ЛИНЗ НА ПОВЕРХНОСТИ ЕВРОПЫ

И.Ю. Захарьев, О.С. Ерохина
факультет Прикладной математики и кибернетики

Работа посвящена моделированию процессов образования рельефа на поверхности Европы - одного из спутников Юпитера. Интерес к этой задаче связан, в том числе, и с тем, что в результате могут быть расширены представления о возможных геологических и тектонических процессах в земной коре.

Начиная с 70-х годов прошлого века исследования Европы проводятся на основании данных с пролетавших вблизи нее космических аппаратов. В частности, в ходе миссии аппарата "Галилео" в 1997-1999 годах полтора года отводились почти исключительно на изучение Европы, что подчеркивает огромный интерес к этой остающейся загадочной до сих пор планете.

Снимки, сделанные космическими аппаратами, свидетельствуют о наличии на поверхности Европы густой сети пересекающихся линий. Спектральные измерения позволили говорить о том, что поверхность планеты состоит из водяного льда и снега. Также были опубликованы сведения о наличии признаков газовых извержений вследствие вулканической деятельности.

Исследования, проведенные на основании данных космических аппаратов, привели к созданию следующей модели строения Европы: в центре находится металлическое ядро, далее идет слой горных пород, за которым следует слой жидкой «водяной субстанции» толщиной порядка 100 км. Периферия этого слоя (т.е. поверхность Европы) представляет из себя ледяную корку с толщиной порядка 10-30 километров.

Для жидкого слоя рассматриваются две модели: в одной считается, что вода находится в состоянии так называемого «теплого льда» (warm ice), в другой – что вода находится в жидком состоянии, образуя своеобразный подледный океан. Также, по всей видимости, в подводной коре Европы имеются места повышенного тепловыделения (подводные вулканы), а сеть поверхностных линий — это трещины в толстой ледяной коре, вызываемые тектоническими процессами.

В целом можно предположить, что участки поверхности находятся в напряженно-деформированном состоянии в сочетании с постоянно распределенным полем температур, что и приводит к образованию хаотически расположенных дефектов – трещин и разломов.

Разработаны модели, позволяющие описывать образование указанных дефектов. Расчеты показали, что наиболее опасными с точки зрения образования трещин является напряжение сдвига при углах приложения нагрузки $\pm 90^\circ$. При деформации в толще льда возникают внешние и внутренние расколы. Внутренний раскол при сжатии образует небольшую двойную борозду, при растяжении – сильно размытую двойную борозду.

Внешний раскол при растягивающих напряжениях образует нарост. При сжимающих нарост либо не образуется вовсе, либо он минимален и имеет сильно размытую форму.

Считающаяся, в целом гладкой поверхность Европы имеет и многие другие дефекты. На снимках обнаружены темные пятна и выпуклые образования, на одном из участков поверхности видны множественные витки непонятного происхождения, имеющие форму циклоиды. Еще одним дефектом поверхности Европы являются так называемые

«линзы» - вогнутые участки округлой формы, в отношении происхождения которых существуют разные мнения [1,2].

В данной работе предполагается, что «линзы» формируются за счет деятельности подледных вулканов, подтапливающих ледяную корку изнутри.

В качестве участка поверхности рассматривалась пластина льда, на одной («внутренней») стороне которой сформировалась протаявшая куполообразная область с постоянной температурой на поверхности, превышающей температуру плавления льда. На противоположной, «внешней», стороне пластины поверхностная температура льда постоянна.

Моделировалась форма пластины после того, как процесс распространения тепла по ней стабилизируется.

Моделирование производилось с использованием программ MSC Patran/ Nastran. Исходные значения параметров: ширина пластины – 25 м, длина – 25 м, толщина – 5 м. Начальная температура на «внешней» поверхности пластины – минус 100°C , температура на поверхности «проталыны» 10°C . Значения радиусов выбирались случайным образом: 0.447 м, 1.04 м, 1.74 м, 2.5 м.

Результаты моделирования представлены на рис.1 и рис.2.



Рис. 1. Распределение интенсивности напряжений по фон Мизесу.

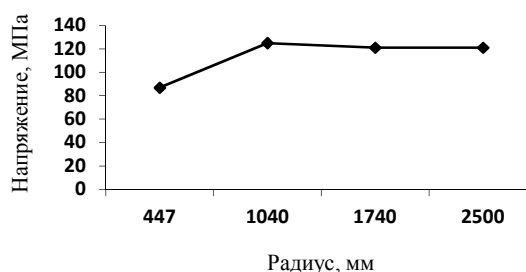


Рис. 2. Зависимость интенсивности напряжений от радиуса.

По результатам моделирования можно сделать вывод, что линзы на поверхности Европы могут быть следствием вулканической активности под ледяной корой спутника. Также можно сказать, что с уменьшением радиуса уменьшаются и напряжения.

Величина деформации не зависит, от радиуса купола.

Список литературы:

1. Е.Н.Чумаченко, Р.Р.Назирова, И.В.Логашина, С.А.Аксенов. К образованию особенностей рельефа на поверхности Европы. Космические исследования, 2011, том 49, № 4, с. 392-397.
2. Stephen Ulamec, Jens Biele, Oliver Funke, Marc Engelhardt. Access to glacial and subglacial environments in the Solar system by melting probe technology. Rev Environ Sci Biotechnol. DOI 10-1007/s11157-006-9108x.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА
РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ В
ДВУХМЕРНОЙ ОБЛАСТИ**

Р.К. Гайдуков

факультет Прикладной математики и кибернетики

В данной работе рассмотрены различные подходы к распараллеливанию алгоритма решения краевой задачи в двумерной области. Так же показана их практическая эффективность относительно последовательной программы. Так же исследована эффективность выполнения параллельного алгоритма на многопроцессорной системе (технология MPI) и на гибридной системе, использующей для вычислений графические ускорители (технология CUDA).

В настоящее время все большие задачи математической физики решаются, как правило, с помощью численных методов. В результате такого подхода решение исходной задачи сводится к решению сеточных уравнений, которые представляют собой системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Но для реальных задач решения таких систем весьма трудоемкий процесс. Дело в том, что реальные физические задачи решаются или в больших областях, или в малых, и требуют, как правило, соизмеримого шага сетки, что влечет за собой огромное количество узлов сетки, и вместе с этим огромное количество вычислений. Но производительность обычных последовательных ЭВМ сильно ограничена, что приводит к очень большому времени решения поставленной задачи. Для решения этой проблемы есть два пути. Во-первых – это построение оптимального алгоритма, оптимизация самой программы. Но настоящее время нам доступны ЭВМ с возможностью параллельных вычислений на них. Так вот второй путь заключается в построении параллельной реализации алгоритма для решения задачи. Существуют различные подходы к распараллеливанию алгоритмов. Например, это распределение исходных данных задачи по процессорам, и выполнения над ними однотипного набора команд каждым процессором, или же исполнением каждым процессором своего набора команд. Применение вычислительных кластеров для решения больших научно-технических задач порой просто необходимо.

Постановка задачи. Мы будем исследовать эффективность различных подходов к реализации численного решения краевой задачи для эллиптического уравнения в двумерной области. Эта задача стандартно решается с помощью построения разностной схемы. Мы будем использовать разностную схему, основанную на методе расщепления, которая выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \tilde{A}_i u_{i-1,j}^{k+0.5} + \tilde{C}_i u_{i,j}^{k+0.5} + \tilde{B}_i u_{i+1,j}^{k+0.5} = \tilde{F}_{i,j}, \\ \bar{A}_j u_{i,j-1}^{k+1} + \bar{C}_j u_{i,j}^{k+1} + \bar{B}_j u_{i,j+1}^{k+1} = \bar{F}_{i,j}, \\ u_{Nj}^k = \text{const}, \quad u_{0j}^k = 0, \\ u_{i1}^k - u_{i0}^k = 0, \quad u_{i,M-1}^k - u_{iM}^k = 0, \\ u_{ij}^0 = 0, \end{cases}$$

где $\tilde{A}_i, \tilde{C}_i, \tilde{B}_i, \tilde{F}_{i,j}, \bar{A}_j, \bar{C}_j, \bar{B}_j, \bar{F}_{i,j}$ - некоторые числа, u_{ij}^k - искомая функция. Область, в которой ищется решение, задается следующей разностной сеткой

$$0 \leq i \leq N, \quad 0 \leq j \leq M, \quad 0 \leq k \leq K.$$

Ядро последовательного алгоритма для решения этой разностной задачи выглядит следующим образом:

1. Цикл по k от 0 до K с шагом 1.
2. Цикл по j от 0 до M с шагом 1.

3. Вычисления коэффициентов $\tilde{A}_i, \tilde{C}_i, \tilde{B}_i, \tilde{F}_{i,j}$ для всех $i: 0 \leq i \leq N$.
4. Найти $u_{i,j}^{k+0.5}$ путем решения полученной СЛАУ методом прогонки.
5. Конец цикла по j.
6. Цикл по i от 0 до N с шагом 1.
7. Вычисления коэффициентов $\bar{A}_j, \bar{C}_j, \bar{B}_j, \bar{F}_{i,j}$ для всех $j: 0 \leq j \leq M$.
8. Найти $u_{i,j}^{k+1}$ путем решения полученной СЛАУ методом прогонки.
9. Конец цикла по i.
10. Конец цикла по k.

Мы исследовали следующие пути ускорения программы:

1. Оптимизация ассемблерного кода, путем использования компилятора ICC
2. Использование внутри последовательной программы вместо обычного метода прогонки для решения СЛАУ его параллельного аналога – метода блочной прогонки.
3. Построение параллельной программы путем распределения данных по процессорам, используя
 - А) технологию MPI
 - Б) технологию CUDA.

Все вычисления проводились на кластере MIEM_GPU Cluster. В качестве времени работы последовательной программы мы берем время работы программы построенной по последовательному алгоритму и скомпилированной компилятором GCC. Оно приведено в следующей таблице.

Размер сетки	Время выполнения (в секундах)
1215x1280	70.0489
2431x2560	281.389
4863x5120	1129.94
9727x10240	4533.13

Оптимизация ассемблерного кода. Для исследования эффективности пути низкоуровневой оптимизации программы мы воспользовались компилятором Intel C++ Compiler, который характеризуется значительной оптимизацией получаемого ассемблерного кода. Среднее полученное ускорение (по сравнению с программой скомпилированной GCC) при таком подходе составляет 12 раз, оно мало зависит от размерности области, где ищется решение. Особенно стоит отметить, что такое ускорение происходит без какого-то либо вмешательства в код программы.

Использование блочной прогонки. Вторым этапом нашего исследования была замена внутри последовательной программы обычного метода прогонки для решения СЛАУ его параллельным аналогом. Алгоритм блочной прогонки, опуская некоторые подробности, состоит в разбиении исходной матрицы СЛАУ на блоки, количество которых равно количеству доступных процессоров, а затем в использовании в каждом блоке метода последовательной прогонки. С учетом того, что каждый блок обчисляется на своем процессоре, происходит некоторое ускорение. Среднее ускорение (по сравнению с программой скомпилированной GCC) составляет 1.3 раза при использовании 4-х процессоров, 1.44 раза при использовании 8-ми процессоров и 1.36 раза при использовании 16-ти процессоров. Так же оно мало зависит от размерности области решаемой задачи. Это означает, что такой подход к ускорению программы не является эффективным.

Построение параллельной программы. Теперь мы покажем, насколько высока эффективность третьего подхода. Мы будем разбивать область, где ищется решение на

полосы, количество которых равно количеству используемых процессоров. Запишем это в виде следующего алгоритма.

1. Цикл по k от 0 до K с шагом 1.
2. Разбить область на полосы по индексу j . Количество полос равно количеству процессоров.
3. Параллельно, в каждой полосе выполнить пункты 3,4 последовательного алгоритма (для каждого j попавшего в полосу).
4. Объединить область.
5. Разбить область на полосы по индексу i . Количество полос равно количеству процессоров.
6. Параллельно, в каждой полосе выполнить пункты 7,8 последовательного алгоритма (для каждого i попавшего в полосу).
7. Объединить область.
8. Конец цикла по k .

Сначала исследуем программу, написанную для многопроцессорной системы с использованием технологии MPI. Полученное ускорение приведено в следующей таблице.

Размер сетки	Полученное ускорение при использовании				
	2 CPU	4 CPU	8 CPU	16 CPU	24 CPU
1215x1280	36.09	67.70	109.16	95.09	75.57
2431x2560	36.83	66.60	79.46	119.59	118.19
4863x5120	35.71	66.85	75.35	124.11	104.88
9727x10240	33.93	65.52	77.23	114.83	127.26

Мы получили весьма значительное ускорение, по сравнению с последовательной программой, скомпилированной GCC. Так же мы видим эффект насыщения, когда при росте размера сетки ускорение начинает падать. Это обуславливается тем, что процессы распределения и обмена данными между процессорами начинают занимать больше время, нежели сам процесс вычисления.

В заключение, мы исследуем программу, написанную для гибридной системы на графических ускорителях с использованием технологии CUDA. Время ее выполнения приведено в следующей таблице.

Размер сетки	Время выполнения (в секундах) при использовании		
	24 CPU	GPU (float)	GPU (double)
4863x5120	10.7733	2.32804	3.40491
9727x10240	35.622	16.6099	Out of memory

Видно, что использование графических ускорителей наиболее эффективно для данной задачи. Однако тут возникает ряд проблем, главной из которых является нехватка памяти на графическом ускорителе, особенно при использовании двойной точности. Эту проблему можно решить использованием нескольких графических карт для вычислений, но тогда уже возникает другая проблема, связанная с скоростью обмена данными между оперативной памятью ЭВМ и памятью установленной в нее графической карты.

В результате данного исследования можно сказать, что параллельные вычисления являются очень эффективными, в частности для численного решения краевой задачи в двухмерной области. Они значительно ускоряют процесс решения больших задач, а в большинстве случаев дают нам возможность решения задач, которые не могут быть решены при использовании классических последовательных ЭВМ. Но так же возникает ряд новых задач, связанных исследованием эффективности параллельных алго-

ритмов, разработкой методов их построения, а так же их адаптации к современным технологиям программирования на многопроцессорных и гибридных ЭВМ.

Список литературы:

1. Самарский А. А. Теория разностных схем.— 2-е издание.— 1983.— 616 с.
2. Шпаковский Г.И., Серикова Н.В. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI.— Белорусский государственный университет, г. Минск, 2002.— 323 с.
3. Zhang Y., Cohen J., Owens J. D. Fast tridiagonal solvers on the gpu // Proceedings of the 15th ACM SIGPLAN Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming (PPoPP 2010).— 2010.—01.— Pp. 127–136.
4. Боресков А. В. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA: Учебное пособие, издательство Московского университета, 2012, 336 стр.
5. Боресков А. В., Харламов А. А. Основы работы с технологией CUDA, 2010, 232 стр.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕМЕЙСТВА ОРБИТ К ТОЧКЕ ЛИБРАЦИИ L2 СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯ-ЛУНА

Е.В. Ефремова, С.А. Аксенов
факультет Информационных технологий и вычислительной техники, Лаборатория космических исследований технологий, систем и процессов

Аннотация

В работе представлен анализ семейства орбит к точке либрации L2 системы Земля-Луна с двойным облетом Луны. Производится анализ влияния координат точки облета Луны на характеристики орбиты.

Введение

Точки Лагранжа, также называемые точками либрации, представляют собой точки в системе двух массивных тел (в данном случае это Земля и Луна), в которых сила гравитации уравновешивается центробежной силой. Иначе говоря, в этих точках тело сравнительно малой массы может оставаться неподвижным относительно системы двух массивных тел. Таким образом, точка L2 системы Земля-Луна представляет особый научный интерес тем, что может быть использована для изучения обратной стороны Луны и контроля за находящимися там космическими аппаратами, поскольку радиосигналы с поверхности Земли не проникают в эту область. В перспективе рассматриваются долгосрочные миссии космических кораблей в точке L2, в т.ч. и пилотируемые [1-4], которые дадут возможность детально исследовать не только обратную сторону Луны, но и множество околоземных объектов (NEO – Near-Earth Objects).

В работе [1] рассматриваются различные траектории полета к точке L2 и дается подробное описание 17-ти дневной миссии, в которой космический аппарат облетает Луну в этой точке и возвращается на Землю. Выделяются основные этапы проведения миссии: запуск 23 июня 2021 г., выход на парковочную орбиту, применение маневра ТТИ (Transfer Trajectory Insertion) для вывода аппарата на собственную орбиту, достижение первой точки облета Луны S1 (27 июня 2021 г., перицентр, 49 км от поверхности Луны), достижение второй точки облета Луны S2 (6 июля 2021 г., перицентр, 50 км от поверхности Луны), и возвращение на Землю (рис. 1).

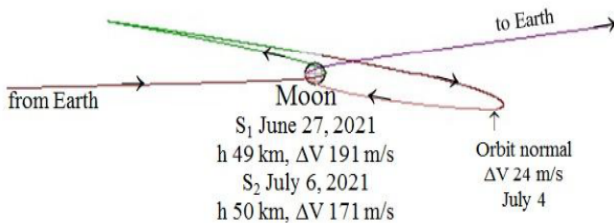


Рис. 1. Траектория с облетом Луны без выхода на гало-орбиту.

В статье делается предположение, что на участке траектории, проходящем за Луной, аппарат переходит на орбиту Лиссажу - квазипериодическую круговую орбиту в окрестности точки либрации L2. На этом же участке из-за воздействия гравитационных сил Луны начинает искажаться плоскость, в которой находится траектория движения космического аппарата. Для того, чтобы компенсировать искажение и вывести траекторию полета аппарата к точке S2, было предложено применить маневр OrbitNormal с $dV = 24$ м/с через 7,6 дней после достижения точки S1. Благодаря этому маневру осуществляется возвращение аппарата на Землю 10 июля 2021 г. с общим временем полета 17 дней и общим затраченным $dV = 386$ м/с.

Результаты и анализ

В работе проводится анализ возможности изменения значения dV маневра OrbitNormal и его влияния на другие характеристики траектории орбиты космического аппарата. Значение dV маневра OrbitNormal меняется в зависимости от выбора точки первого облета Луны S1 и, соответственно, степени наклона траектории орбиты аппарата к плоскости эклиптики Земля-Луна. Был разработан скрипт в среде GMAT, с помощью которого удалось проанализировать влияние изменения координаты Z S1 на импульс маневра OrbitNormal, на суммарный импульс маневров в окрестности Луны и на общее время видимости космического аппарата (т.е. время, когда аппарат не находится за Луной).

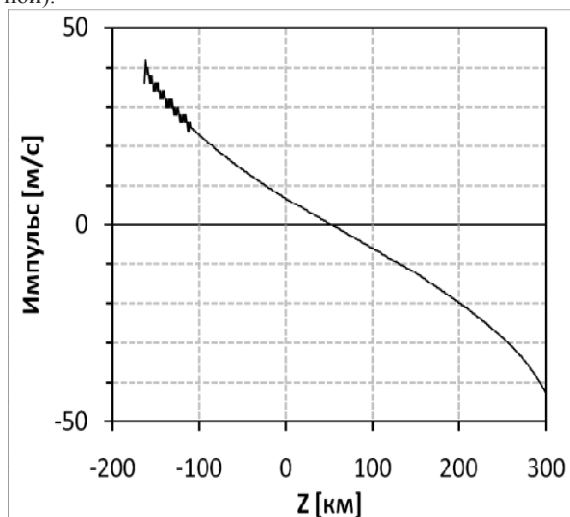


Рис. 2. График зависимости импульса dV ON от координаты Z точки первого облета Луны S1.

На рис. 2 представлен график зависимости импульса маневра OrbitNormal от координаты Z точки S1. Примем центр Луны за начало координат. При увеличении значения Z значение импульса уменьшается и при $Z = 51$ км оказывается равным нулю. Таким образом, для орбиты с данным значением координаты Z точки S1 маневр OrbitNormal не нужен. Поскольку значение импульса маневра OrbitNormal обусловлено возможностью возвраще-

ния на Землю, может быть построено семейство орбит к точке L2, не требующих совершения этого маневра.

На рис. 3 представлен график зависимости суммарного импульса в окрестности Луны от координаты Z точки S1 для двух различных траекторий: с применением маневра OrbitNormal и без. Хорошо видно, что для миссии без маневра OrbitNormal значение общего суммарного импульса в окрестностях Луны меньше, чем для миссии с его применением. На рис. 4 представлена зависимость времени облета Луны от координаты Z точки S1 для обоих вариантов траектории.

Важной характеристикой миссии является общее время видимости космического аппарата с Земли во время его нахождения за Луной. Графики зависимостей времени видимости от координаты Z точки S1 представлены на рис. 5. Время видимости аппарата не совпадает с временем перелета от S1 к S2, так как он может несколько раз скрываться Луной. Ярко выраженный перелом кривой слева означает начало затмения, справа, соответственно, окончание затмения. Видно, что время видимости аппарата для траектории без применения маневра Orbit Normal значительно меньше, чем для той же траектории с применением этого маневра. Это является недостатком семейства орбит в точке либрации L2 системы Земля-Луна, но тут решающую роль играют исходные приоритеты миссии - важнее ли более длительное время видимости либо сохранение общего суммарного импульса полета dV .

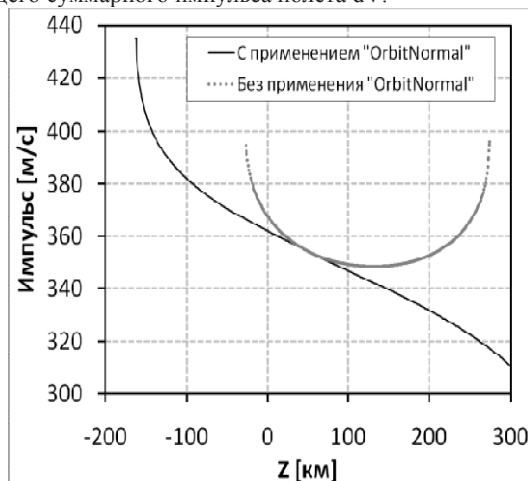


Рис. 3. Сравнение графиков зависимостей общего dV полетов с применением маневра ON и без.

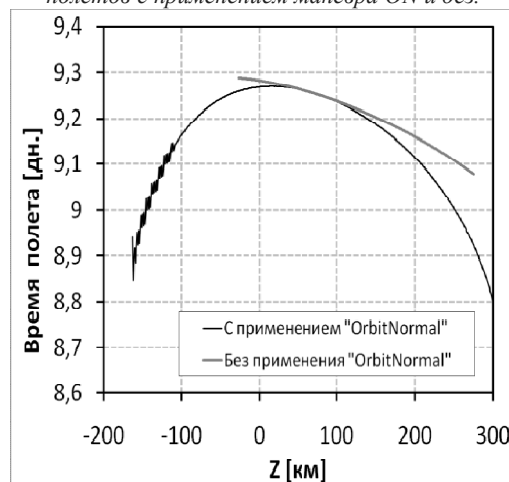


Рис. 4. Сравнение графиков зависимости времени облета Луны от координаты Z точки первого облета Луны S1

Заключение

Анализ результатов показывает, что наиболее интересны миссии, в которых облет Луны происходит в точке со следующими значениями Z :

1. $Z = -45$. В точке траектории с таким значением координаты Z достигается экономия суммарного импульса dV порядка 20 м/с, (около 10%), при этом время видимости аппарата с Земли увеличивается на 0.1 дня.

2. $40 \leq Z \leq 70$. При данных значениях координаты Z можно не применять маневр OrbitNormal, и таким образом уменьшить количество запланированных маневров, в т.ч. маневров с включением двигателя, что в свою очередь значительно снижает общие риски реализации миссии. Также достигается существенная экономия суммарного импульса dV в окрестности Луны на 30-40 м/с (что составляет 15-20%). Время видимости космического аппарата с Земли в этом случае уменьшится на 0.1 - 0.2 дня по сравнению с исходной траекторией и на 0.2 - 0.3 дня по сравнению с первым вариантом. Это является недостатком данного варианта, хотя эти ухудшения не превышают 2-3% и могут быть проигнорированы.

3. $Z = 255$. Анализ показал, что траектория с координатой $Z = 255$ является наиболее экономным вариантом для проведения миссии. При таком же, как и у второго варианта, времени видимости космического аппарата, появляется возможность уменьшить суммарный импульс полета dV на 70 м/с (около 35%), однако в таком случае возрастет количество запланированных маневров, так как в этом случае предполагается применение маневра "OrbitNormal".

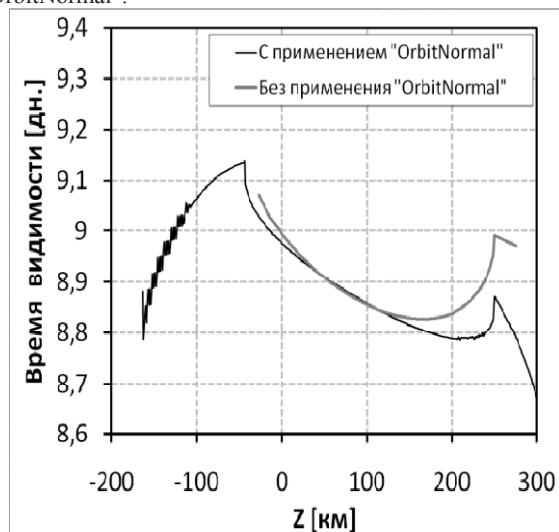


Рис.5. Сравнение графиков зависимости времени видимости космического аппарата от координаты Z точки первого облета Луны $S1$

Список литературы:

1. D. Dunham, R. Farquhar, N. Eismont, E. Chumachenko, "New Approaches For Human Deep-Space Exploration", представлено на ISSFD, Пасадена, Калифорния, октябрь 2012.
2. Robert W. Farquhar and Ahmed A. Kamel, "Quasi-periodic orbits about the translunar libration point", Celestial Mechanics, Vol. 7, No. 4, 458-473, 1973.
3. Farquhar, R., Dunham, D., and Muhonen, D., "A New Trajectory Concept for Exploring the Earth's Geomagnetic Tail", J. Guidance and Control, Vol. 4, pp. 192-196, 1981.
4. J. B. Hopkins, "Stepping Stones: A Sequence of Affordable Human Exploration Missions from Earth to the Mons of Mars." Документ IAC-12.A5.4.4, представленный на 63-м Международном Астрономическом Конгрессе, Неаполь, Италия, октябрь 2012г.

РАСЧЕТ ОКОН ЗАПУСКА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МИССИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ

Ю.А. Николаева, С.А. Аксенов
факультет Прикладной математики и кибернетики,
Лаборатория космических исследований,
технологий, систем и процессов

Аннотация

В работе представлен анализ семейства траекторий космического аппарата к точке $L2$ системы Земля-Луна. Рассчитаны окна запуска для различных дат начала миссии. Проведен анализ зависимости суммарного необходимого импульса в окрестности Луны и освещенности обратной стороны Луны от времени запуска аппарата.

Введение

Траектории движения космических аппаратов между Землей и точкой либрации $L2$ системы Земля-Луна играют важную роль для исследований Солнечной системы. В первую очередь, космические аппараты, двигающиеся по этим траекториям, могут применяться для изучения обратной стороны Луны и т.н. околоземных объектов (NEO – Near-Earth Objects). Кроме того, подобные траектории могут послужить стартовой точкой для реализации миссий за пределы системы Земля-Луна (в частности, они могут использоваться в начале миссий к Марсу, Фобосу, Деймосу, а также к другим телам Солнечной системы). Необходимо отметить, что существует идея сделать такую миссию пилотируемой [1-3].

Впервые подобные траектории были предложены в работе [1]. Они обладают следующими характеристиками: общее время полета, изменением скорости (ΔV), время, когда аппарат не виден с Земли, и др. Кроме того, при расчете миссий для изучения обратной стороны Луны представляет интерес ее освещенность. Возможны разные конфигурации траекторий – без облета Луны, с облетом Луны и выходом на гало-орбиту (квазистационарную круговую орбиту в окрестности точки либрации $L2$). Точками либрации в ограниченной задаче трех тел называются точки, в которых тело с меньшей массой неподвижно относительно двух массивных (в нашем случае это космический аппарат и Земля и Луна соответственно). Точка $L2$ находится на прямой, соединяющей массивные тела, за одним из тел (в нашем случае за Луной). В статье [1] проводится анализ траекторий без выхода на гало-орбиту.

Траектория без облета Луны – это прямой перелет к точке $L2$. Такой перелет занимает 4 дня (от Земли до точки $L2$) и требует ΔV порядка 1230 м/с. Как оказалось, непрямой перелет с облетом Луны выполняется за большее время (около 9 дней), но при гораздо меньшем ΔV (332 м/с). Вторая траектория получается симметричной относительно оси Земля-Луна, если аппарат требуется вернуть на Землю. Именно такие траектории наиболее интересны в начале изучения полетов к точке $L2$ с выходом на гало-орбиту или последующим перелетом в другие области.

В статье [1] представлена траектория от Земли до точки $L2$ системы Земля-Луна с облетом Луны для 23 июня 2021 года. Согласно этим результатам, общее время полета составляет 17 дней, ΔV составляет 386 м/с. Перелет совершается следующим образом: аппарат запускается с Земли (запуск производится на космодроме Кэнеди, Флорида, США), выводится на парковочную орбиту, где к аппарату применяется первый импульс, направляющий его к точке первого облета Луны $S1$, которая находится на высоте 49 км от её поверхности. В точке $S1$ к аппарату применяется импульс, который затормаживает его так, чтобы он остался под воздействием гравитационного поля луны и

вернулся в тоску второго облета Луны S2 (перицентр, высота 50 км), в который применяется следующий импульс, направляющий аппарат к Земле (см. рис. 1).

Во время полета осуществляются 4 маневра – ТТІ (Transfer Trajectory Insertion – для вывода аппарата на траекторию к Луне, 3.14 км/с), в точках S1 (191 м/с) и S2 (171 м/с), соответствующих перицентру, - для корректировки траектории и отправки на Землю соответственно, и Orbit Normal (24 м/с). Последний маневр применяется для возвращения аппарата в плоскость эклиптики, т.к. из-за неравенства сил, действующих в плоскости и вне ее аппарат заметно уходит из плоскости, что уводит его с изначальной траектории.

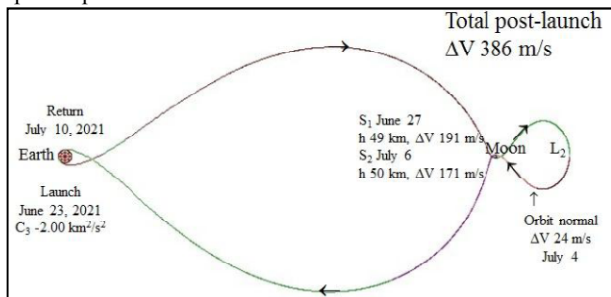


Рис. 1. Траектория с облетом Луны без выхода на гало-орбиту

Возможна оптимизация данной траектории по нескольким параметрам, а именно: общее время полета, общее ΔV , освещенность обратной стороны Луны, время, когда аппарат не виден с Земли, и др. Достичь уменьшения времени полета можно изменением времени запуска. Кроме того, возможно добавление дополнительных маневров помимо указанных, но это увеличит общие затраты топлива. Такие расчеты были проведены группой Джоша Хопкинса [4]. Общее ΔV , т.е. затраты топлива, можно изменить за счет варьирования наклона направления аппарата к плоскости эклиптики и времени, в которое производятся маневры в окрестности Луны. Максимальной освещенности обратной стороны Луны можно достичь изменением времени запуска аппарата.

Время вылета было выбрано так, чтобы к моменту, когда аппарат окажется вблизи Луны, Луна находилась в предпоследней фазе. Т.о. в случае долгосрочного пребывания аппарата в окрестности точки L2 (например, при выходе на гало-орбиту) в дальнейшем обратная сторона Луны максимально освещена. Однако для кратковременной миссии с целью изучения обратной стороны такие условия неудобны, поэтому были предложены другие даты вылета (27, 28 и 29 июня).

Расчет окон и анализ траекторий

В работе проведен анализ семейства траекторий с облетом Луны. Для расчетов использовался пакет GMAT.

В силу того, что наклонение к плоскости эклиптики изменяется во времени, существуют ограничения на время запуска аппарата с Земли. Аппарат можно запустить только в определенный промежуток времени (около 30 минут) каждый день. Этот промежуток будем называть окном запуска. Для траектории рассматриваемого семейства рассчитаны окна запуска для 23-29 июня. Для оценки освещенности использовался параметр L , рассчитанный по следующей формуле:

$$L = \frac{\alpha + \pi/2}{\pi}, \quad (1)$$

где α – угол между направлением на Солнце и радиус-вектором аппарата в системе, связанной с Луной. Когда параметр $L=1$, освещенность максимальна.

В работе были рассчитаны окна запуска космического аппарата для 23-29 июня 2021 года. В таблице 1 приведены общие результаты вычислений для этих дней.

Таблица 1. Окна запуска для 23-29 июня 2021 года

День	Окно	Средняя освещенность
23.06	18:05:19.240-18:41:45.160	0,5016
24.06	18:20:00.520-18:45:47.080	0,5767
25.06	18:31:14.440-18:48:31.240	0,6639
26.06	18:36:08.200-18:51:24.040	0,7388
27.06	18:38:52.360-18:54:16.840	0,8124
28.06	18:40:53.320-18:58:44.680	0,8831
29.06	18:42:47.368-19:05:58.408	0,9497

Для каждого окна был выбран тот момент запуска, для которого дальнейшие затраты топлива минимальны (рассматривалось суммарное ΔV после маневра ТТІ, который, осуществляется вблизи Земли третьей ступенью ракеты-носителя). Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Вылеты с минимальными затратами топлива в окрестности Луны

Время	ΔV после ТТІ	Освещенность
23.06.2021 18:27:21.160	0,3711	0,5029
24.06.2021 18:35:07.720	0,3585	0,5811
25.06.2021 18:39:44.200	0,3466	0,6586
26.06.2021 18:42:45.640	0,3366	0,7342
27.06.2021 18:45:29.800	0,3288	0,8079
28.06.2021 18:48:22.600	0,3237	0,8783
29.06.2021 18:52:08.968	0,3218	0,9450

Из представленных данных следует, что суммарный импульс траектории, представленной в [1] может быть сокращен с 386 м/с до 0,371 м/с, выбором другого момента запуска с Земли.

На рис. 2 представлены графики зависимости освещенности от времени. Из этого рисунка хорошо видно, что для краткосрочной миссии с целью изучения обратной стороны Луны лучше всего подходит 29 июня – освещенность близка к максимальной, в то время как для изначально предложенного 23 июня освещенность близка к 0,5.

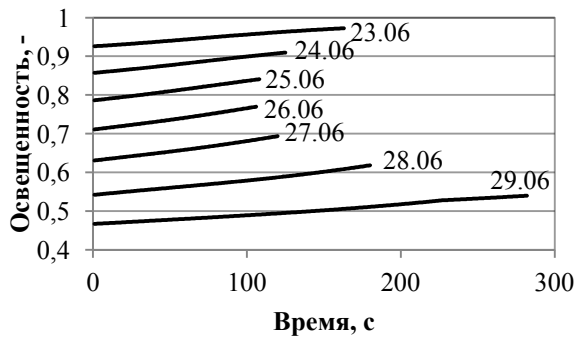


Рис. 2. Зависимость освещенности от времени

Основным параметром при выборе времени вылета является суммарный импульс ΔV в окрестности Луны. На рис. 3 представлена зависимость этого параметра от времени вылета для 23, 27 и 29 июня.

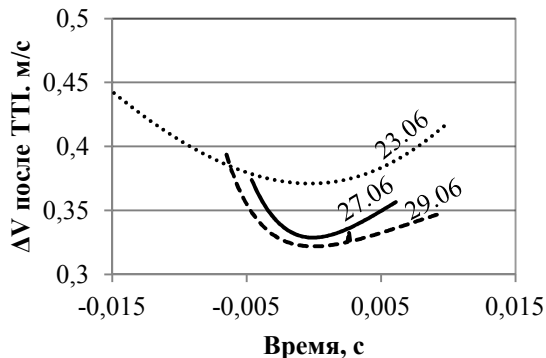


Рис.3. Зависимость ΔV от времени вылета

Заключение

Рассчитаны траектории к точке либрации L2 системы Земля-Луна для различных дат запуска космического аппарата.

Произведен расчет и анализ зависимости освещенности обратной стороны Луны от времени запуска аппарата.

Рассчитаны окна запуска и оптимальные, с точки зрения экономии суммарного импульса в окрестности Луны, моменты вывода аппарата на траекторию.

Дальнейшие исследования будут направлены на расчет траекторий для различных дат запуска аппарата в течении 2021 года с целью выбора лучших условий реализации миссии.

Список литературы:

1. D. Dunham, R. Farquhar, N. Eismont, E. Chumachenko, "New Approaches For Human Deep-Space Exploration", представлено на ISSFD, Пасадена, Калифорния, октябрь 2012.
2. Robert W. Farquhar and Ahmed A. Kamel, "Quasi-periodic orbits about the translunar libration point", Celestial Mechanics, Vol. 7, No. 4, 458-473, 1973.
3. Farquhar, R., Dunham, D., and Muhonen, D., "A New Trajectory Concept for Exploring the Earth's Geomagnetic Tail", J. Guidance and Control, Vol. 4, pp. 192-196, 1981.
4. J. B. Hopkins, "Stepping Stones: A Sequence of Affordable Human Exploration Missions from Earth to the Mons of Mars." Документ IAC-12.A5.4.4, представленный на 63-м Международном Астрономическом Конгрессе, Неаполь, Италия, октябрь 2012г.

ОБ ОДНОМ ОБОБЩЕНИИ ТЕОРЕМЫ ШОКЕ

Г.А. Васильев

факультет Прикладной математики и кибернетики

1. Формулировка теоремы Шоке.

Приведем классический вариант теоремы Шоке ([1]).

Теорема 1 ([1]). Пусть X – d -мерный компакт, а \mathcal{E} – борелевская σ -алгебра в X . Пусть $\varphi(x): X \rightarrow \mathbb{R}$ – любая непрерывная функция. Тогда существуют $c_i \in \mathbb{R}^{d+1}$, причем $c_i \geq 0, \sum c_i = 1$, такие, что справедливо равенство

$$\sup_{Q \in \mathcal{R}} \int_X \varphi(x) Q(dx) = \sum_{i=1}^{d+1} \varphi(x_i) c_i,$$

где x_i – крайние точки множества X .

Целью данной работы является обобщение теоремы Шоке на случай, когда интегрируется измеримая ограниченная функция.

2. Формулировка основного результата.

Пусть (X, \mathcal{E}) – измеримое пространство, где X – d -мерный компакт, а \mathcal{E} – борелевская σ -алгебра в X . Пусть $\varphi(x): X \rightarrow \mathbb{R}$ – любая измеримая ограниченная функция. Обозначим X^* – пространство, сопряженное к X , а \mathcal{R} – множество всех вероятностных мер на (X, \mathcal{E}) .

Теорема 2. Пусть $\varphi(x): X \rightarrow \mathbb{R}$ – любая измеримая ограниченная функция. Пусть \mathcal{E} универсально полна. Тогда существуют $c_i \in \mathbb{R}^{d+1}$, причем $c_i \geq 0, \sum c_i = 1$, такие, что справедливо равенство

$$\sup_{Q \in \mathcal{R}} \int_X \varphi(x) Q(dx) = \sum_{i=1}^{d+1} \varphi(x_i) c_i,$$

где x_i – крайние точки множества X .

3. Формулировка вспомогательных утверждений.

Доказательство основного результата опирается на ряд вспомогательных утверждений.

3.1. Из компактности множества X следует утверждение.

Теорема 3. Пусть $\varphi(x): X \rightarrow \mathbb{R}$ – любая измеримая ограниченная функция. Тогда существует единственная мера Q^* такая, что справедливо равенство $\sup_{Q \in \mathcal{R}} \int_X \varphi(x) Q(dx) = \int_X \varphi(x) Q^*(dx)$.

3.2. Обозначим

$$D \triangleq \{ \gamma \in X^* \mid \sup_{Q \in \mathcal{R}} \int_X e^{-(\gamma, x)} Q(dx) < \infty \}.$$

Рассмотрим вспомогательную задачу

$$\int_X e^{\varphi(x) - (\gamma, x)} Q(dx) \rightarrow \inf_{\gamma \in D} \sup_{Q \in \mathcal{R}}$$

Обозначим

$$\bar{V} \triangleq \inf_{\gamma \in D} \sup_{Q \in \mathcal{R}} \int_X e^{\varphi(x) - (\gamma, x)} Q(dx).$$

Теорема 4. Пусть выполнены условия теоремы 3 и $0 \in \text{re int} X$. Тогда следующие утверждения эквивалентны:

существует $\gamma^* \in D$ такое, что $\sup_{Q \in \mathcal{R}} \int_X e^{\varphi(x) - (\gamma^*, x)} Q(dx) = \int_X e^{\varphi(x) - (\gamma^*, x)} Q^*(dx)$;

существует \mathbb{E} -измеримая функция $b(x): X \rightarrow \mathbb{R}_+$ такая, что относительно любой $Q \in \mathcal{R}$ справедливо равенство $\varphi(x) = \ln \bar{V} + (\gamma^*, x) - b(x) Q$ – п. н.;

справедливо представление

$$\varphi(x) = \ln \bar{V} + (\gamma^*, x) Q^* - \text{п. н.}$$

$$\int_X x Q^*(dx) = 0.$$

3.3. В данном пункте мы формулируем некоторые свойства меры Q^* .

Теорема 5. Пусть выполнены условия теоремы 3. Тогда мера Q^* дискретна и сосредоточена не более чем в $(d + 1)$ крайней точке X .

Замечание. Поскольку мера Q^* дискретна, то в силу теоремы Каратеодори она допускает представление

$$Q^*(A) = \sum_{\{i: x_i \in A\}} \alpha_i \delta_{x_i}(A),$$

Где любое $A \in \mathcal{E}$, δ_{x_i} - меры Дирака, $\alpha_i \geq 0$, $\sum_{i=1}^{d+1} \alpha_i = 1$.

Из утверждений теорем 3-5 следует утверждение теоремы 2.

Список литературы:

1. Фелпс Р.Р. Лекции о теоремах Шоке. М.: Мир, 1968.
2. Зверев О.В., Хаметов В.М. Минимаксное хеджирование опционов европейского типа на неполных рынках (дискретное время). Обзорение прикладной и промышленной математики, 2011, т. 18, №1, с. 26-54, т. 18, №2, с. 193-204.

АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИЙ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЯМИ В МОДЕЛИ ТРЕХСЕКТОРНОЙ ЭКОНОМИКИ

В.В. Писаренко
Общественные кафедры,
кафедра «Высшая Математика»

В исследовании рассматривается проблема оптимального управления экономической системой, функционирование которой описывается динамической моделью трехсекторной экономики, результаты кратко представлены в тезисах [1,2]. Параметрами состояний системы являются функции фондовооруженности (удельного капитала) в каждом секторе, параметром управления является величина удельных инвестиций в фондосоздающем секторе. Решение задачи оптимального управления основано на принципе максимума Понтрягина. Определена структура оптимального управления, зависящая от некоторой вспомогательной функции, которая выражается через сопряженные переменные. Получены аналитические решения систем дифференциальных уравнений относительно переменных состояний и сопряженных переменных.

Система дифференциальных уравнений, описывающих динамику состояний системы выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{k}_0(t) = -(v + \mu_0)k_0(t) + I_0^{(1)}\rho(A_1 k_1^{\alpha_1}(t) - i_1(t)), \\ \dot{k}_1(t) = -(v + \mu_1)k_1(t) + i_1(t), \\ \dot{k}_2(t) = -(v + \mu_2)k_2(t) + I_2^{(1)}(1 - \rho)(A_1 k_1^{\alpha_1}(t) - i_1(t)), \end{cases}$$

В тезисах [1,2] рассмотрены четыре основных варианта поведения функции $Q(p_0, p_1, p_2)$ на временном интервале $[0, T]$. Для каждого из вариантов выписаны уравнения дифференциальной связи относительно $k_0(t), k_1(t), k_2(t)$ в зависимости от выбранной структуры управления.

Запишем стационарные решения системы дифференциальной связи для первого варианта поведения вспомога-

тельной функции $Q(p_0, p_1, p_2)$ при дополнительном условии. Предположим, что $k_0(t) = k_0, k_1(t) = k_1, k_2(t) = k_2$, где k_0, k_1, k_2 - некоторые величины. Тогда единственное стационарное решение системы дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} k_0^{(0)} = \frac{1}{\lambda_0} I_0^{(1)} \rho (1 - \gamma) A_1 \left(\frac{\gamma A_1}{\lambda_1} \right)^{\frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1}}, \\ k_1^{(0)} = \left(\frac{\gamma A_1}{\lambda_1} \right)^{\frac{1}{1 - \alpha_1}}, \\ k_2^{(0)} = \frac{1}{\lambda_2} I_2^{(1)} (1 - \rho) (1 - \gamma) A_1 \left(\frac{\gamma A_1}{\lambda_1} \right)^{\frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1}}, \end{cases}$$

Рассмотрим поведение функции $k_1(t)$. Если для некоторого множества значений параметра t выполнено неравенство $k_1 = k_1(t) > k_1^{(0)}$, то $k_1 < 0$, то функция $k_1(t)$ является убывающей по t .

При этом, как следует из явного представления функции $k_1(t)$:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} k_1(t) = k_1^{(0)} = \left(\frac{\gamma A_1}{\lambda_1} \right)^{\frac{1}{1 - \alpha_1}}$$

На основании сделанных выводов можно изобразить характер решений дифференциального уравнения относительно $k_1(t)$ из вышеуказанной системы в зависимости от начальных значений $k_{1,0}$, то есть фазовые траектории этого уравнения

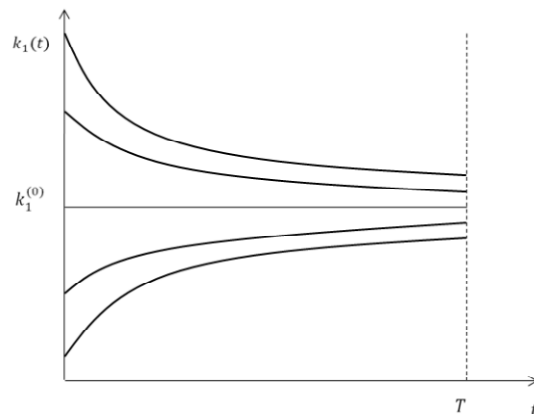


Рис. 1: Поведение функций фондовооруженностей первого сектора на заданном интервале времени.

По аналогии в работе исследуется поведение траекторий для функций $k_0(t)$ и $k_2(t)$.

Список литературы:

1. Шнурков П.В., Писаренко В.В. - "Оптимальное управление инвестициями фондосоздающего сектора в динамической модели трехсекторной экономики". Всероссийская конференция "Прикладная теория вероятностей и теоретическая информатика" 17 - 18 апреля 2012 г. Тезисы докладов.
2. Шнурков П.В., Писаренко В.В. - "Оптимальное управление инвестициями фондосоздающего сектора в динамической модели трехсекторной экономики". Международная конференция "Теория вероятностей и ее приложения" посвящена 100-летию со дня рождения Б.В. Гнеденко. Москва, 26 - 30 июня 2012 г. Тезисы докладов.

УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫМИ ОБЪЕКТАМИ В ЗАДАЧЕ ЗАЩИТЫ ЦЕЛИ

Е.Д. Григоренко

факультет Прикладной математики и кибернетики

Задача защиты цели рассматривается в работе в свете теории дифференциальных игр для случая, когда динамика игроков описывается обыкновенными нелинейными уравнениями. Проблема рассматривается с практической точки зрения, когда благодаря введению компенсационных штрафов становится возможным заменить строгие ограничения нестрогими.

Предполагаемая возможность представления нелинейных уравнений в виде моделей, имеющих линейную структуру, но с параметрами, зависящими от состояния, и квадратический функционал качества позволяют осуществить переход от скалярного уравнения в частных производных (уравнение Гамильтона-Якоби-Беллмана) к матричному уравнению типа Риккати, но с параметрами, зависящими от состояния. В работе анализируется дифференциальная игра, модифицированная к задаче защиты цели с заданным временем окончания. В качестве примера, приведён синтез управления для игроков, поведение которых описывается нелинейными уравнениями.

Введение и общая постановка задачи

Рассмотрим подпространство $S \in R^{n_s}$, где $n_s \in N$. Введем переменные $x_p \in R^{n_p}$ и $x_e \in R^{n_e}$ (для Нападающего и Защитника соответственно), причём $n_p \leq n_s, n_e \leq n_s$. Пусть поведение игроков описывается следующими уравнениями:

$$\frac{d}{dt}x_p(t) = f_p(x_p) + g_p(x_p)u_p(t), \quad x_p(t_0) = x_{p0}, \quad (1)$$

$$y_p(t) = c_p(x_p),$$

$$\frac{d}{dt}x_e(t) = f_e(x_e) + g_e(x_e)u_e(t), \quad x_e(t_0) = x_{e0}, \quad (2)$$

$$y_e(t) = c_e(x_e),$$

$$f_p, g_p : T \times \Omega_p \rightarrow R^{n_p}, \quad f_e, g_e : T \times \Omega_e \rightarrow R^{n_e}$$

$$h_p : T \times \Omega_p \rightarrow R^m, \quad h_e : T \times \Omega_e \rightarrow R^m.$$

Здесь T – интервал $[0, T]$; Ω_p, Ω_e – области (открытые связанные множества); $x_p \in R^{n_p}, x_e \in R^{n_e}$ – состояния систем; $x_{p0}, x_{e0} \in X_0, X_0$ – область возможных начальных состояний систем; $y_p, y_e \in R^m, m \leq n_p, m \leq n_e$ – выходы систем; $u_p(t) \in U_p \subseteq R^{r_p}, u_e(t) \in U_e \subseteq R^{r_e}$ – управления, подлежащее нахождению; матрицы $f_p(x_p), f_e(x_e), g_p(x_p), g_e(x_e), c_p(x_p), c_e(x_e)$ действительны и непрерывны. Предполагается, что при всех (x) пары $\langle f_p(x_p), g_p(x_p) \rangle$ и $\langle f_e(x_e), g_e(x_e) \rangle$ являются управляемыми, пары $\langle f_p(x_p), c_p(x_p) \rangle$ и $\langle f_e(x_e), c_e(x_e) \rangle$ наблюдаемыми. Кроме того, функции $f_p(x_p), f_e(x_e), g_p(x_p), g_e(x_e)$ будем предполагать достаточно гладкими, чтобы через любые $(0, x_{p0}) \in T \times \Omega_p, (0, x_{e0}) \in T \times \Omega_e$ проходило одно и только одно решение (1) или (2) $x_p(t, 0, x_{p0}), x_e(t, 0, x_{e0})$ и был бы единственный соответствующий выход системы (1) $y_p(t) = c_p(t, x_p(t, 0, x_{p0}))$ и единственный соответствующий выход системы (2) $y_e(t) = c_e(t, x_e(t, 0, x_{e0}))$.

Предположим, что первые $n_s \leq m$ координат x_p (x_e) являются координатами Защитника (Нападающего) в S .

Для Защитника и Нападающего введем следующие отображения P :

$$P(x_p) = \text{col}[x_{p1}, \dots, x_{p_{n_s}}], \quad (3)$$

$$P(x_e) = \text{col}[x_{e1}, \dots, x_{e_{n_s}}]. \quad (4)$$

Для простоты предположим, что цель располагается в начале координат.

Для $\forall \varepsilon > 0$ введем такие множества Λ_1 и Λ_2 :

$$\Lambda_1 = \{(x_p, x_e) \in R^{n_p} \times R^{n_e} \mid \|P(x_e)\| \leq \varepsilon\}, \quad (5)$$

$$\Lambda_2 = \{(x_p, x_e) \in \Lambda_1^c \mid \|P(x_p) - P(x_e)\| \leq \varepsilon\}, \quad (6)$$

где Λ_1^c является дополнением к Λ_1 , $\|\bullet\|$ – стандартная

Евклидова норма. Пусть $\Lambda = \Lambda_1 \cup \Lambda_2$, тогда игра заканчивается в момент времени $T \geq 0$, где

$$T = \min \{t > 0 \mid (x_p(t), x_e(t)) \in \Lambda\}. \quad (7)$$

Учитывая сказанное выше, можно сформулировать проблему следующим образом:

Даны начальные состояния x_{e0}, x_{p0} . Защитнику необходимо найти такое управление $u_p(t)$, чтобы игра закончилась в Λ_2 , в то время как Нападающий пытается с помощью правильно выбранного управления $u_e(t)$ привести траекторию в Λ_1 .

Задача защиты цели как дифференциальная игра

Запишем общее уравнение системы:

$$\frac{d}{dt}x(t) = F(t, x) + B_p(t, x_p)u_p(t) + B_e(t, x_e)u_e(t), \quad x(t_0) = x_0, \quad (8)$$

$$y(t) = C(t, x).$$

Определим следующие стратегии с обратной связью: $\gamma_p : R^n \times R \rightarrow U_p, \gamma_e : R^e \times R \rightarrow U_e$. То есть $x \in R^n, 0 \leq t < T, \gamma_p \in U_p, \gamma_e \in U_e$. Обозначим Γ_p и Γ_e множества допустимых стратегий с обратной связью для преследователя и преследуемого соответственно.

Запишем функционал качества:

$$J(\gamma_p, \gamma_e; x) = \frac{1}{2} \int_0^T [u_e^T(\tau) R_e u_e(\tau) - u_p^T(\tau) R_p u_p(\tau)] + \{P(x_e(\tau))\}^T Q_e \{P(x_e(\tau))\} - \{P(x_p(\tau)) - P(x_e(\tau))\}^T Q_p \{P(x_p(\tau)) - P(x_e(\tau))\} d\tau + \quad (9)$$

$$+ \frac{1}{2} \{P(x_e(T))\}^T F_e \{P(x_e(T))\} - \{P(x_p(T)) - P(x_e(T))\}^T F_p \{P(x_p(T)) - P(x_e(T))\}.$$

Здесь γ_p и γ_e – стратегии с обратной связью, u_e и u_p – соответствующие управления, весовые матрицы Q_e и Q_p положительно полуопределенные, матрицы R_e и R_p – положительно определенные. В (9) слабые ограничения (штрафы) Q_e и Q_p определяются как усиленные весовыми коэффициентами квадраты расстояния между преследуемым и мишенью, а также преследуемым и преследователем в некоторое фиксированное время T . Ограничения на управляющие воздействия учитываются при назначении матриц R_e и R_p .

Таким образом, задача защиты цели сформулирована как игра с нулевой суммой, в которой преследователь (преследуемый) ищет оптимальную для себя стратегию, чтобы максимизировать (минимизировать) функционал.

Дифференциальная игра: общее решение

Дадим вначале некоторые комментарии по вопросу существования решения задачи. Предполагая, что функции $F(t, x), B_p(t, x_p), B_e(t, x_e), H(t, x)$, достаточно гладкие, $t \in [0, T]$, введем функцию стоимости игры

$$V(t, x) = J(\gamma_p, \gamma_e; x), \quad (10)$$

где $V(t, x)$ дифференцируемая функция при любых допустимых стратегиях игроков в $L_2(t_0, T)$. Уравнение Гамильтона-Якоби-Беллмана будет иметь вид:

$$-\frac{\partial V(t, x)}{\partial t} = \min_{u_e} \max_{u_p} H \left(x, u_e, u_p, \frac{\partial V(x)}{\partial x(t)}, t \right) = 0, \quad (11)$$

$$H(t, x(t)) = \left\{ R x_e(t) \right\}^T F_e \left\{ R x_e(t) \right\} - \left\{ R x_p(t) \right\}^T F_p \left\{ R x_p(t) \right\} - R x_e(t).$$

Здесь H – гамильтониан. Из формул выше и записи гамильтониана в явном виде сделаем предположение, что значения u_e, u_p , при которых достигается точная нижняя грань функционала качества, определяют следующие выражения:

$$u_p(t) = R_p^{-1} B_p^T(t, x_p) \left\{ \frac{\partial V(t, x)}{\partial x(t)} \right\}^T, \\ u(t) = -R_e^{-1} B_e^T(t, x_e) \left\{ \frac{\partial V(t, x)}{\partial x(t)} \right\}^T. \quad (12)$$

Тогда исходная система с управлениями (8) определяется выражением

$$\frac{d}{dt} x(t) = F(t, x) + \left[B_p(t, x_p) R_p^{-1} B_p^T(t, x_p) - B_e(t, x_e) R_e^{-1} B_e^T(t, x_e) \right] \left\{ \frac{\partial V(t, x)}{\partial x(t)} \right\}^T, \\ x(t_0) = x_0, \\ y(t) = C(t, x). \quad (13)$$

Матрицы R_p и R_e , при известных параметрах системы $B_p(t, x_p)$ и $B_e(t, x_e)$, должны назначаться так, чтобы матрица $\Theta(t, x) = B_e(t, x_e) R_e^{-1} B_e^T(t, x_e) - B_p(t, x_p) R_p^{-1} B_p^T(t, x_p)$ (14)

была положительно полуопределенной.

Для реализации управлений вида (12) необходимо решить уравнение в частных производных, что является самостоятельной сложной задачей.

1. Объекты с параметрами, зависящими от состояния

Рассмотрим задачу синтеза оптимального управления для объекта

$$\frac{d}{dt} x(t) = F(x) + B_p(x_p) u_p(t) + B_e(x_e) u_e(t), \quad x(t_0) = x_0, \\ y(t) = Cx(t). \quad (15)$$

Произведём замену $F(x) = A(x)x(t)$, где $A: R^n \rightarrow R^{n \times n}$ – факторизация, преобразующая нелинейный объект (15) в объект с линейной структурой и параметрами, зависящими от состояния [4,7].

$$\frac{d}{dt} x(t) = A(x)x(t) + B_p(x_p) u_p(t) + B_e(x_e) u_e(t), \quad x(t_0) = x_0, \\ y(t) = Cx(t). \quad (16)$$

Предполагается, что пары $\langle A(x), g_1(x) \rangle$, $\langle A(x), g_2(x) \rangle$ управляемы и пара $\langle A(x), H(x) \rangle$ наблюдаема при $\forall x(t) \in X$.

Учитывая, что игра заканчивается в неопределенный момент времени $T \geq 0$, где $T = \min\{t > 0 \mid (x_p(t), x_e(t)) \in \Lambda\}$, ведем функционал качества, назначив в (9) $F_p = 0$ и $F_e = 0$:

$$J^*(\gamma_p, \gamma_e; x) = \frac{1}{2} \int_0^T \left[u_e^T(\tau) R_e u_e(\tau) - u_p^T(\tau) R_p u_p(\tau) \right] + \{y(\tau)\}^T Q \{y(\tau)\} d\tau, \\ Q = \begin{bmatrix} Q_e - Q_p & Q_p \\ Q_p & -Q_p \end{bmatrix}. \quad (17)$$

Учитывая, что $V(x)$ в этом случае в явном виде не зависит от времени, будем иметь

$$\frac{\partial V(t, x)}{\partial t} \left[A(x)x(t) + B_p(t, x_p) u_p(t) + B_e(t, x_e) u_e(t) \right] + \\ + \frac{1}{2} x^T(\tau) C^T Q C x(\tau) = 0, \quad (18)$$

с граничным условием $V(0) = 0$.

Оптимальные управления будут определяться соотношениями

$$u_p(t) = R_p^{-1} B_p^T(x_p) \left\{ \frac{\partial V(x)}{\partial x(t)} \right\}^T, \\ u_e(t) = -R_e^{-1} B_e^T(x_e) \left\{ \frac{\partial V(x)}{\partial x(t)} \right\}^T. \quad (19)$$

Учитывая (18) и (19) будем иметь

$$\frac{\partial V(x)}{\partial x(t)} A(x)x(t) + \frac{1}{2} \frac{\partial V(x)}{\partial x(t)} \left[B_p(x_p) R_p^{-1} B_p^T(x_p) - B_e(x_e) R_e^{-1} B_e^T(x_e) \right] \left\{ \frac{\partial V(x)}{\partial x(t)} \right\}^T + \\ + \frac{1}{2} x^T(\tau) C^T Q C x(\tau) = 0. \quad (20)$$

Будем искать $\partial V(x) / \partial x(t)$ в виде:

$$\left\{ \frac{\partial V(x)}{\partial x(t)} \right\}^T = S(x)x(t), \quad (21)$$

тогда из формулы (20) получим:

$$S(x)A(x) + A^T(x)S(x) - \\ - S(x) \left[B_e(x_e) R_e^{-1} B_e^T(x_e) - B_p(x_p) R_p^{-1} B_p^T(x_p) \right] S(x) + C^T Q C = 0 \quad (22)$$

и выражения для управлений (19) переписуются в виде:

$$u_p(t) = R_p^{-1} B_p^T(x_p) S(x)x(t), \\ u_e(t) = -R_e^{-1} B_e^T(x_e) S(x)x(t). \quad (23)$$

Уравнение объекта (15) принимает вид

$$\frac{d}{dt} x(t) = F(x) + \left[B_p(x_p) R_p^{-1} B_p^T(x_p) - B_e(x_e) R_e^{-1} B_e^T(x_e) \right] S(x)x(t), \\ x(t_0) = x_0, \\ y(t) = Cx(t). \quad (24)$$

Как видно, основная проблема реализации управляющих воздействий (23) заключается в отыскании решения уравнения типа Риккати (22) в темпе функционирования объекта (24).

Решение дифференциальной игры с защитой цели является чрезвычайно сложной проблемой, в работе предлагается вариант решения данной проблемы, применимый для задач с неограниченным временем.

Список литературы

- Афанасьев В.Н. Математическая теория конструирования систем управления: Учеб. для вузов./В. Н. Афанасьев, В. Б. Колмановский, В. Р. Носов. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2003. – 614 с.
- В.П. Дьяконов. MATLAB 6.0/6.1/6.5/6.5 + SP1 + Simulink 4/5. Обработка сигналов и изображений. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. - 592 с.
- Dongxu L., J. B. Cruz, Jr., Game of Defending a Target: A Linear Quadratic Differential Game Approach. In proceeding of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control, Seoul, Korea, July 6-11, 2008.
- J. Hespanha, M. Prandini, and S. Sastry. Probabilistic pursuit-evasion games: A one-step nash approach. In Proceedings of the 39th IEEE Conference on Decision and Control, pages 2272-2277, Sydney, Australia, 2000.
- D.Li, J.B. Cruz, Jr., and C.J. Schumacher. Stochastic multi-player pursuit-evasion differential games. International Journal of Robust and Nonlinear Control, 18:218-247, 2008.
- Y.Liu, J.B.Cruz, Jr., and C.J. Schumacher. Pop-up threat models for persistent area denial. In Proceeding of IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 43(2):509-521, 2007.

**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ БЕЗАРБИТРАЖНОГО
ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ПРОЦЕНТНЫХ
ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ**

*В.В. Аевский
Общественные кафедры,
кафедра «Высшая Математика»*

В теории и практике моделирования ценообразования финансовых активов основным подходом является принцип принципа безарбитражности (ПБ) [1]. Он заключается в том, что два портфеля с одинаковыми будущими случайными платежами (эквивалентные портфели) должны иметь одинаковую цену сегодня. В противном случае появляется возможность арбитража (заработать «бесплатный завтрак»): собственник портфеля с высокой ценой может продать его и купить эквивалентный портфель с более низкой ценой, получая в качестве дохода разницу цен, поскольку ожидаемые в будущем платежи по обоим портфелям одинаковы. В соответствии с ПБ цена финансового портфеля определяется как цена эквивалентного ему портфеля с наиболее простыми активами, цены которых легче подсчитать.

Важно отметить, что ПБ основывается только на том, какие существуют соотношения между ценами разных финансовых активов, но он ничего не говорит о том, каким образом устанавливаются сами эти цены.

В данной работе мы следуем подходу Кохрейна [2], состоящему в том, что определяющим фактором ценообразования (его ядром) является стохастический дисконтный фактор. Однако, в отличие от [2], мы концентрируемся, в основном, на временной структуре и ценообразовании процентных ставок в рамках так называемых аффинных моделей Дюффи-Кана [3] с дискретным временем. Это позволяет единообразно рассматривать дискретные модели Васичека [4] и Кокса-Ингерсолла – Росса [5], и ввести латентный параметр, характеризующий отношение инвесторов в целом к риску.

Рассмотрим модель ценообразования на рынке бескупонных облигаций, в основе которой лежат следующие гипотезы и теоремы.

Гипотеза 1. Для любого t логарифм цены однопериодной облигации определяется формулой

$$\ln b_t^1 = -r_t, \quad \ln b_{t+1}^1 = -r_{t+1}, \quad (1.1)$$

где r_t так называемая короткая ставка, динамика которой описывается следующей гипотезой.

Гипотеза 2. Короткая ставка изменяется в дискретном времени согласно формуле

$$r_{t+1} = \varphi \cdot r_t + \theta \cdot (1 - \varphi) + [w_0 + w_1 \cdot r_t]^{1/2} \cdot \varepsilon_{t+1}, \quad (1.2)$$

где $w_0 \geq 0$, $w_1 \geq 0$ и все ε_{t+1} независимые при различных t одинаково распределенные случайные величины и $\varepsilon_{t+1} \in N(0, 1)$. При $w_1 = 0$ модель переходит в

модель Васичека (1977), а при $w_0 = 0$ в дискретный аналог модели Кокса-Ингерсолла-Росса (CIR model, Cox, Ingersoll, Ross, 1985). Модель Васичека в физической литературе обычно называют моделью Орнштейна-Уленбека.

Гипотеза 3. Выполняется условие однопериодной безарбитражности рынка облигаций, т.е. цены n периодной облигации в момент t определяются условным математи-

ческим ожиданием дисконтированной цены $n - 1$ периодной облигации в момент $t = 1$:

$$b_t^n = E_t \{m_{t+1} \cdot b_{t+1}^{n-1}\}, \quad b_t^0 = 1 \quad \forall t \quad (1.3)$$

Здесь $E_t \{\dots\}$ подразумевает усреднение по мере, связанной с реализацией ε_{t+1} , а m_{t+1} -- стохастический дисконтный фактор, зависящий от ε_{t+1} .

Гипотеза 4. Стохастический дисконтный фактор определяется короткой ставкой r_t , случайной величиной ε_{t+1} и двумя константами δ и λ по следующей формуле:

$$-\ln m_{t+1} = \delta + \gamma \cdot r_t + \lambda \cdot [w_0 + w_1 \cdot r_t]^{1/2} \varepsilon_{t+1} \quad (1.4)$$

Из гипотезы 4 вытекает очевидное следствие.

Следствие 1. Случайная величина m_{t+1} имеет логнормальное условное распределение

$$\ln m_{t+1} \in N(-\delta - \gamma \cdot r_t, \lambda^2 \cdot [w_0 + w_1 \cdot r_t]), \quad (1.5)$$

и потому нетрудно доказать прямым вычислением, что логарифм среднего определяется средним от логарифма плюс половина дисперсии от логарифма:

$$\ln E_t \{m_{t+1}\} = E_t \{\ln m_{t+1}\} + \frac{1}{2} \cdot D\{\ln m_{t+1}\} = -\delta - \gamma \cdot r_t + \frac{\lambda^2}{2} [w_0 + w_1 \cdot r_t] \quad (2.6)$$

Следствие 2. Поскольку из гипотезы 3 и следствия 1 вытекает, что

$$\ln b_t^1 = \ln E_t \{m_{t+1} \cdot b_{t+1}^0\} = \ln E_t \{m_{t+1} \cdot 1\} = -\delta - \gamma \cdot r_t + \frac{\lambda^2}{2} [w_0 + w_1 \cdot r_t],$$

то для согласования с гипотезой 2 следует следующее равенство между константами:

$$\delta = \frac{\lambda^2}{2} \cdot w_0, \quad \gamma = 1 + \frac{\lambda^2}{2} \cdot w_1 \quad (1.7)$$

Следствие 3

$$\ln b_t^2 = -\theta \cdot (1 - \varphi) + (\lambda + \frac{1}{2}) \cdot w_0 + ((\lambda + \frac{1}{2}) \cdot w_1 - 1 - \varphi) \cdot r_t \quad (1.8)$$

Теорема. При выполнении гипотез 1-4 цена n - периодной облигации b_t^n зависит от времени t только

$$\text{через значение короткой ставки } r_t \\ -\ln b_t^n = A_n + B_n \cdot r_t; \quad (1.9)$$

при этом, коэффициенты A_n, B_n не зависят от времени.

Для этих коэффициентов справедлива система рекуррентных уравнений

$$A_{n+1} = A_n + [\theta \cdot (1 - \varphi) - w_0 \cdot \lambda] \cdot B_n - \frac{w_0}{2} \cdot B_n^2,$$

$$B_{n+1} = 1 + (\varphi - w_1 \cdot \lambda) \cdot B_n - \frac{w_1}{2} \cdot B_n^2,$$

$$A_0 = A_1 = 0, \quad B_0 = 0, \quad B_1 = 1. \quad (1.10)$$

Доказательство теоремы проведем методом математической индукции по n . Для $n = 0$ и $n = 1$, согласно формуле (2.8), утверждения (2.9)-(2.10) справедливы. Предположим, что они справедливы для n и докажем для $n + 1$

. Согласно гипотезе 3 о безарбитражности ценообразования облигаций

$$\begin{aligned} \ln b_t^{n+1} &= \ln E_t \{ m_{t+1} \cdot b_{t+1}^n \} = \\ &= \ln E_t \{ \exp(-\frac{\lambda^2}{2} \cdot w_0 - (1 + \frac{\lambda^2}{2} \cdot w_1) \cdot r_t - \lambda \cdot [w_0 + w_1 \cdot r_t]^{\frac{1}{2}} \cdot \varepsilon_{t+1} - A_n - B_n \cdot r_{t+1}) \} = \\ &= -A_n - B_n \cdot \theta \cdot (1 - \varphi) - \frac{\lambda^2}{2} \cdot w_0 - (1 + \frac{\lambda^2}{2} \cdot w_1 - \varphi \cdot B_n) \cdot r_t + \frac{1}{2} \cdot (\lambda + B_n)^2 \cdot [w_0 + w_1 \cdot r_t] = \\ &= -[A_n + B_n \cdot (\theta \cdot (1 - \varphi) - \lambda \cdot w_0) - \frac{w_0}{2} \cdot B_n^2] - [1 + \frac{w_1}{2} \cdot B_n^2 + (\varphi - \lambda \cdot w_1) \cdot B_n] \cdot r_t = \\ &= -A_{n+1} - B_{n+1} \cdot r_t. \end{aligned}$$

Сравнение двух последних строк показывает справедливость рекуррентных соотношений (1.10).

Для короткой ставки r_t , динамика которой моделируется уравнением (1.2), справедливы следующие соотношения

$$E_t \{ r_{t+n} \} = \varphi^n \cdot r_t + \theta \cdot (1 - \varphi^n) \quad (1.11)$$

$$D_t \{ r_{t+n} \} = w_0 \cdot \Psi_n^{(0)} + w_1 \cdot \Psi_n^{(1)} \cdot r_t + w_1 \cdot \Psi_n^{(2)} \cdot \theta \cdot (1 - \varphi) \quad (1.12)$$

где коэффициенты $\Psi_n^{(j)}$ $j = 0, 1, 2$ определены равенствами:

$$\begin{aligned} \Psi_j^{(0)} &= \sum_{k=0}^{j-1} \varphi^{2k} = \frac{1 - \varphi^{2j}}{1 - \varphi^2}, \quad \Psi_j^{(1)} = \sum_{k=j-1}^{2(j-1)} \varphi^k = \varphi^{j-1} \cdot \frac{1 - \varphi^j}{1 - \varphi} \\ \Psi_j^{(2)} &= \sum_{k=1}^{j-1} \Psi_k^{(1)} = \frac{1 - \varphi^{j-1} - \varphi^j + \varphi^{2j-1}}{(1 - \varphi) \cdot (1 - \varphi^2)}. \end{aligned}$$

2. Наблюдаемые переменные и латентный параметр λ

По смыслу используемых в данной работе непрерывных ставок, доходность к погашению n -периодной облигации в момент t определяется формулой

$$y_t^n = -\frac{1}{n} \cdot \ln b_t^n \quad (2.1)$$

В предлагаемой модели безарбитражного ценообразования (1.9) доходность определяется формулой

$$Y_t^n = -\frac{1}{n} \cdot \ln b_t^n = \frac{A_n + B_n \cdot r_t}{n} \quad (2.2)$$

Для обобщенной модели

$$\frac{A_n + B_n \cdot r_t}{n} = \frac{(\theta \cdot (1 - \varphi) - w_0 \cdot \lambda)}{n} \cdot \sum_{k=0}^{n-1} B_k - \frac{w_0}{2 \cdot n} \cdot \sum_{k=0}^{n-1} B_k^2 + \frac{B_n \cdot r_t}{n} \quad (2.3)$$

где B_n определяется рекуррентным соотношением

$$B_{n+1} = 1 + (\varphi - w_1 \cdot \lambda) \cdot B_n - \frac{w_1}{2} \cdot B_n^2, \quad B_0 = 0$$

В исходной модели параметр λ впервые появляется в (2.4) и определяет величину линейного влияния случайного фактора ε_{t+1} на $\ln m_{t+1}$. При $\lambda = 0$ стохастический дисконтный фактор (2.4) имеет вид $m_{t+1} = \exp(-r_t)$; в этом случае дисконтирование в момент t будущей цены в момент $t+1$ зависит только от текущей короткой ставки r_t без учета ее возможных изменений под действием случайного фактора ε_{t+1} . Согласно формуле (1.16) коэффициент корреляции $\ln m_{t+1}$ и r_{t+1} равен $\text{sign}(-\lambda)$ и, следовательно, он равен единице лишь при отрицательных

значениях λ . Поскольку этот параметр не относится к непосредственно наблюдаемым (измеряемым) величинам, будем называть его латентным параметром рассматриваемой модели, характеризующим отношение инвесторов (или, как говорят, рынка облигаций) к риску изменения короткой ставки в предстоящем периоде.

Текущая доходность к погашению n -периодной облигации (П.6) в рассматриваемой модели выражается формулой:

$$\begin{aligned} Y_t^n &= \frac{A_n + B_n \cdot r_t}{n} = \left(\theta - \frac{w_0}{1 - \varphi} \left(\lambda + \frac{1}{2 \cdot (1 - \varphi)} \right) \right) + \\ &+ \left(r_t - \theta + \frac{w_0}{1 - \varphi} \left(\lambda + \frac{1}{(1 - \varphi)} \right) \right) \cdot \frac{B_n}{n} - \frac{w_0}{2 \cdot (1 - \varphi)^2} \cdot \frac{1 - \varphi^{2n}}{(1 - \varphi^2) \cdot n}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Величина Y_t^n монотонно растет с ростом n в области значений параметров

$$\theta - r_t > \frac{w_0}{1 - \varphi} \cdot \left(\lambda + \frac{1}{1 - \varphi} \right) \quad (2.9)$$

В этом неравенстве все параметры модели, кроме r_t ,

являются константами; величина же r_t изменчива. Если инвесторы определяют параметр риска неравенством $\lambda < \frac{-1}{1 - \varphi} - \frac{1 - \varphi}{w_0} \cdot (\max_t r_t - \theta)$,

это приведет к монотонному росту доходности бескупонных облигаций во времени до погашения не только для средних доходностей $E\{Y_t^n\}$, но и для текущих доходностей Y_t^n .

Предыдущий анализ влияния латентного параметра риска λ приводил лишь к некоторым оценкам сверху для ситуаций, которые часто встречаются на рынке. Поскольку параметр λ определяется в рассматриваемой модели инвесторами, можно интерпретировать его как подгоночный параметр для согласования вычисленных безарбитражных и реально наблюдаемых доходностей бескупонных облигаций всех рассматриваемых сроков погашения.

Реализацию этой программы нетрудно провести в частном случае модели Васичека ($w_1 = 0$).

Рассмотрим целевую функцию $\Phi(\lambda)$ для подгонки латентной переменной λ по наблюдаемым данным доходностей y_t^n :

$$\Phi(\lambda) = \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T (Y_t^n - y_t^n)^2 = \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T \left(\frac{A_n + B_n \cdot r_t}{n} - y_t^n \right)^2 \quad (2.10)$$

Т.к. Y_t^n является линейной функцией латентного параметра λ , то функция $\Phi(\lambda)$ является положительно определенной квадратичной функцией λ , минимальное значение которой достигается при $\lambda = \lambda^*$:

$$\begin{aligned} \lambda^* &= \frac{1 - \varphi}{w_0} \cdot \left(\theta - \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T r_t \right) - \\ &- \frac{1 - \varphi}{w_0} \cdot \left(\sum_{n=1}^N \left(1 - \frac{B_n}{n} \right) \cdot \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T (y_t^n - r_t) \right) \cdot \left(\sum_{n=1}^N \left(1 - \frac{B_n}{n} \right)^2 \right)^{-1} - \\ &- \frac{1}{2 \cdot (1 - \varphi)} \cdot \left(1 - \left(\sum_{n=1}^N \left(1 - \frac{B_n}{n} \right) \cdot \left(\frac{B_n}{n} - \frac{B_n^2}{n} \right) \right) \cdot \left(\sum_{n=1}^N \left(1 - \frac{B_n}{n} \right)^2 \right)^{-1} \right) \end{aligned} \quad (2.11)$$

(здесь использовано обозначение $BB_n = (1 - \varphi^{2n}) \cdot (1 - \varphi^2)^{-1}$).

Список литературы:

1. Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики. Т.1. Факты, Модели. М.: Фазис, 1998, 512 с. Том 2. Теория. М.: Фазис, 1998, 543 с.
2. Cochrane J. Asset Pricing. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 2005.
3. Duffie D., R. Kan. A yield-factor model of interest rates. Mathematical Finance, 6, 1996, pp. 379 – 406.
4. Vasicek O., An equilibrium characterization of the term structure. Journal of Financial Econometrics, 1977, Vol.5, p. 177-188.
5. Cox J.C., Ingersoll J., Ross S., A., A theory of the term structure of interest rates, Econometrica, 1985, 53, p. 385-407.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О СТРУКТУРЕ ДВОЙНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЛОЯ В ПОПЕРЕЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Н.В. Шумилин

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

Предложен алгоритм решения задачи о структуре двойного электрического слоя в поперечном магнитном поле. Алгоритм включает рассмотрение движения ионов в рамках модели холодной плазмы, а движение электронов – с помощью бесстолкновительного кинетического уравнения. Начальная функция распределения электронов на катодной границе слоя считалась изотропной в пространстве скоростей максвелловской функцией.

Введение

Плазменные двигатели на основе электрического газового разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях с замкнутым дрейфом электронов принято называть холловскими электрическими ракетными двигателями (ЭРД). В настоящее время ЭРД такого типа широко используются в качестве двигателей коррекции орбиты долгоживущих космических аппаратов [1-5].

В холловских ЭРД рабочий газ подается в разрядную камеру, где подвергается интенсивному ионизационному выгоранию под действием потока ускоренных (холловских) электронов. Образовавшиеся при этом ионы ускоряются электрическим полем в слое пространственного заряда. Импульс передается на корпус холловского двигателя вследствие взаимодействия азимутального холловского тока электронов с внешним магнитным полем. Так как в процессе ионизации рабочего газа принимает участие лишь незначительная доля холловских электронов, то их движение можно считать бесстолкновительным.

Ускорение ионов в холловских ЭРД происходит в двойном электрическом слое. Движение заряженных частиц в двойных электрических слоях в поперечном магнитном поле интенсивно исследовалось начиная с 50-х годов XX века в связи с проблемой удержания плазмы в магнитном поле [6-8]. Однако двойной слой в холловских ЭРД имеет свою специфику. Основное отличие от исследованных ранее случаев заключается в малом размагничивании, то есть близком к единице отношении магнитных полей на краях слоя.

В работе [9] в рамках модели холодной плазмы рассмотрена задача о структуре двойного электрического слоя применительно к условиям разряда в холловском ЭРД. Описание бесстолкновительного электронного потока в скрещенных электрическом и магнитном полях с помощью модели холодной плазмы имеет ряд серьезных недостат-

ков. Очевидно, что в модели холодной плазмы существует так называемый эффект «отсечки» электронов; концентрация электронов в области отсечки стремится к бесконечности. Кинетическое рассмотрение аналогичных задач часто качественно меняет зависимость концентрации электронов от координаты. В частности в [10] применительно к задаче о структуре электронного облака вблизи нагретой металлической поверхности в магнитном поле было показано, что концентрация электронов монотонно уменьшается при удалении от поверхности, в то время как модель холодной плазмы приводит к монотонному росту концентрации.

В настоящей работе аналогично [9] рассматривается задача о структуре двойного электрического слоя применительно к условиям разряда в холловском ЭРД. Предложен алгоритм, в рамках которого движение ионов по-прежнему описывается моделью холодной плазмы, а движение электронов описывается с помощью бесстолкновительного кинетического уравнения.

Постановка задачи

Рассматривается система, состоящая из уравнения Пуассона и уравнения для ротора магнитного поля. Пусть электрическое поле антипараллельно оси z ($\mathbf{E} = (0, 0, E(z))$, $E(z) \leq 0$), а магнитное поле направлено вдоль оси y ($\mathbf{H} = (0, H(z), 0)$). Считая, что магнитное поле на ионы не действует, запишем

$$\frac{d^2 \varphi(z)}{dz^2} = 4\pi e (\langle n_e \rangle - \langle n_i \rangle), \quad (1)$$

$$\frac{d^2 A(z)}{dz^2} = \frac{4\pi e}{c} \langle n_e v_x \rangle, \quad (2)$$

где $\varphi(z)$ – электрический потенциал; $A(z)$ – x -компонента векторного потенциала; c – скорость света в вакууме; e – абсолютное значение элементарного заряда; $\langle n_e \rangle$, $\langle n_i \rangle$ – концентрации электронов и ионов в слое, соответственно; $e \langle n_e v_x \rangle$ – плотность холловского тока.

В качестве граничных условий для системы уравнений (1) – (2) мы использовали следующие соотношения на катодной границе слоя ($z = 0$)

$$\varphi(0) = 0 ; E(0) = 0 ; \quad (3)$$

$$A(0) = 0 ; H(0) = H_0. \quad (4)$$

В качестве дополнительных граничных условий мы принимаем заданное значение потенциала и нулевое значение электрического поля на анодной границе слоя. Иными словами мы рассматриваем распределение электрического потенциала типа двойного слоя, то есть наряду с (3) – (4) предполагаем, что на некотором расстоянии $z = L$ потенциал достигает значения φ_0

$$\varphi(L) = \varphi_0, \quad (5)$$

а электрическое поле становится нулевым

$$E(L) = 0. \quad (6)$$

Такая ситуация возникает, если интегральный пространственный заряд на отрезке от нуля до L равен нулю (интегральная зарядовая нейтральность)

$$\int_0^L (\langle n_e \rangle - \langle n_i \rangle) dz = 0. \quad (7)$$

Влиянием магнитного поля на движение ионов мы пренебрегаем. Так же мы считаем, что под действием магнитного поля все электроны, вылетевшие с катодной поверхности ($z = 0$), возвращаются обратно. Формально это означает, что

$$A(\infty) = \infty. \quad (8)$$

Мы считаем, что при $z \geq L$ имеется эквипотенциальное пространство, находящееся под потенциалом φ_0 относительно катода, в котором электроны движутся только под действием магнитного поля.

Алгоритм решения задачи

В рамках модели холодной плазмы для концентрации ионов можем записать

$$\langle n_i \rangle = \frac{j_i}{e \sqrt{\frac{2e}{M} (\varphi_0 - \varphi(z))}}, \quad (9)$$

где $j_i = const$ – плотность ионного тока; M – масса ионов.

В работе [10] рассмотрена задача о бесстолкновительном электронном потоке в скрещенных электрическом и магнитном полях. Получено общее решение кинетического уравнения для изотропной в пространстве скоростей начальной функции распределения. Для максвелловской начальной функции распределения

$$f_0 = f(z, v_x, v_y, v_z)|_{z=0} = n_0 \left(\frac{m}{2\pi T_0} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv^2}{2T_0}\right), \quad (10)$$

где $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$, полученное в [10] решение примет вид

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(z, v_x, v_y, v_z) dv_y = n_0 \frac{m}{2\pi T_0} \exp\left[-\frac{m}{2T_0} (v_x^2 + v_z^2) + \frac{e\varphi(z)}{T_0}\right], \quad (11)$$

где $f(z, v_x, v_y, v_z)$ – функция распределения электронов; v_x, v_y, v_z – электронные скорости вдоль осей декартовых координат; T_0 – температура катодных электронов; n_0 – концентрация электронов на катодной поверхности; m – масса электрона.

Таким образом, для концентрации электронов и плотности холловского тока имеем

$$\langle n_e \rangle = n_0 \frac{m}{2\pi T_0} \exp\left[\frac{e\varphi(z)}{T_0}\right] \cdot \int_{\Gamma(z)} \exp\left[-\frac{m}{2T_0} (v_x^2 + v_z^2)\right] dv_x dv_z, \quad (12)$$

$$\langle n_e v_x \rangle = n_0 \frac{m}{2\pi T_0} \exp\left[\frac{e\varphi(z)}{T_0}\right] \cdot \int_{\Gamma(z)} \exp\left[-\frac{m}{2T_0} (v_x^2 + v_z^2)\right] v_x dv_x dv_z, \quad (13)$$

где область интегрирования $\Gamma(z)$ определяется неравенством

$$v_z^2 + v_x \frac{2e}{mc} A(z) - \frac{2e}{m} \varphi(z) - \left(\frac{e}{mc} A(z)\right)^2 \geq 0. \quad (14)$$

Введем безразмерные переменные

$$\eta(z) = \frac{e\varphi(z)}{T_0}; \quad a(z) = \frac{eA(z)}{mc} \sqrt{\frac{m}{2T_0}}; \quad s = \frac{eH_0}{mc} \sqrt{\frac{m}{2T_0}} z;$$

$$\kappa = \frac{n_0}{n_B}; \quad n_B = \frac{H_0^2}{4\pi mc^2}; \quad \alpha = \frac{j_i}{2j_{e0}} \sqrt{\frac{M}{m}};$$

$$j_{e0} = \frac{en_0}{4} \sqrt{\frac{8T_0}{\pi m}}.$$

Тогда исходные уравнения (1) – (2) примут вид

$$\frac{d^2}{ds^2} (\eta(s)) = 2\kappa \left(\frac{\langle n_e \rangle}{n_0} - \frac{\alpha}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{\sqrt{\eta_0 - \eta(s)}} \right),$$

$$\frac{d^2 a(s)}{ds^2} = 2\kappa \frac{T_0}{mc^2} \frac{\langle n_e v_x \rangle}{n_0 \sqrt{2T_0/m}}. \quad (16)$$

Итак, решается следующая задача. Имеются два дифференциальных уравнения второго порядка относительно функций $\eta(s)$ и $a(s)$. Значения параметров η_0 и T_0/mc^2 заданы

$$\eta_0 = \frac{e\varphi_0}{T_0} = \frac{100}{\pi}; \quad \frac{T_0}{mc^2} = 2\pi \cdot 10^{-6}. \quad (17)$$

Зависимости $\langle n_e \rangle/n_0$ и $\langle n_e v_x \rangle/n_0 \sqrt{2T_0/m}$ от функций $\eta(s)$ и $a(s)$ задаются с помощью (12) и (13).

Граничные условия определяются в некоторой близкой к нулю точке $s = s_1$ с помощью соотношений

$$\eta(s_1) = \kappa \left(1 - \frac{\alpha}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{\sqrt{\eta_0}} \right) s_1^2 - \kappa \frac{8\sqrt{2}}{15\pi} \Gamma(3/4) s_1^{5/2}, \quad (18)$$

$$\frac{d\eta}{ds} \Big|_{s=s_1} = 2\kappa \left(1 - \frac{\alpha}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{\sqrt{\eta_0}} \right) s_1 - \kappa \frac{4\sqrt{2}}{3\pi} \Gamma(3/4) s_1^{3/2}, \quad (19)$$

$$a(s_1) = s_1 + \kappa \frac{T_0}{mc^2} \frac{4}{15\Gamma(3/4)} s_1^{5/2}, \quad (20)$$

$$\frac{da}{ds} \Big|_{s=s_1} = 1 + \kappa \frac{T_0}{mc^2} \frac{2}{3\Gamma(3/4)} s_1^{3/2}. \quad (21)$$

Точка $s = s_1$ выбирается таким образом, чтобы не влиять на результат решения задачи.

Процесс решения заключается в следующем. Задается параметр κ . Далее, два параметра α и s_L подбираются таким образом, чтобы выполнялись два условия

$$\eta(s_L) = \eta_0, \quad (22)$$

и

$$\frac{d\eta}{ds} \Big|_{s=s_L} = 0. \quad (23)$$

Предложенный алгоритм был успешно протестирован на задачах с известными решениями.

Заключение

В работе предложен алгоритм решения задачи о структуре двойного электрического слоя в поперечном магнитном поле. Этот алгоритм включает рассмотрение движения ионов в рамках модели холодной плазмы, а движение электронов – с помощью бесстолкновительного кинетического уравнения. При этом начальная функция распределения электронов на катодной границе слоя считалась изотропной в пространстве скоростей максвелловской функцией.

Список литературы:

1. Dan M. Goebel and Ira Katz. Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters. Wiley-Blackwell. 2008. 508 pp.
2. Гришин С.Д., Лесков Л.В. Электрические ракетные двигатели космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1989. 216 с.
3. Гришин С.Д. Ионные и плазменные ракетные двигатели. В кн.: Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Т. IV. М.: Наука, 2000. С. 291.
4. Морозов А.И. Физические процессы в СПД. В кн.: Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Т. III. М.: Наука, 2000. С. 443.
5. Горшков О.А., Муравлёв В.А., Шагайда А.А. Холловские и ионные плазменные двигатели для космических аппаратов. М.: Машиностроение, 2008. 280 с.

6. Erich S. Weibel. On the Confinement of a Plasma by Magnetostatic Fields. The Physics of Fluids. Vol. 2, No. 1, pp. 52-56. 1959.

7. Bruno Bertotti. Theory of an Electrostatic Probe in a Strong Magnetic Field. The Physics of Fluids. Vol. 4, No. 8, pp. 1047-1052. 1961.

8. Harold Grad. Boundary Layer between a Plasma and a Magnetic Field. The Physics of Fluids. Vol. 4, No. 11, pp. 1366-1375. 1961.

9. Власов М.А., Жаринов А.В., Коваленко Ю.А. К теории разряда в скрещенных полях. ЖТФ. 2001. Т. 71. Вып.12. С. 34.

10. Шумилин Н.В., Шумилин В.П., Чумаченко Е.Н. Кинетическое описание бесстолкновительного электронного потока в скрещенных электрическом и магнитном полях. Вестник Воронежского государственного технического университета, том 7, №11.2, стр. 134-136, 2011.

ВОПРОСЫ АНАЛИЗА СПЕКТРА СЛУЧАЙНЫХ СИММЕТРИЧЕСКИХ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

*В.А. Миронова
Общественные кафедры,
кафедра «Высшая Математика»*

Пусть S_n - множество симметрических булевых функций от n переменных $f(\bar{x})$, $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in V_n = \{0, 1\}^n$, т.е. таких функций, которые принимают одно и то же значение на всех векторах \bar{x} одинакового веса $\|\bar{x}\| = \sum_{i=1}^n x_i$. Симметрические булевы функции находят широкое применение в теории кодирования и криптографии, и их анализу посвящено значительное число работ.

Обозначим $f(\bar{x}) = f_k$, если $\|\bar{x}\| = k$, $k = 0, 1, \dots, n$. Тогда функция f представляется в виде двоичного вектора $\bar{f}_n = (f_0, f_1, \dots, f_n)$.

Рассматривается спектр Волиша (далее – просто спектр) произвольной такой функции:

$$w^f(\bar{u}) = \sum_{\bar{x} \in V_n} f(\bar{x}) (-1)^{(\bar{u}, \bar{x})}, \quad \bar{u} \in V_n$$

Функция $w^f(\bar{u})$, $\bar{u} \in V_n$, также является симметрической, поэтому, обозначив $w^f(\bar{u}) = w_m^f$, если $\|\bar{u}\| = m$, будем далее под спектром симметрической

функции f понимать вектор

$$\bar{w}_n^f = (w_0^f, w_1^f, \dots, w_n^f).$$

Спектральные коэффициенты w_m^f симметрической функции f можно записать в виде

$$w_m^f = \sum_{k=0}^n f_k P_k(m; n), \quad m = 0, 1, \dots, n.$$

Здесь $\sum_j (-1)^j \binom{m}{j} \binom{n-m}{k-j} = P_k(m; n)$, где $P_k(m; n)$ – известные в анализе многочлены Кравчука.

В работе исследуются различные вероятностные свойства спектра $\bar{w}_n^f = (w_0^f, w_1^f, \dots, w_n^f)$ случайной симмет-

рической булевой функции f в следующей стохастической модели: компоненты вектора $\bar{f}_n = (f_0, f_1, \dots, f_n)$ независимы и принимают значения 0 и 1 с вероятностями соответственно q и p . Выводится характеристическая функция спектра, с помощью которой находятся моменты спектра и распределения (точные и асимптотические при больших значениях n) различных его характеристик. Существенную роль при этом играют свойства многочленов Кравчука, как известные, так и новые, полученные впервые в процессе этого анализа.

Список литературы:

1. A. Cantautaud and M. Wideau. Symmetric Boolean Function. – IEEE Trans. Inf. Theory, 2005, 51, p. 2791-2811.

2. S. Sarkar and S. Maitra. Efficient search for symmetric Boolean functions under constraints on Walsh spectra values. – Boolean Functions: Cryptography and Applications 2006, (BFCA'06), Rouen France. p. 29-49.

3. Г. Бэйтмен, А. Эрдейи. Высшие трансцендентные функции. – М., "Наука", 1965.

ИОНИЗАЦИЯ ДВУМЕРНОЙ КВАНТОВОЙ ТОЧКИ ПОЛЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ

*Д.Н. Раевский
факультет Прикладной математики и кибернетики*

Исследован процесс ионизации двумерной квантовой точки полем линейно-поляризованной электромагнитной волны. Впервые получены аналитические выражения для скорости ионизации и парциальных вероятностей процесса в единицу времени. Изучена зависимость вероятности процесса от параметров удерживающего потенциала и параметра Келдыша. Проведено сравнение результатов работы с полученными ранее для одномерных и трехмерных наноструктур с короткодействующим удерживающим потенциалом.

В последние годы актуально исследование квантовых эффектов в низкоразмерных наноструктурах. Переход к системам пониженной размерности приводит к новым физическим результатам, которые отличаются как качественно, так и количественно от аналогичных эффектов в трехмерном случае. В связи с этим возрастает потребность детального количественного описания свойств низкоразмерных систем во внешних электромагнитных полях.

Развитие нанотехнологий и успехи в создании мощных источников когерентного излучения стимулируют теоретические и экспериментальные исследования процесса ионизации наноструктур в интенсивных электромагнитных полях [1-3].

В настоящей работе впервые исследован процесс ионизации двумерной квантовой точки в переменном электрическом поле, удерживающий потенциал которой моделируется потенциальной ямой:

$$U(\rho) = \begin{cases} -U_0, \rho = \sqrt{x^2 + y^2} < a, \\ 0, \rho > a, \end{cases} \quad (1)$$

где a - радиус квантовой точки, U_0 - глубина ямы. Такой вид двумерного удерживающего потенциала используется в случае формирования квантовой точки методом травления [4].

Пусть линейно-поляризованная электромагнитная волна распространяется в направлении оси OZ, т.е. перпендикулярно к плоскости квантовой точки, а длина волны много больше радиуса a ямы. Тогда электрическое поле можно считать однородным и направленным вдоль оси OX:

$$E(t) = F \cos \omega t, \quad (2)$$

где F – амплитуда напряженности, ω – частота волны.

Энергию связи электрона в двумерной квантовой точке обозначим через $\omega_0 = \kappa^2 / 2$, а действием магнитного поля волны на нерелятивистский электрон будем пренебрегать.

Если напряженность электрического поля волны удовлетворяет условию

$$Fa \ll \kappa^2 < 2U_0, \quad (3)$$

то в первом приближении можно пренебречь влиянием поля волны на движение электрона в потенциальной яме ($F \ll U_0 / a$).

Рассмотрим нестационарное уравнение Шредингера в двумерной потенциальной яме (1) в присутствии переменного электрического поля (2):

$$i \frac{\partial \psi(\vec{r}, t)}{\partial t} = (H_0 - Fx \cos \omega t) \psi(\vec{r}, t), \quad (4)$$

здесь H_0 – гамильтониан электрона в свободном случае, когда нет переменного электрического поля

$$H_0 = -\frac{1}{2} \Delta_2 + U_0(\rho). \quad (5)$$

Пусть в начальный момент времени электрон находился в основном состоянии с энергией $E_0 \equiv -\frac{\kappa^2}{2}$. Решение стационарного уравнения Шредингера для основного состояния электрона в двумерной потенциальной яме (1) имеет вид:

$$\psi_0(\rho) = B \begin{cases} \frac{K_0(\kappa a)}{J_0(\lambda a)} J_0(\lambda \rho), \rho < a \\ K_0(\kappa \rho), \rho > a \end{cases}, \quad (6)$$

где $J_0(x)$ и $K_0(x)$ – функции Бесселя и Макдональда нулевого порядка и приняты обозначения

$$\kappa = \sqrt{2|E_0|}, \quad \lambda = \sqrt{2(U_0 - |E_0|)},$$

$$B = \frac{1}{\sqrt{\pi a} K_1(\kappa a)} \left(\frac{U_0 - |E_0|}{U_0} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (7)$$

Условия непрерывности волновой функции и ее производной в точке $\rho = a$ приводят к уравнению

$$\frac{\lambda J_0'(\lambda a)}{J_0(\lambda a)} = \frac{\kappa K_0'(\kappa a)}{K_0(\kappa a)}, \quad (8)$$

решение которого определяет энергию E_0 ($-U_0 < E_0 < 0$) основного состояния электрона.

При выполнении условия (3) отличие точной волновой функции $\Psi(\vec{r}', t')$ от функции $\psi_0(\vec{r}', t')$ задаваемой формулой (6), пренебрежимо мало в области $\rho' < a$, а при $\rho' > a$ (a – радиус квантовой точки) функция $U(\rho')$ равна нулю. Тогда функцию $\psi(\vec{\rho}', t')$ при выполнении условия (3) можно в первом приближении заменить на волновую функцию (6) связанного состояния электрона в квантовой точке для свободного случая.

В результате функция $\Psi(\vec{\rho}', t')$ представляется в виде

$$\begin{aligned} \psi(\vec{\rho}, t) &= \frac{i}{(2\pi)^2} \int_{-\infty}^t dt_2 \int d\vec{p}_2 \exp\{i[\vec{p}_2 \vec{\rho} + \frac{F}{\omega} x \sin \omega t - \\ &- \frac{1}{2} \vec{p}_2^2 (t - t_2) + \frac{p_2 x F}{\omega^2} (\cos \omega t - \cos \omega t_2) - \frac{\kappa^2}{2} t - \\ &- \frac{1}{2} \left(\frac{F}{\omega} \right)^2 \left[\frac{t - t_2}{2} - \frac{1}{4\omega} (\sin 2\omega t - \sin 2\omega t_2) \right]]\} g(\vec{\xi}(t_2)), \end{aligned} \quad (9)$$

где

$$g(\vec{\xi}(t)) = \pi a B [\xi^2 + \kappa^2] \left[\frac{1}{\xi^2 - \lambda^2} + \frac{1}{\xi^2 + \kappa^2} \right] \left[\xi J_1(\xi a) K_0(\kappa a) - \kappa J_0(\xi a) K_1(\kappa a) \right], \quad \xi \equiv \sqrt{\vec{\xi}^2(t_2)}, \quad (10)$$

а величина B задается формулой (7).

Для вычисления вероятности ионизации в единицу времени надо вычислить полный поток частиц через бесконечно удаленные ($x \rightarrow \pm\infty$) от центра квантовой точки прямые, перпендикулярные оси Ox .

В предельном случае $\omega \ll \omega_0$, когда для ионизации требуется поглощение большого числа фотонов, для вероятности n -квантовой ионизации получаем формулу

$$w_n(F, \omega) = \frac{1}{(2\pi)^2} C \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right) \frac{\gamma}{\sqrt{\gamma^2 + 1}} \exp \left[-\frac{2\omega_0}{\omega} f(\gamma) \right] * e^{-\alpha(n-v)} \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt{t}} \frac{e^{-\beta(n-v)t}}{\sqrt{1-t}}, \quad (11)$$

где приняты обозначения

$$\alpha = 2 \left[\text{Arsh} \gamma - \frac{\gamma}{(1+\gamma^2)^{1/2}} \right], \quad \beta = \frac{2\gamma}{(1+\gamma^2)^{1/2}}. \quad (12)$$

В отличие как от одномерной модельной задачи об ионизации связанного уровня в поле короткодействующих сил [6,2], так и от аналогичной задачи в трехмерном случае [6-7], в рассматриваемом нами двумерном случае формула (26) допускает точное проведение суммирования по квантовому числу n :

$$w = \sum_{n \geq v} w_n(F, \omega) = \frac{1}{(2\pi)^2} C \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right) \frac{\gamma}{\sqrt{1+\gamma^2}} \exp \left\{ -\frac{2\omega_0}{\omega} f(\gamma) \right\} * \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt{t-t^2} (1-e^{-(\alpha+\beta t)})}, \quad (13)$$

Другой характерный только для двумерной задачи результат состоит в том, для вероятности ионизации с поглощением n фотонов в квазиклассическом приближении, когда выполнены условия

$$F \ll F_0 = \kappa^3, \quad \frac{\omega_0}{\omega} \ll 1, \quad (14)$$

где $F_0 = \kappa^3$ – характерная величина размерности поля для связанной системы, также удается получить точное аналитическое представление:

$$w_n(F, \omega) = C \frac{1}{4\pi} \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right) \frac{\gamma}{\sqrt{1+\gamma^2}} \exp \left[-\frac{2\omega_0}{\omega} f(\gamma) \right] * e^{-(n-v)[\alpha + \frac{\beta}{2}]} I_0 \left(\frac{1}{2} \beta (n-v) \right), \quad (15)$$

Основными результатами работы являются впервые полученные аналитические формулы, описывающие процесс нелинейной ионизации двумерной квантовой точки полем электромагнитной волны. В квазиклассическом приближении получены аналитические выражения для скорости фотоионизации и парциальных вероятностей процесса ионизации квантовой точки в единицу времени для любых значений параметра Келдыша и параметров удерживающего потенциала (формулы (13) и (15)). Следует отметить, что в одномерном, как и в трехмерном случае, такие аналитические зависимости не удается получить. Зависимости скорости ионизации от параметра Келдыша, радиуса квантовой точки и глубины ямы представлены на рисунке 1. Проведено сравнение результатов работы с найденными ранее для одномерных и трехмерных наноструктур с короткодействующим удерживающим потенциалом. В адиабатическом приближении в формуле для веро-

ятности ионизации зависимость предэкспоненциального множителя от напряженности электрического поля и размерности наноструктуры определяется множителем $(F/F_0)^{n/2}$, где n - размерность системы.

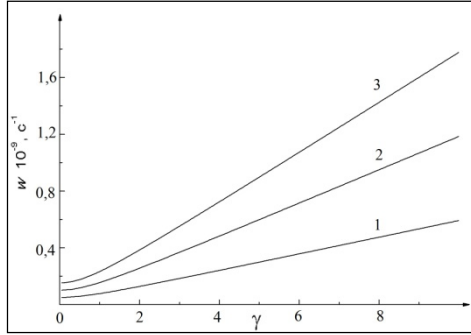


Рис. 1. Зависимость скорости ионизации от параметра Келдыша, радиуса квантовой точки и глубины ямы: 1 - $a=10$ нм, $U_0=0,06$ эВ; 2 - $a=20$ нм, $U_0=0,015$ эВ; 3 - $a=30$ нм, $U_0=0,004$ эВ.

Список литературы:

1. Попруженко, В.Д. Мур, В. С. Попов, Д. Бауэр ЖЭТФ 135 6, 1092 (2009)
2. В.Я. Демиховский, Г.А. Вугальтер, Физика квантовых низкоразмерных структур, М.: Логос, (2001)
3. П.А. Эминов, С.В. Гордеева, Квантовая электроника 42 (8), 733 (2012)
4. S. Sikorsky, Ch. Merkt, Phys. Rev. Lett., 62 (18), 2164 (1987)
5. Л.В. Келдыш, ЖЭТФ 47, 1945 (1964)
6. А.М. Переломов, В.С. Попов, М. В. Терентьев ЖЭТФ 50, 1393; 51, 309 (1966)
7. В.С. Попов УФН 174, 9 (2004)

ВАРИАНТ МОДИФИКАЦИИ МЕТОДА СОПРЯЖЁННОГО ОПЕРАТОРА НА ПРИМЕРЕ ДВУХТОЧЕЧНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ОБ ИЗГИБЕ ТОНКОСТЕННОЙ ТРУБЫ

А.С. Гаммал

факультет Прикладной математики и кибернетики

Предложена модификация метода сопряжённого оператора для решения двухточечных краевых задач с нелинейной правой частью и линейными краевыми условиями на примере задачи об изгибе тонкостенной трубы [1]. Модифицированный метод может быть отнесён к классу итерационных методов пристрелки. Для вычисления параметров пристрелки используются решение сопряжённого уравнения и соотношение, связывающее значения решения исходной задачи в краевых точках аналогичные тем, что используются в методе сопряжённого оператора для линейных задач [1,2].

При рассмотрении конечного изгиба тонкостенной трубы получается следующая граничная задача

$$d^2\beta/d\xi^2 = \alpha^2 f \sin(\xi + \beta), \quad d^2f/d\xi^2 = \cos(\xi + \beta), \quad (1)$$

$$df(0)/d\xi = \beta(0) = f(\pi/2) = \beta(\pi/2) = 0. \quad (2)$$

Таким образом, необходимо найти функции $\beta(\xi)$ и $f(\xi)$, удовлетворяющие дифференциальным уравнениям (1) и краевым условиям (2). Для применения предлагаемой модификации метода удобно произвести стандартную замену

$$x_1 = \beta, \quad x_2 = d\beta/d\xi, \quad x_3 = f, \quad x_4 = df/d\xi, \quad t = \xi. \quad (3)$$

Тогда задачу (1), (2) можно переписать в векторном виде

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{g}(t, \mathbf{x}), \quad (4)$$

$$\mathbf{G}\mathbf{x}(0) + \mathbf{H}\mathbf{x}(\pi/2) = \mathbf{0}, \quad (5)$$

где

$$\mathbf{x}(t) = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{g}(t, \mathbf{x}) = \begin{pmatrix} x_2 \\ \alpha^2 x_3 \sin(t + x_1) \\ x_4 \\ \cos(t + x_1) \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{G} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{H} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Уравнение (4) приводится к квазилинейному виду

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}(t, \mathbf{x})\mathbf{x} + \mathbf{b}(t, \mathbf{x}), \quad (6)$$

где $\mathbf{A}(t, \mathbf{x}) = \frac{d\mathbf{g}}{d\mathbf{x}^T}$, $\mathbf{b}(t, \mathbf{x}) = \mathbf{f}(t, \mathbf{x}) - \mathbf{A}(t, \mathbf{x})\mathbf{x}$,

а $d\mathbf{g}/d\mathbf{x}^T$ - матрица Якоби функции $\mathbf{g}(t, \mathbf{x})$ по вектору \mathbf{x} . В общем случае матрицу $\mathbf{A}(t, \mathbf{x})$ можно пробовать выбирать достаточно произвольным образом.

Аналогично методу сопряжённого оператора для линейной задачи записывается сопряжённое уравнение для (6), то есть уравнение вида

$$\dot{\mathbf{y}} = -\mathbf{A}^T(t, \mathbf{x})\mathbf{y}(t), \quad (7)$$

решение $\mathbf{y}(t)$, которого, является вектор-функцией со значениями в \mathbf{R}^4 .

Тогда для скалярной функции $y^T(t)x(t)$ непосредственным дифференцированием по t , с учётом (6) и (7) можно получить

$$\frac{d(\mathbf{y}^T \mathbf{x})}{dt} = \mathbf{y}^T \mathbf{b}. \quad (8)$$

Интегрирование последнего уравнения по t от t_0 до T приводит к следующему соотношению

$$\mathbf{y}^T(T)\mathbf{x}(T) - \mathbf{y}^T(t_0)\mathbf{x}(t_0) = \int_{t_0}^T \mathbf{y}^T \mathbf{b} dt. \quad (8)$$

Далее выбирается множество из четырёх векторов $S = \{\mathbf{y}_T^i \in \mathbf{R}^4 \mid i = \overline{1,4}\}$, с помощью которого ставится ряд задач Коши для сопряжённого уравнения (7)

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{y}}^1 &= -\mathbf{A}^T \mathbf{y}^1, & \mathbf{y}^1(T) &= \mathbf{y}_T^1, \\ \dot{\mathbf{y}}^2 &= -\mathbf{A}^T \mathbf{y}^2, & \mathbf{y}^2(T) &= \mathbf{y}_T^2, \\ \dot{\mathbf{y}}^3 &= -\mathbf{A}^T \mathbf{y}^3, & \mathbf{y}^3(T) &= \mathbf{y}_T^3, \\ \dot{\mathbf{y}}^4 &= -\mathbf{A}^T \mathbf{y}^4, & \mathbf{y}^4(T) &= \mathbf{y}_T^4. \end{aligned} \quad (9)$$

Для каждого из решений $\mathbf{y}^i(t)$ записанного набора задач Коши (9) справедливо соотношение (8):

$$\begin{aligned} (\mathbf{y}^1(T))^T \mathbf{x}(T) - (\mathbf{y}^1(t_0))^T \mathbf{x}(t_0) &= \int_{t_0}^T (\mathbf{y}^1(t))^T \mathbf{b} dt, \\ (\mathbf{y}^2(T))^T \mathbf{x}(T) - (\mathbf{y}^2(t_0))^T \mathbf{x}(t_0) &= \int_{t_0}^T (\mathbf{y}^2(t))^T \mathbf{b} dt, \\ (\mathbf{y}^3(T))^T \mathbf{x}(T) - (\mathbf{y}^3(t_0))^T \mathbf{x}(t_0) &= \int_{t_0}^T (\mathbf{y}^3(t))^T \mathbf{b} dt, \\ (\mathbf{y}^4(T))^T \mathbf{x}(T) - (\mathbf{y}^4(t_0))^T \mathbf{x}(t_0) &= \int_{t_0}^T (\mathbf{y}^4(t))^T \mathbf{b} dt. \end{aligned} \quad (10)$$

Обозначив

$$\mathbf{Y}(t) = \begin{pmatrix} (\mathbf{y}^1(t))^T \\ (\mathbf{y}^2(t))^T \\ (\mathbf{y}^3(t))^T \\ (\mathbf{y}^4(t))^T \end{pmatrix},$$

ряд задач Коши (9) может быть переписан в матричном виде

$$\dot{\mathbf{Y}}^T = -\mathbf{A}^T(t, \mathbf{x})\mathbf{Y}^T(t), \quad \mathbf{Y}^T(T) = \mathbf{Y}_T^T,$$

или, транспонировав последние выражения

$$\dot{\mathbf{Y}} = -\mathbf{Y}(t)\mathbf{A}(t, \mathbf{x}), \quad \mathbf{Y}(T) = \mathbf{Y}_T. \quad (11)$$

Кроме того набор соотношений (10) так же может быть преобразован к матрично-векторному виду

$$\mathbf{Y}(T)\mathbf{x}(T) - \mathbf{Y}(t_0)\mathbf{x}(t_0) = \int_{t_0}^T \mathbf{Y}\mathbf{b}dt. \quad (12)$$

Поскольку на четвёрку векторов S не накладывались какие-либо условия, то можно положить $\mathbf{Y}(T) = \mathbf{E}$ – единичной матрице. Тогда из (12) можно выразить

$$\mathbf{x}(T) = \mathbf{Y}(t_0)\mathbf{x}(t_0) + \int_{t_0}^T \mathbf{Y}\mathbf{b}dt. \quad (13)$$

Последнее выражение (13) для значения искомой функции $\mathbf{x}(t)$ в точке $t = T$ необходимо подставить в краевое условие (5)

$$\mathbf{G}\mathbf{x}(t_0) + \mathbf{H} \left(\mathbf{Y}(t_0)\mathbf{x}(t_0) + \int_{t_0}^T \mathbf{Y}\mathbf{b}dt \right) = 0$$

и, наконец, выразить значение искомой функции $\mathbf{x}(t)$ в начальной точке $t = t_0$

$$\mathbf{x}(t_0) = -(\mathbf{G} + \mathbf{H}\mathbf{Y}(t_0))^{-1} \mathbf{H} \int_{t_0}^T \mathbf{Y}\mathbf{b}dt = 0. \quad (14)$$

Формула (14) при добавлении к ней итерационных индексов служит основной итерационной формулой для предлагаемой модификации метода сопряжённого оператора. С её помощью вычисляются новые значения параметров пристрелки на каждом шаге.

Таким образом, предлагаемый алгоритм может быть записан в следующем виде.

1. Выбираются начальные приближения для вектора начальных значений $\mathbf{x}^{(0)}(t_0)$.

2. Для заданного вектора начальных значений $\mathbf{x}^{(i)}(t_0)$ находится решение $\mathbf{x}^{(i)}(t)$ исходного ОДУ (4).

3. Интегрированием справа налево находится решение $\mathbf{Y}^{(i)}(T)$ задачи Коши для сопряжённого матричного уравнения (11) при условиях, что $\mathbf{Y}(T) = \mathbf{E}$ и $\mathbf{x}(t) = \mathbf{x}^{(i)}(t)$.

4. По формуле (14) вычисляется новое значение параметра пристрелки.

5. Шаги 2-4 повторяются до тех пор пока невязка краевых условий (5) не станет меньше необходимой заданной величины δ .

Необходимо ответить схожесть подхода и результатов построения модификации предложенного метода и рассмотренной ранее модификации метода пристрелки [3,4]. Наблюдаемая схожесть может указывать на некоторую общность применяемого подхода к модификации известных методов решения линейных краевых задач.

Было произведено численное моделирование предлагаемого метода для рассматриваемой двухточечной краевой задачи об изгибе тонкостенной трубы. Результаты моделирования приведены на рисунке 1 и в таблице 1. Мак-

симальное допустимое значение невязки δ задавалось равным 10^{-5} , параметр задачи α полагался равным 1.

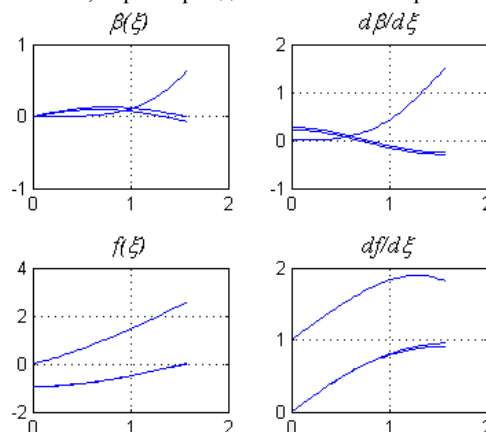


Рис. 1. Результаты моделирования

Таблица 1. Результаты моделирования

I	Невязка	$x_1^{(i)}(t_0)$	$x_1^{(i)}(t_0)$	$x_1^{(i)}(t_0)$	$x_1^{(i)}(t_0)$
0	2.78	0	0	0	1
1	0.07	0	0.2193	-0.9500	0
2	4.8e-4	0	0.2691	-0.9385	0
3	1.11e-8	0	0.2687	-0.9383	0

Как видно из результатов предложенная модификация метода сопряжённого оператора на практике сходится для рассматриваемой задачи.

Для сравнения метод пристрелки Ньютона показывает схожие результаты моделирования для данной задачи: при прочих равных условиях решение задачи происходит для него за 4 итерации.

Возвращаясь к замечанию о том, что матрицу \mathbf{A} можно выбирать в достаточно произвольном виде стоит отметить, что производилось численное моделирование для матрицы

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

При этом представленный метод так же сходится, но за большее число итераций: 16 (при прочих равных условиях). Таким образом, в некоторых случаях возможно использование рассматриваемого метода без необходимости вычисления матрицы Якоби для правой части исходного дифференциального уравнения, аналитическое представление которой может быть достаточно громоздким в некоторых нелинейных краевых задачах.

Список литературы:

1. На Цунг Йен, «Вычислительные методы решения прикладных граничных задач»: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982
2. Goodman T., Lance G., «The numerical integration of two-point boundary value problems» – Mathematics of Computation, 1956, v. 10, p. 82–86.
3. Прокопов Б.И, Гаммал А.С., «Модификация алгоритма пристрелки для решения нелинейных краевых задач» – Вторая международная научная конференция «Моделирование нелинейных процессов и систем» – Москва: МГТУ Станкин, 2011.
4. Гаммал А.С., «Модификация алгоритма пристрелки на примере задачи о движении электрона» – сборник тезисов научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов – Москва: МИЭМ, 2012.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛЫХ АСТЕРОИДОВ ДЛЯ ОТКЛАНЕНИЯ БОЛЬШИХ

А.А. Ледков

факультет Прикладной математики и кибернетики

Как показывает практика, булыжники из космоса каждый день падают на Землю. Большие, естественно, падают реже маленьких. Наиболее опасные из них – это околоземные астероиды, размером более 20 метров.

Существуют различные способы изменения орбиты астероидов с целью предотвращения их столкновения с Землей: изменение отражательных характеристик поверхности астероида (изменение альбедо), применение так называемого гравитационного буксира, когда траектория астероида изменяется за счет гравитационного воздействия со стороны космического аппарата, наведение космического аппарата на астероид с последующим столкновением с ним.

Во всех этих случаях изменение параметров орбиты астероида принципиально очень мало и сопоставимо с уровнем погрешности определения параметров орбиты самого астероида.

В ИКИ РАН совместно с Лабораторией Космических Исследований МИЭМ НИУ ВШЭ была разработана концепция, радикально отличающаяся от перечисленных выше - изменение орбиты опасного для Земли астероида, путем попадания в него другого, меньшего во много раз по размеру «астероида-снаряда».

Данный способ опирается на использование гравитационного маневра около Земли, для того, чтобы направить относительно небольшой астероид (10-15м, масса 1200-1500т) на опасный астероид за счет сообщения ему малого импульса скорости 10-15 м/с. После этого импульса малый астероид пролетает около Земли, совершая гравитационный маневр, эквивалентный сообщению астероида импульса скорости до 5 км/с (рис. 1). В результате астероид-снаряд переводится на траекторию столкновения с опасным астероидом, например, Апофисом.

Для подтверждения того, что эта концепция работает, надо ответить на вопрос: найдутся ли такие астероиды, которые имеют достаточно малые размеры и их можно направить на Апофис малым импульсом, технически реализуемым современными средствами ракетно-космической техники?

Нам удалось ответить на этот вопрос положительно. Из более чем 10000 околоземных астероидов были найдены несколько таких, которые удовлетворяют нашим требованиям (таблица 1).

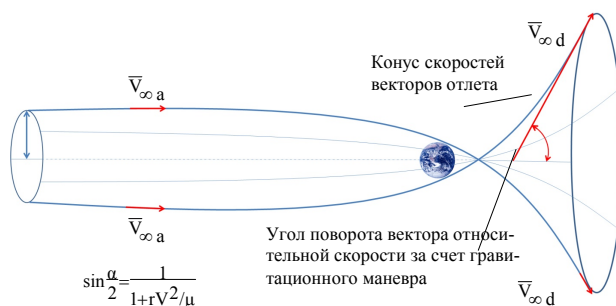


Рис. 1. Гравитационный маневр у Земли. Цилиндр возможных векторов относительной скорости подлета (на бесконечности) и результирующий конус векторов скорости отлета

Сценарий миссии по наведению малого астероида на Апофис:

- старт с Земли, перелет и посадка КА с запасом рабочего тела на «астероид – снаряд»,
- пассивный полет «астероида-снаряда» с КА на его поверхности,
- сообщение импульса скорости «астероиду-снаряду», переводящего его на траекторию гравитационного маневра у Земли,
- перелет к Земле с соответствующими коррекциями траектории,
- гравитационный маневр у Земли (облет Земли),
- Перелет к Апофису с соответствующими коррекциями траектории,
- удар по Апофису.

Описанный метод отклонения опасных астероидов от траектории столкновения с Землей, как было показано на примере Апофиса, можно рассматривать как реализуемый. Было установлено, что необходим очень маленький импульс скорости дельта-V (2,38 м/с), приложенный к «астероиду-снаряду», чтобы отправить его на траекторию, включающую в себя гравитационный маневр у Земли, а затем столкновение с опасным объектом, таким как Апофис. Предлагаемый метод позволяет изменять скорость опасного для Земли объекта на значение, недостижимое любой другой современной технологией. Для практической реализации предложенного подхода необходимо продолжить поиск астероидов, кандидатов на снаряд.

Таблица 1. Выбранные астероиды в кандидаты на «астероид-снаряд»

Астероид	2006 XV4	2006 SU49	1997XF11	2011UK10	1994GV
Величина ΔV , м/с	2.38	7.89	10.05	15.94	17.72
Радиус перигея, км	16473.19	15873.40	42851.84	31912.94	7427.54
Скорость в перигее по отношению к Земле, км/с	9.61	5.03	14.08	8.98	13.37
Угол поворота относительной скорости, град.	23.98	59.78	5.14	21.14	50.85
Дата выполнений маневра	2029/03/17	2027/06/11	2027/04/27	2025/09/13	2028/09/12
Дата достижения перигея	2031/12/11	2029/01/23	2028/10/26	2026/10/10	2031/04/13
Дата встречи «астероида-снаряда» с Апофисом	2034/04/08	2029/10/06	2030/08/06	2027/08/06	2031/12/24
Скорость удара с Апофисом, км/с	15.3	4.9	11.0	2.3	14.1
Звездная величина	24.87	19.54	16.9	24.91	27.46
Размер «астероида-снаряда»	25 ≈ 60 м	33 ≈ 750м	1 ≈ 2 км	20 ≈ 60 м	8 ≈ 19 м
V^2 на бесконечность после запуска КА с околоземной орбиты, км ² /с ²	63.1283 (3.7*)	(0.36*)	(6.447*)	47.182 (1.488*)	30.128 (2.427*)
ΔV торможения для посадки КА на астероид, км/с	0.89 (9.7*)	(4.67*)	(7.89*)	0.543 (5.571*)	0.59 (6.860*)

*оптимизации по ΔV отлета, красным- оптимизация по суммарной ΔV

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ОДНОСЛОЙНЫХ НАНОСТРУКТУР

Е.А. Голенок

*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

В рамках работы проводится разработка быстродействующей однослойной наноструктуры на кремнии. Описывается логическая функция разрабатываемой наноструктуры, ее математическая модель. Так же рассматриваются аналоги проектируемой модели и перспективы её развития.

Введение

Уже сейчас вычислительная техника достигла немалых высот. Однако стремление к совершенству вычислительной техники с каждым годом растет все больше и больше. В чем заключается это стремление, эта тенденция?

- информационная плотность (площадь, которую занимает некий транзистор, схема, элемент);
- быстродействие – это очень важно, особенно для суперкомпьютеров;
- стоимость;

Чем меньше объем схемотехнического элемента, время выполнения различных операций и стоимость объекта (будь то компьютер или какая-либо схема) – тем больше его востребованность.

Наноструктура – например, как элемент ПК поможет не только увеличить его быстродействие, но и уменьшить сами размеры ПК. Это поможет нам не только усовершенствовать всю современную технику, но и выйти на новый международный уровень в технически оснащенном более совершенном плане.

Задача проектирования быстродействующей однослойной наноструктуры не подлежит рассмотрению в классической схемотехнике. Нужна принципиально новая, отличная от других, схемотехническая база. В данной работе при проектировании наноструктуры используется логическая функция ИЛИ-НЕ. Если на все входы подать логические нули – на выходе должна получиться логическая единица, в других случаях – на выходе – ноль.

Современные программные средства математического моделирования могут упростить задачу расчета параметров будущей наносхемы.

Обзор аналогов

Если мы посмотрим на известные мировые бренды, типа INTEL, AMD, Samsung – увидим, что они используют в своих технологиях, в основном МОП-транзисторы. Мы же используем более быстрые биполярные транзисторы.

Логическая функция ИЛИ-НЕ – это та функция, на которой можно реализовывать сколь угодно сложные логические схемы. Рассмотрим некоторые аналогичные схемы с биполярными транзисторами, выполняющие логическую функцию ИЛИ-НЕ, их

достоинства и недостатки.

Вентиль НСТЛ

С помощью вентиля НСТЛ мы спокойно можем реализовать данную логическую функцию. Однако, у такого вентиля есть немало недостатков:

- невысокий уровень логической единицы при наличии нагрузки => низкий запас помехоустойчивости по отрицательной помехе;
- избыточность изолирующих переходов транзисторов и резистора;
- если не применять принцип функциональной интеграции, схема имеет большую площадь, что приводит к увеличению задержки;
- чем больше входов – тем больше задержка из-за влияния параллельного соединения паразитных емкостей переходов база-коллектор транзисторов.

Токовый ключ

Токовый ключ – это одна из модификаций ЭСЛ. Токовый ключ – это параллельное соединение транзисторов с резистивными нагрузками в коллекторных и общей эмиттерной цепях. На базу одного из транзисторов подается опорное напряжение, на базу другого – логический сигнал. Однако, и у токового ключа есть свои достоинства и недостатки.

Достоинства:

- транзисторы всегда работают в активном режиме (время на рассасывание зарядов =>0);
- схема имеет небольшой логический перепад (время на зарядку нагрузочной емкости =>0);

Недостатки:

- Большое выходное сопротивление (емкости перезаряжаются медленнее);
- Маленький логический перепад => меньше запасы помехоустойчивости.

Схема МЭСЛ

Схема МЭСЛ реализует по одному из выходов функции ИЛИ-НЕ, по другому из выходов – ИЛИ.

В схеме МЭСЛ сохраняется недостаток токового ключа – высокое выходное сопротивление.

Схема ЭСЛ

Если мы к схеме МЭСЛ - к выходам – подключим эмиттерные повторители, а выходные сигналы будем снимать с эмиттеров, то получим Схему ЭСЛ.

Опять же – увеличится количество компонентов схемы, но улучшится задержка схемы.

Использование эмиттерных повторителей на выходах дает нашему базису ИЛИ-НЕ дополнительное преимущество. Помимо обычной функционально полной схемы ИЛИ-НЕ, у этого базиса есть вторая функционально полная функция ИЛИ-НЕ-Мили. Отсюда – выигрыш в быстродействии при проектировании сложных схем.

ЭСЛ с отрицательным напряжением питания

От предыдущей схемы эта схема отличается тем, что шина «земля» подключается к коллекторам эмиттерных повторителей и сопротивлений, а источник питания с отрицательным напряжением E подключается туда, где в базовой схеме была шина «земля». Новое значение опорного напряжения – $(E_{оп} - E)$.

В результате получается схема напряжениями логического нуля и логической единицы, которые не зависят от свойств и состояния источников питания.

Общим недостатком этих схем является реализация в транзисторной схемотехнике (избыточное количество областей и соединений), требующих большого количества

технологических операций, что приводит к увеличению стоимости производства.

Целью работы было создание наноструктуры, работающей как МЭСЛ, но обладающей достоинствами переходных однослойных наноструктур (максимальная информационная плотность, предельное быстродействие, минимальная цена).

Разработка и проектирование быстродействующей однослойной наноструктуры

Любое проектирование наносхемы начинается с построения ее математической модели на основе которой генерируется ее структурная формула, показанная на рисунке 1, где кругами обозначены базы биполярных транзисторов:

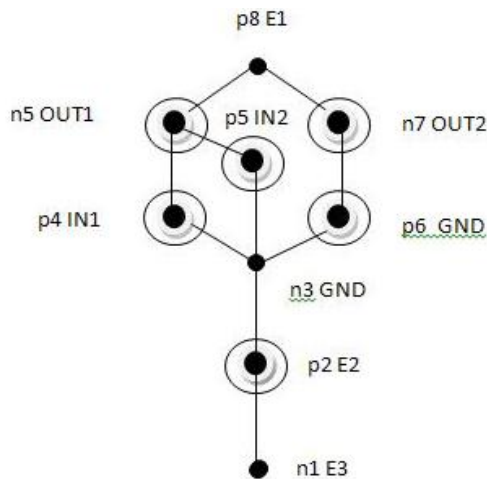


Рис.1. Структурная формула наноструктуры

Данная математическая модель включает в себя пять биполярных транзисторов, три источника питания, два входа и два выхода, ну и, соответственно, как и любая другая схема имеет контакт «земля».

По этой математической модели разрабатываем и проектируем новую наноструктуру – 3D модель, реализующую логическую функцию ИЛИ-НЕ:

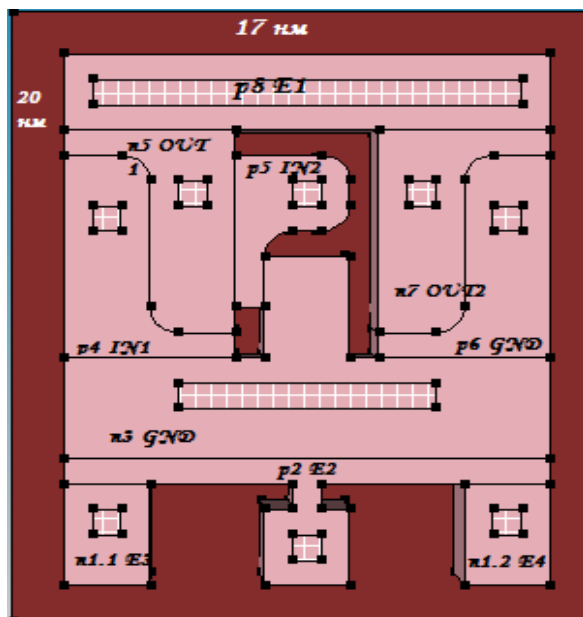


Рис.2. 3D модель наноструктуры

Следующий этап – моделирование физических процессов структуры заключается в распределении определенных параметров (концентрации, управляющие сопротивления и прочее), изменение которых ведет к внутреннему изменению поведения физических процессов внутри схемы. Посмотрим на поведение физических процессов в данной 3D модели:

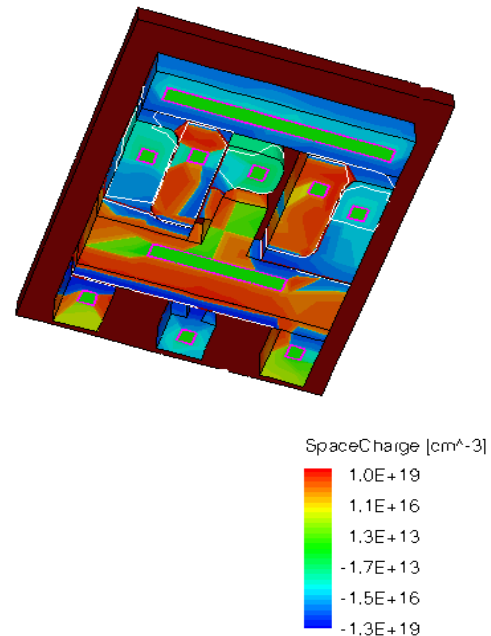


Рис. 3. Распределение зарядов в наносхеме

После того, как получается оптимально работающая схема, можно переходить к ее производству.

Достоинства данной структуры:

- проектная норма – 10 нм
- быстродействие – в разы выше, чем у классических схем (так как мы имеем дело с НАНОметрами)
- простота технологического процесса – так как структура однослойная;
- чем проще изготовить схему – тем дешевле она будет стоить как в России, так и на мировом рынке;
- в 1 см кв. можно поместить до $2,5E+12$ таких схем.

Заключение

Научно-исследовательская работа является частью направления по разработке элементной базы для суперкомпьютеров. Дальнейшая работа – разработка принципиально новой наносхемотехники может позволить России выйти на мировой уровень по производству технологически сложных устройств при наличии соответствующей базы.

Список литературы:

1. Трубочкина Н.К. «Моделирование 3D наносхемотехники» Бином.Лаборатория знаний, 2012, 499 стр.
2. Трубочкина Н.К. «Основы работы в Sentaurus Structure Editor», 16 стр
http://nadin.miem.edu.ru/___docs/sde.doc
3. Sentaurus Device. Synopsys. Version 2008. Tutorial. Pp. 163-757 Registered Trademarks Synopsys
<http://www.synopsys.com/Tools/TCAD/Pages/default.aspx>

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАЧ МЕЖДУ ИСПОЛНИТЕЛЯМИ

А.К. Красавина

*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

В данной работе рассматриваются некоторые методы и подходы к решению задачи назначения исполнителя на задачу. Также приводится анализ достоинств и недостатков рассмотренных алгоритмов, предлагаются пути дальнейшего исследования с целью разработки методики назначения исполнителей в области управления проектами.

Введение

В большинстве современных компаний управление проектами является важной частью менеджмента предприятия. Существуют компании, где системы управления проектами не используются, в таком случае компания нуждается в дополнительном персонале, ответственном за координацию действий исполнителей внутри проекта. Для таких компаний существуют определенные риски, связанные с человеческим фактором. Как пример: текучка кадров среди менеджеров проекта может пагубно сказаться на процессах, происходящих в проекте, также такой подход потенциально расширяет управленческий аппарат. (1)

В случае же использования компанией системы управления проектами возникает такая проблема, что существует рутинная и потенциально автоматизируемая работа. Автоматизация таких процессов, как назначение исполнителя задачи или расчет KPI, позволит исключить рутинную работу, производимую сотрудниками, а значит, освободит время и снизит влияние фактора человеческой ошибки. В связи со сложностью обработки данных, которые нужны для принятия адекватных решений, долгим процессом адаптации новых сотрудников в производственном процессе и требованием к скорости решения задач, возникает потребность в автоматизации некоторых процессов. Требуется автоматизировать процессы наиболее затратные, с точки зрения времени, а также процессы, где существует вероятность возникновения ошибки из-за человеческого фактора и, как следствие, приведет к принятию неверного решения.

Данная работа посвящена исследованию существующих методов и подходов к автоматизации распределения задач между исполнителями, а также анализу их применимости в области управления проектами. В рамках данной работы будут рассмотрены существующие подходы и методы, а также некоторые конкретные предложенные алгоритмы. В разделе «анализ алгоритмов и методов» будут рассмотрены конкретные методы, а в разделе «предлагаемые решения» будет приведен анализ достоинств и недостатков этих методов, а также предложены пути дальнейшего исследования в области назначения исполнителей на задачи.

Анализ алгоритмов и методов

На данный момент было проведено множество исследований, связанных с выбранной областью. Эти работы представляют собой исследования в области менеджмента, экономики и информационных технологий. Также были рассмотрены алгоритмы, используемые в вычислительной технике для балансировки нагрузок. О научных работах, рассмотренных автором, речь пойдет ниже.

В публикации «Система управления проектами на доэксплуатационной стадии (CPMS): Онтологический каркас» представлен онтологический каркас для представления системы управления проектами на доэксплуатацион-

ной стадии (Construction Project Management System или CPMS). Фреймворк имеет пять измерений: Результаты, Стадии, Ресурсы, Процессы и Техники менеджмента. Каждое измерение определяется таксономией, полученной из литературы и практики. Измерения расположены слева направо так, что значимые предложения на естественных языках, описывающие атрибуты CPMS могут быть объединены путем выборки слов из каждого столбца и объединения выбранных слов со словами находящимися между колонками. Есть 11970 потенциальных атрибутов CPMS, заключенных в онтологии. На практике, это, скорее всего, будет означать необходимость сосредоточить внимание на выбранном множестве, которое базируется на характеристиках проекта и его контекста. Проблема разработки CPMS в том, что нужно будет включать ключевые атрибуты и исключать менее важные. Онтологии помогут сделать систематический отбор, показывая все варианты. Однако при этом надо учитывать взаимодействия между категориями измерений и между измерениями. (2)

Публикация «Переосмысление управления проектами: Исследование актуальности проектов» выдвигает несколько идей, которые улучшили бы управление проектами, но на практике применены не были. Также в данной публикации сформулирован исследовательский подход. В публикации отражены исследования онтологических, эпистемологических и методологических предпосылок, лежащих в основе такого рода исследований, и приведены примеры некоторых исследований по управлению проектами, следующих этой точке зрения. В заключении приводятся результаты этих исследований и предположения касательно будущего таких исследований. Также в публикации был представлен список уровней компетенции сотрудников с их описанием. (3)

В работе «Модель назначения задачи в управлении проектами на основе теории игр» рассмотрен процесс назначения исполнителя задачи с точки зрения теории игр. Предполагается, что назначение исполнителя может быть не удачным, тогда это приведет к убыткам или к меньшей прибыли. Даже при небольших различиях между удачным выбором исполнителя и неудачным могут иметь последствия для компании. В публикации рассмотрены техники теории игр, при помощи которых представлялось бы возможным создать алгоритм для соединения задачи и исполнителя, который бы базировался на предпочтениях менеджера, исполнителя, на времени исполнителя и его навыках. В результате был получен алгоритм для назначения исполнителей. (4)

В публикации «Проблема проектов различного размера и профессиональной структуры» представляются предполагаемые улучшения систем управления проектами, которые включают в себя отчеты прогресса и совместное использование ресурсов. Пользователи могут также свободно перемещаться между проектами без необходимости изучать новый подход к управлению. Тем не менее, исследование, проведенное авторами, показывает, что пользователи сообщают о более успешном достижении своих целей в проекте, когда они адаптируют процедуры соответственно проекту, типу ресурсов или навыкам. В данной работе авторы сообщают о своих выводах. Авторы предлагают, как выработать согласованный подход на стратегическом уровне, в то время как адаптация процедур происходит на тактическом уровне или уровне детализации. (5)

В одноименной работе описывается эвристический алгоритм распределения заданий с целью эффективного их использования в двухпроцессорной вычислительной машине. Задача составления расписаний определяется автором следующим образом. С помощью некоторых ресурсов необходимо выполнить множество заданий, при этом це-

лью является оптимизация заданной меры эффективности с учетом свойств заданий и ресурсов. В данной работе рассматривается задача составления расписания, ориентированная на распределение независимых заданий в многопроцессорной вычислительной системе с одинаковыми процессорами. Также в данной работе приведен алгоритм решения обозначенной задачи с использованием двух эвристик для системы с двумя процессорами и обсуждаются некоторые свойства описываемого алгоритма, оценки для него и некоторые результаты его применения. (6)

Предлагаемые решения

Онтологическую основу предполагается использовать для учета навыков пользователей, а также в алгоритме, который будет вычислять неочевидные зависимости между навыками, таким образом, дополняя связи между отдельно взятыми навыками или группами навыков. Но онтологическая основа будет иметь отношение только к этой части системы. В целом система не будет использовать онтологию больше нигде, кроме как для определения навыков пользователей. При этом для пользователя ввод навыков планируется представить как ввод тегов, но не как выбор отдельных навыков из подготовленного заранее дерева.

Упомянутый список уровней компетенции сотрудников может быть использован в работе как своеобразный показатель компетенции. Для реализации подобного показателя требуется автоматизация процесса определения уровня компетенции пользователя, этого можно достичь путем анализа разнообразия круга решаемых задач. Таким образом, на выходе получается один уровень компетенции, соответствующий одному отделу или группе, где задействован пользователь. Брать в расчет задачи разных отделов не имеет смысла, потому что они могут иметь слишком большую смысловую разницу. Из-за этой разницы может возникнуть такая проблема, что ни один человек не сможет стать экспертом из-за того, что он никогда не сможет решать абсолютно задачи (обычная практика состоит в довольно узкой специализации отдельно взятого сотрудника). Поэтому больший смысл имеет брать в расчет задачи более узкого плана, но делать несколько видов квалификации – по числу групп, к которым принадлежит пользователь.

Автором планируется также провести некоторое исследование и получить метод назначения исполнителей. Но существуют некоторые отличия разрабатываемого метода от упомянутых, а именно:

- Не столь глубокая концентрация на теории игр. Предполагается, что в отделе не будет создаваться конкуренция, важно равномерно распределить задачи соответственно затрачиваемому на них времени и приоритету задач с учетом регламента и сроков исполнения. Соответственно, при таком подходе количество решаемых исполнителем задач будет со временем увеличиваться, когда он лучше овладеет навыками, которые требуются для решения задач.

- На исполнителе может быть назначено несколько задач – возможное количество задач планируется рассчитывать при помощи регламента и данных о том насколько успешно выполняются задачи (эти данные собираются в течение времени обучения алгоритма). Если задач будет больше, чем рассчитано, то руководителю поступит предупреждение об этом для того, чтобы он смог принять соответствующее решение.

Предложенный в одноименной работе эвристический алгоритм распределения заданий рассматривает задачи только с точки зрения ожидаемой длительности выполнения, но не рассматривает иные свойства задач или исполнителей. Таким образом, предложенные автором правила

представляется возможным использовать для балансировки общей загруженности исполнителей, не рассматривая их навыки или опыт. Это позволило бы с меньшими затратами вычислительных ресурсов распределять задачи между эквивалентными исполнителями.

В системе, разрабатываемой автором, предполагается разделить задачи по времени, которое требуется на их выполнение, на «долгие» и «недолгие, простые». А проекты не делить вовсе. Этот путь разделения задач был выбран из-за простоты понимания человеком. Когда задачи разделены таким образом, то, предполагается, что в «простых» задачах не будет надобности менять те значения некоторых атрибутов, которые были предложены системой по умолчанию, то есть, останется заполнить только текст задачи и отправить ее. По тематике в ручную задачи не имеет надобности разделять, потому что это делается автоматически кластеризатором задач по тексту. Также к «простым» задачам планируется применить своеобразные триггеры, которые бы меняли статус задачи в зависимости от текста оставленного пользователем комментария (но этот путь изменения статуса задачи – не является единственным, его планируется продублировать кнопками, чтобы у пользователя имелся выбор изменения статуса задачи соответственно его предпочтениям). Эти триггеры будут анализировать комментарии к задачам, и изменять статус соответственно возможным вариантам. Например, комментарий «готово» перевел бы задачу из статуса «открытая» в статус «сделана». И, таким образом, задача перевелась бы к приемке.

Заключение

Автором был рассмотрен ряд научных работ посвященных распределению задач между исполнителями. Были представлены выводы, полученные в результате исследования. Теоретическая значимость проведенного исследования состоит в расширении области анализа для решения задачи о назначении исполнителя. Практическая же значимость результатов состоит в применимости данного метода при построении систем управления проектами с автоматическим распределением задач. Анализ навыков, сложности и приоритета задачи позволяет распределять задачи, но такой анализ не учитывает тематику. Анализ тематики задачи позволил бы учитывать также и человеческий фактор при выборе тех или иных исполнителей. Такой подход помог бы избежать повторяющейся рутинной работы не только среди управляющего персонала, но и среди исполнителей.

Список литературы:

1. Том Демарко, Тимоти Листер. Человеческий фактор: успешные проекты и команды. Москва: Символ, 2009. ISBN-13:978-5-93286-061-8.
2. Construction Project Management System (CPMS): An Ontological Framework. Arkaugud Ramaprasad, Nagesh Rammurthy, A. N. Prakash. Pune, India: б.н., 2011.
3. Rethinking Project Management: Researching the actuality of projects. Svetlana Cicmil, Terry Williams, Janice Thomas, Damian Hodgson. - International Journal of Project Management 24 (2006) 675–686. 2006. ISSN: 0263-7863.
4. A Game-Theoretical Model for Task Assignment in Project Management. Lagasse, Brent. Singapore, China: University of Texas at Arlington Department of Computer Science and Engineering, 2006. E-ISBN: 1-4244-0148-8.
5. The problem of projects of differing size and skill mix. J Rodney Turner, John H Payne Esq.
6. К.Н., Ефимкин. Эвристический алгоритм распределения заданий. Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. [В Интернете] 2009 г. [Цитировано: 1 1 2013 г.] <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2009-42>.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Е.А. Паршикова

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Аннотация

В данной работе автором описаны современные тенденции в проектировании СППР и представлены возможные подходы к автоматизации проектирования СППР. Предлагается решение на основе конструктора для автоматизированного создания СППР.

Введение

Целью научного исследования является разработка методологии автоматизированного проектирования систем поддержки принятия управленческих решений.

В первом разделе рассмотрены современные тенденции в проектировании СППР и перспективы автоматизации проектирования СППР.

Во втором разделе приведен краткий обзор возможных подходов к автоматизации проектирования систем поддержки принятия управленческих решений.

В третьем разделе описан предлагаемый автором подход к автоматизации проектирования СППР.

Современные тенденции в проектировании СППР

На сегодняшний день устойчивой тенденцией является превалирование узко специализированных СППР, создаваемых для конкретной предметной области под конкретную задачу [1, 2, 3]. Доминирующее развитие узкоспециализированных СППР связано с тем, что в области принятия решения не существует универсальных средств решения, поэтому для каждой задачи фактически приходится создавать свою СППР, являющуюся реализацией конкретного метода или группы методов [4].

Рост интереса к автоматизации процесса создания СППР диктуется современными требованиями по сокращению времени на разработку и внедрение СППР, сокращению затрат на их проектирование и на сопровождение эксплуатируемых приложений при их адаптации к изменениям в предметной области.

Возможные подходы к автоматизации проектирования СППР

Представленные на сегодняшний день в литературе подходы к автоматизации проектирования систем поддержки принятия управленческих решений классифицированы автором следующим образом:

1. Использование специальных языков для описания и последующего автоматического создания СППР [4].

2. Использование системы-конструктора для автоматизированного создания СППР силами опытного специалиста [5].

3. Использование специализированной экспертной системы, результатом работы которой должна являться готовая СППР [6].

4. Онтологический подход к разработке СППР [7].

5. Автоматизация создания СППР на основе лингвистических моделей [8].

Каждый из подходов к автоматизации проектирования СППР имеет как свои достоинства, так и недостатки, наиболее распространенными из которых являются большая трудоемкость создания системы и необходимость привлечения эксперта в предметной области, хорошо разбирающегося в методах поддержки принятия решений.

Конструктор для создания СППР

Автором предлагается подход на основе конструктора для создания СППР, предназначенных для решения задач

выявления лучшего решения или построения ранжировки решений. Основой конструктора является БД, в которой хранятся все исходные и промежуточные данные – данные о предметной области, сведения о критериях, шкалы критериев, альтернативы и их параметры, правила расчета на основе параметров значений количественных критериев, оценки альтернатив по критериям, перечень методов ППР, результаты предыдущих расчетов. Перечень методов ППР может расширяться, так как для каждого метода существует внешняя программа, которая кладет результаты расчетов в ту же БД. При создании СППР специалист может: 1) выбрать из существующих критериев, добавить недостающие; 2) ввести альтернативы с их характеристиками или указать, где в БД лежит эта информация; 3) выбрать один или несколько методов ППР; 4) получить результаты расчета и сравнить их для разных методов; 5) получить объяснения системы по поводу выданных рекомендаций. Автоматический выбор подходящих методов ППР осуществляется специализированной ЭС, в задачи которой входит: 1) определение возможности применения того или иного метода ППР по набору входных данных; 2) определение причин, по которым невозможно применить тот или иной метод ППР, и предложение допустимых путей устранения этих ограничений; 3) окончательное формирование готовой СППР для решения конкретной задачи с возможностью её многократного использования.

Заключение

Предлагаемая автором методология автоматизированного создания системы поддержки принятия управленческих решений позволит ускорить и упростить процесс разработки СППР, а также расширить сферу ее применения. Теоретическая значимость работы заключается в развитии методологии проектирования СППР в соответствии с современными требованиями.

Список литературы:

1. Contono G., Virgilio G. A spatial decision support system for situational crime prevention in urban environment. – 5th AGILE Conference on Geographic Information Science, Palma (Balearic Islands, Spain), 2002.

2. Cheng S. Development of a fuzzy multi-criteria decision support system for municipal solid waste management. – Regina, Saskatchewan, 2000.

3. Зайцев И.А. Информационная система поддержки принятия решений по управлению эргатическими структурами // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Москва, 2011.

4. Чернов А.Г. Технология создания систем поддержки принятия решений в интегрированных САПР. – М., <http://www.mediaplanirovanie.ru/atchernov/rus/docs/rus-dic.htm>

5. Ларичев О.И., Афанасьев В.М., Чугунов Н.В. Web-конструктор для построения систем поддержки принятия решений, www.raai.org/library/ainews/2003/4/chugunov.doc

6. Черкасов А.Н. Разработка математического и алгоритмического обеспечения адаптивных систем поддержки принятия решений в ситуационных центрах. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Краснодар, 2011.

7. Ситников П.В. Построение систем поддержки принятия решений на основе онтологий. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Самара, 2009.

8. Мерцалов А.А. Программное инструментальное средство для разработки систем поддержки принятия решений на основе лингвистических моделей. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Тула, 2003.

ВОПРОСЫ КАЛИБРОВКИ МОДЕЛИ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

С.А. Хвостиков

факультет Прикладной математики и кибернетики

Вопросы предотвращения природных пожаров и противодействия им актуальны для России, в которой пожары ежегодно проходят миллионы гектар лесов и полей. Для облегчения задачи по минимизации и предотвращению последствий пожаров могут быть использованы модели распространения природных пожаров. На данный момент разработано множество различных моделей развития пожаров, предназначенных для разных условий и с различной степенью подробности описывающих процессы, происходящие в лесном пожаре.

Обычно модели распространения пожаров делятся на три категории: эмпирические, физические и математические. Физические модели основаны на знаниях о физических процессах переноса тепла в пожаре (и иногда на химическом описании процесса горения) и используются преимущественно для теоретического исследования поведения пожара в различных условиях. Эмпирические модели строятся по экспериментальным данным, на основании которых устанавливаются связи между различными параметрами и характеристиками пожара. Они наиболее часто применяются для задач обучения и оперативного прогнозирования пожаров. Математические модели основаны на некоторой математической абстракции, которая ведет себя подобно пожару (клеточные аппараты, теория перколяции).

Для создания модели, которую можно использовать для решения оперативных задач, необходимы экспериментальные данные. Получение таких данных по результатам полевых испытаний требует существенных усилий и финансовых затрат. Возникает потребность в использовании альтернативных источников данных для создания моделей природных пожаров. Одним из самых экономически эффективных источников информации о состоянии пожаров являются данные спутникового мониторинга Земли. На данный момент существует многолетняя база регулярных наблюдений за состоянием пожаров на территории всей России. Например, данные спектрорадиометра MODIS с разрешением 1 км доступны ежедневно для всей Земли начиная с 2000 года. Также существует многолетняя база данных спутников Landsat с разрешением 30 метров, которые также дают хорошее покрытие почти всей территории Земли в течение года.

Для проверки возможности использования спутниковых данных в качестве основы модели распространения пожаров мы не будем создавать новую модель. Мы попробуем настроить существующую модель распространения пожара с помощью спутниковых данных.

В рамках данной работы была использована Канадская модель развития пожара (Canadian Forest Fire Behavior Prediction System), созданная канадским лесным управлением (Canadian Forest Service). Эта модель была выбрана в связи со схожестью природных условий Канады и России, а также из-за большого количества материалов по канадской модели, находящихся в открытом доступе.

Для работы данной модели необходимы данные о метеоусловиях (ветер, температура, влажность воздуха), типе топлива и рельефа. Модель осуществляет моделирование с помощью системы эмпирических зависимостей, выражающих скорости распространения фронта пожара от ветра, влажности топлива и характеристик горючести растительности. Влажность топлива в данной модели подсчитывается

с учетом влажности и температуры воздуха, а также выпавших осадков. За форму пожара в модели принимается эллипс, в котором расстояние от его фокуса до края - это скорость распространения фронтального пожара, а соотношение его длины к ширине зависит от скорости ветра.

Моделирование осуществляется для регулярной сетки, центр горящих клеток на ней считается центром пожара. На основании входных данных рассчитывается форма эллипса, по которой оценивается распространение пожара из клетки. В случае, если пожар достиг центра не горящей клетки, то она загорается и пожар распространяется уже из нее.

Для проверки точности работы модели использовались данные о более чем 40000 пожарах на территории России, полученные по спутниковым данным за 2007-2012 годы. Использование модели в исходном виде показало, что она имеет тенденцию к переоценке площадей пожаров, средняя ошибка моделирования была существенной. Это указывает на необходимость настройки модели для увеличения точности работы на территории России.

Для настройки модели мы использовали данные наблюдений за 2011 год. Настройка осуществлялась с помощью варьирования ряда параметров модели, как то скоростей распространения пожара для различных типов растительности, коэффициентов в формулах, выражающих влияние склона, ветра, влажности и также ряда других параметров. Настройка параметров осуществлялась посредством оптимизации этих параметров для случайно выбранного набора из 300 пожаров за 2011 год с целью минимизации величины ошибки моделирования. Для оптимизации использовался генетический алгоритм Rgenoud, реализованный на языке R.

Большую сложность при оценке точности работы модели представлял вопрос построения оценки ошибки моделирования. Это связано с тем, что разрешение спутниковых данных грубо относительно разрешения работы модели. При этом стоит отметить, что обнаружение горения в пикселе спутниковых данных говорит о том, что горит не вся территория пиксела, а лишь только некоторая ее часть. Это приводит к тому, что точная форма пожара неизвестна, и погрешность в ее определения сопоставима с разрешением одной клетки спутникового изображения (1 км.). Это потребовало разработки специфических критериев для оценки точности работы модели по спутниковым данным. Был опробован ряд критериев оптимальности модели по спутниковым данным, например критерии, оценивающие пожары по форме и только по площади, критерии, оценивающие пожары грубо на уровне хотспотов, условные критерии.

Совместный анализ результатов оптимизации всех критериев позволил установить ряд оптимальных для всех критериев значений параметров и диапазон возможных значений остальных параметров. Также это позволило выбрать наилучший критерий, который будет использоваться в дальнейшем для общей оценки точности.

В целом после оптимизации параметров показатель точности работы модели улучшился для всех лет наблюдений, как для оптимизируемого 2011 года, так и для всего периода с 2007 по 2012 годы. Оптимизация модели по спутниковым данным позволила получить адекватно работающую на территории России модель без необходимости проведения дорогостоящих наземных наблюдений.

СОХРАНЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПОЛУЧЕННЫХ В ХОДЕ ПОЛЕТА САМОЛЕТА ЛАБОРАТОРИИ

Н.В. Базанин

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В статье рассматривается способ сохранения и передачи данных получаемых в ходе полетов самолета лаборатории. На основании расширяемого языка разметки xml разрабатывается модель данных и программное обеспечение для создания реляционной базы данных(БД).

Введение

В настоящее время исследование атмосферных явлений является необходимым для любой страны. Данные исследования применяются во всех областях нашей жизни, к примеру: военная сфера, гражданская авиация, сельское хозяйство, да и просто как нам поехать, завтра, из дома. На данный момент самолеты лаборатории получают данные для обработки на земле, и предназначены для определенных проектов. Программное обеспечение не обладает возможностью показать пользователю текущее состояние атмосферы, не говоря уже о динамическом отображении различных данных в разных областях изучения.

Основными требованиями к системе сбора данных является: скорость сбора данных, минимальное использование ресурсов и надежность.

XML - как модель данных для самолета метеолаборатории

Моделью данных в классической теории баз данных является, формальная теория представления и обработки данных в СУБД, которая включает, по меньшей мере, три аспекта:

- 1) аспект структуры: методы описания типов и логических структур данных в базе данных;
- 2) аспект манипуляции: методы манипулирования данными;
- 3) аспект целостности: методы описания и поддержки целостности базы данных.

Скорость поступления данных в систему зависит от измеряемых параметров. Для самолета метеолаборатории скорость поступления данных может достигать 40Гц с одного прибора, количество получаемых параметров при этом регулируется областью исследования.

В экстремальных условиях использования оборудования нет возможности получения достаточного энергоснабжения, поэтому система сбора данных должна использовать минимум ресурса оборудования. Для этого следует использовать возможности программного обеспечения оборудования и средства СУБД (системы управления данными).

Под надежностью в данной статье понимается сохранение всех данных, как сигналов поступающих с оборудования, так и обработанных. Данные поступающие не обработанными, должны сохраняться только локально с привязкой ко времени системы. Обработанные данные уже пригодны для исследования и сохранения в архиве системы. Поскольку в современных условиях разработка всего оборудования, методов передачи данных, модели данных и т.д. не возможна, следует использовать один общедоступный формат. Одновременно часть данных получаемых в ходе исследования требуется передавать на наземные станции, поэтому наиболее удобным форматом обработанных данных является XML.

XML(eXtensible Markup Language — расширяемый язык разметки) — текстовый формат, предназначенный

для хранения структурированных данных (взамен существующих файлов баз данных), для обмена информацией между программами.

Синтаксис XML будет избыточен, по сути, его структура представляет собой иерархическую базу данных (БД). Данный формат передачи данных для самолета лаборатории будет иметь больше преимуществ, чем недостатков.

- 1) Если данные не переданы в БД, всегда есть файл с обработанными данными.
- 2) Данные синхронизированы по времени.
- 3) Возможность восстановления модели данных БД.
- 4) Возможность создания автоматизированных систем восстановления и проверки баз данных.
- 5) Передача данных в другие программы, в том числе программы наземного базирования

Использование модели данных и сохранение обработанных данных в БД

Программа автоматического создания и дополнения БД основанного на общей модели данных позволяет любому пользователю без участия администратора базы данных создать реляционную БД или дополнить уже существующую. Для проверки функционирования используется программа, которая так же использует общую модель данных и имеет возможность настройки скорости формирования xml файлов для передачи данных.

Передача данных происходит сразу в две идентичные БД, локальную и серверную. К локальной БД имеет доступ только оператор, следящий за поступлением данных. Серверная БД общедоступна, в ее состав входят все локальные базы. Общая доступность этих данных во время полета позволит в реальном времени принимать решения изменении маршрута. Кроме привязки данных по времени существует привязка по географическим координатам, в ходе полета можно учитывать расположение крупных объектов, таких как водоемы горы и т.д., влияющих на формирование погоды.

Заключение.

Исследование за счет воздухоплавательных средств, при рыночной экономике, является затратным, получаемые результаты не окупаются. Подход к решению проблемы в данной статье позволяет использовать одну систему сбора данных для разных самолетов или других средств, более того позволяет менять конфигурацию измерительной аппаратуры на самолете метеолаборатории. Получение синхронизированных данных, позволит более глубоко изучать процессы, протекающие в атмосфере, и связывать их с другими проводимыми исследованиями, как на земле, так и за ее пределами. Уменьшить число квалифицированного обслуживающего персонала в исследовательских экспедициях.

Список литературы:

1. С.М. Шметер. Метеорология для воздухоплателей и пилотов (второе издание). Под редакцией профессора, доктора физико-математических наук И.П. Мазина и кандидата географических наук Т.В. Трутко. — Москва 2011.
2. А. Бондарь. InterBase и Firebird практическое руководство для умных пользователей и начинающих разработчиков. — Санкт-Петербург «БВХ-Петербург» 2007.
3. Эллиот Расти Гарольд, В. Скотт Минс. XML. Справочник — Санкт-Петербург «Символ-Плюс» 2002

РАЗРАБОТКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧЕ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ

А.В. Кораблев

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

Составление расписания учебных занятий является одной из важнейших задач управления учебным процессом. В связи с этим проблема автоматизации составления расписания занятий в образовательных системах массового обучения по-прежнему остается одной из актуальных проблем организации учебного процесса. Действительно, от того насколько "удачно" составлено расписание зависит:

- а) качество обучения;
- б) экономическая эффективность обучения;
- в) комфортность учебы студентов и работы профессорско-преподавательского состава.

Введение

Составление расписания для небольших учебных заведений с малым числом учебных групп и изучаемых дисциплин не представляет особых затруднений. Совсем иначе обстоит дело с составлением расписания занятий в образовательных системах массового обучения, для которых характерно:

- 1) наличие большого числа студенческих групп на каждом курсе обучения;
- 2) наличие большого числа дисциплин обучения в течение семестра;
- 3) большой контингент преподавателей и др.

Для подобных образовательных систем, реализующих массовое обучение, составление расписания "вручную" приводит к большой длительности самого процесса его составления и "низкому" качеству составленного расписания, а именно:

- а) наличие "окон" в расписаниях у преподавателей и групп студентов;
- б) сложность учета пожеланий преподавателей о характере временного графика их занятий;
- в) большие затраты времени на переход из одного учебного корпуса в другой в случае некомпактного расположения корпусов вуза и др.

1. Классические методы решения задачи

Первые работы в области автоматизации составления расписания работ относятся к производственным системам и появились в 50-60-е гг. XX века. В связи с внедрением автоматизированных систем управления производством. Большое разнообразие задач, связанных с составлением расписания выполнения работ в производственных системах, сопровождающееся к тому же их большой размерностью, привело к созданию специальной теории решения задач составления расписаний (ЗСР), облегчающей формулировку и решение задач составления расписания работ для производственных систем. Данная теория дает универсальные решения самых различных производственных задач, связанных с календарным планированием, упорядочением работ во времени и пространстве и др. с учетом имеющихся ограничений на располагаемые ресурсы.

На рубеже XX и XXI веков актуальным стало создание систем автоматизированного управления учебным процессом в образовательных системах массового обучения (автоматизированных обучающих систем АОС). Связано это с усилением требований к качеству обучения, появлением разнообразных форм обучения, развитием форм дистанционного обучения, необходимостью повышения экономической эффективности обучения и др.

Все известные работы в этом направлении, посвященные автоматизации процедуры составления расписания занятий можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся работы, использующие классические методы решения задач целочисленного программирования: методы полного перебора, ветвей и границ, метод раскраски графа и др. Вторая группа работ основана на современных методах решения задач целочисленного программирования, использующих интеллектуальные алгоритмы решения данных задач.

Отличительной чертой классических методов является достаточно высокая степень формализации как постановки задачи составления расписания занятий, так и алгоритмов ее решения. Данные методы позволяют:

- а) разрабатывать итеративные методы решения задачи составления расписаний учебных занятий, обладающие приемлемым временем сходимости и точностью решения;
- б) оценивать влияние на время и точность решения задачи составления расписаний.

Применение перечисленных методов для составления расписания занятий в образовательных системах массового обучения оказывается неэффективным по следующим причинам:

- а) резко (экспоненциально) увеличиваются временные затраты на поиск лучшего (приемлемого) решения с ростом размерности решаемой задачи, что характерно для образовательных систем массового обучения;
- б) отсутствует гарантия получения приемлемого решения ЗСР занятий;
- в) практически невозможным становится (в силу большой размерности, громоздкости и сложности математической модели решаемой задачи) оценивание влияния на решение задачи интересующих нас факторов.

Общим недостатком всех классических методов является то, что они в своей основе используют итерационную процедуру поиска или улучшения некоторого начального приближения (опорного плана расписания), причем поиск результата осуществляется в окрестностях этого приближения. Это означает, что полученный результат напрямую зависит от некоторого начального приближения и естественно возникает проблема выбора ее значения.

2. Интеллектуальные методы решения задачи

В основе интеллектуальных методов, как правило, лежит использование различного рода эвристик или эвристических алгоритмов, при разработке которых используются интуитивные предположения, не подкрепленные соответствующим математическим обоснованием. Формирование расписания занятий с помощью некоторых правил (эвристик) позволяет несколько ускорить поиск "наилучшего" расписания, но использование таких алгоритмов в большинстве случаев гарантирует лишь нахождение приближенного решения (достижение локального экстремума). В этом случае возникает проблема оценки близости найденного локального экстремума к глобальному экстремуму.

Одним из подходов решения задачи составления расписания учебных занятий является применение нейронных сетей (НС), которые можно обучать различными способами.

НС можно рассматривать как современные вычислительные системы, которые преобразуют информацию по образцу процессов, происходящих в мозгу человека. Обрабатываемая информация имеет численный характер, что позволяет использовать нейронную сеть, например, в качестве модели объекта с совершенно неизвестными характеристиками.

Оптимизация НС направлена на уменьшение объема вычислений при условии сохранения точности решения задачи на требуемом уровне.

Вторая проблема заключается в разработке качественных алгоритмов обучения нейросети, позволяющих за минимальное время настроить нейросеть на распознавание заданного набора входных образов.

Процесс обучения НС заключается в необходимости настройки сети таким образом, чтобы для некоторого множества входов давать желаемое (или, по крайней мере, близкое, сообразное с ним) множество выходов. Для обучения можно использовать алгоритм обратного распространения ошибки и генетический алгоритм.

Проблемы, связанные с алгоритмом обратного распространения привели к разработке альтернативных методов расчета весовых коэффициентов НС.

Генетический алгоритм является самым известным на данный момент представителем эволюционных алгоритмов и по своей сути является алгоритмом для нахождения глобального экстремума многоэкстремальной функции. Он заключается в параллельной обработке множества альтернативных решений. При этом поиск концентрируется на наиболее перспективных из них. Это говорит о возможности использования генетических алгоритмов при решении любых задач искусственного интеллекта, оптимизации, принятия решений.

Генетические алгоритмы для подстройки весов скрытых и выходных слоев используются следующим образом. Каждая хромосома (решение, последовательность, индивидуальность, "родитель", "потомок", "ребенок") представляет собой вектор из весовых коэффициентов (веса считаются с НС в установленном порядке - слева направо и сверху вниз).

При разработке автоматизированной системы составления расписания также возможно использовать разновидность НС с алгоритм обучения «без учителя». Эти сети являются самоорганизующимися картами Кохонена. Здесь используется «соревнование» нейронов за изменение веса.

3. Предлагаемый метод решения задачи

Предлагаемым методом решения задачи является комбинация нейронной сети и ее настройки с помощью генетического алгоритма. Метод применяется без визуализации данных и не используется формула корректировки весов как в классическом методе. Входными данными для сети является вектор задачи (предварительное расписание без указания времени проведения и номера аудитории), состоящий: номера потока, номера преподавателя, номера занятия. Перед подачей в сеть входные данные нормируются.

Набор весов НС представлен в виде вектора («хромосома»). Веса задаются случайным образом от -1 до 1. Количество хромосом четыре, еще две хромосомы представляют собой двух потомков. Каждая из хромосом соответствует своему, возможно, «лучшему» расписанию. Выходными данными будет вектор ресурсов, состоящий из: аудиторий, учебных пар, учебных дней. После того как на вход сети подан обучающий вектор, который был предварительно нормирован, вычисляем расстояние между входом и выходом сети.

Каждому входу соответствует n выходов, представляющих собой аудиторный фонд. Выбирается лишь тот выход, который наиболее похож на значения входа, т.е. побеждает тот нейрон, у которого расстояние минимальное («Победитель забирает все»). Номер этого нейрона и будет номером строки в расписании для данного занятия. Т.е., выходной нейрон сети представляет собой ячейку расписания.

После подачи на вход сети всех обучающих векторов производится оценка расписания с помощью функций штрафов за нарушения в расписании. Такими нарушениями являются, например, недоступность группы, недоступность аудитории в данное время, дублирование группы на одно и то же время и т.д.

На первой итерации обучения выбираются соответствующие лучшим расписаниям, т.е. расписаниям с минимальными штрафами, два весовых вектора для «скрещивания».

К этим векторам применяется генетический оператор «скрещивания» двухточечный crossover и после чего получаем двух потомков.

Процедура кроссинговера заключается в том, что мы выбираем случайным образом 2 точки разрыва хромосом. До первой точки (и после второй) точки разрыва часть первой хромосомы уходит к первому потомку, от второй хромосомы к первому потомку передается часть, находящаяся между точками разрыва. Для второго потомка все наоборот.

Если сгенерировалась 2-ая точка меньше, чем 1-ая, то точки меняются местами. После завершения создания потомков снова работает сеть и расставляет по полученным хромосомам расписание, соответствующее данной хромосоме потомка.

Затем вычисляются штрафы для этих расписаний. И далее мы имеем три возможных пути (стратегии) обучения сети: потомки лучшие, потомки не лучшие, один из потомков лучший.

Если получилось так, что потомки лучшие, т.е. у них штрафы ниже, чем у предыдущего поколения, то в этом случае надо заменить худшие хромосомы из предыдущего поколения хромосомами потомков, и заменить соответствующие им расписания на расписания потомков. Затем удалить потомков для создания следующего поколения.

4. Заключение

Таким образом, видно, что применение нового метода комбинации нейронной сети и ее настройки с помощью генетического алгоритма значительно помогает облегчить работу диспетчеров расписания.

Список литературы:

1. Низамова Г. Ф. Математическое и программное обеспечение составления расписания учебных занятий на основе агрегативных генетических алгоритмов, 05.13.11 Уфа, 2006 132 с. РГБ ОД, 61:06-5/3794.
2. Каргапольцев С. К., Лашук Н. В. Применение искусственных нейронных сетей в задаче составления расписаний учебных занятий. Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2008 г.
3. С. Оссовский. Нейронные сети для обработки информации. Перевод с польского И.Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2002 г.
4. Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский «Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы». Перевод с польского И.Д. Рудинского. М.: Горячая линия – Телеком, 2006 г.
5. Кораблев А.В. Разработка генетического алгоритма для обучения нейронных сетей в задаче составления учебного расписания. Дипломная работа 2011 год.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АСОНИКА-К ДЛЯ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ С УЧЕТОМ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

М.А. Монахов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Наряду с электрорадиоизделиями (ЭРИ) к отказам радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) приводят отказы механических элементов (МЭ). Поэтому при создании новой (4.12) версии программного комплекса (ПК) АСОНИКА-К в его базовую версию (систему АСОНИКА-К-СЧ) было решено ввести возможность расчета надежности РЭА с учетом МЭ.

Оценка надежности выполняется на ранних стадиях проектирования для осуществления поддержки на этапе конструирования (разработки опытного образца). Выполнение расчета надежности обеспечивает уточнение требований надежности на начальных стадиях конструирования, и предупреждает о вероятности разрушения РЭА за время его эксплуатации.

Как результат, осуществление расчета надежности позволяет внести усовершенствования в разработку РЭА, предотвращая дорогостоящее исправление уже существующей и оптимизировать само время разработки.

Принятые в настоящее время методики расчета надежности РЭА не учитывают влияния отказов МЭ, входящих в состав этой аппаратуры на ее работу. В плане оценки надежности МЭ большой интерес представляют модели, приведенные в американском стандарте NSWC-2011/LE10 [1], разработанного специалистами Кардерокской дивизии ВМФ США.

Расчет надежности для электронного оборудования четко регламентирован в стандартизированных документах в виде военных стандартов, спецификаций и справочников. Такие расширенные источники качественной и надежной информации могут быть использованы непосредственно для расчета оперативной надежности, пока РЭА еще на стадии проектирования.

Общепризнанные методы оценки надежности механического оборудования, опирающиеся на базы данных, не могут быть применены из-за большого разброса значений интенсивности отказов, что характерно для кажущихся похожими компонентов. Несовместимость интенсивности отказов для механических устройств есть результат нескольких основных характеристик механических компонентов:

1. Отдельные механические части, такие как клапана и коробки передач, обычно выполняют более одной функции и неверные данные для нестандартного компонента специфического назначения, чаще всего, недопустимы. Гидравлический клапан, например, может обладать как ручным, так и автоматическим отключающим механизмом.

2. Интенсивности отказов механических компонентов обычно не описываются постоянной интенсивностью отказов из-за износа, усталости металла и других нагрузок, связанных с разрушением оборудования, приводящих к отказу механизма. Сбор информации осложнен, когда постоянность интенсивности отказов не может быть принята, а индивидуальное время неисправности должно быть приписано к общему времени работы и к общему времени восстановления.

3. Надежность МЭ более чувствительна к нагрузке, режиму управления и коэффициенту эксплуатации, чем надежность ЭРИ. Данные интенсивности отказов, опираю-

щиеся только на время работы, обычно не применимы для расчета надежности МЭ.

4. Определение отказа для МЭ зависит от условий их эксплуатации. Например, отказ вследствие чрезмерного шума или утечки не может быть установлен однозначно для всех типов МЭ. Недостаток в подобной информации в базе данных интенсивности отказов МЭ ограничивает ее полезность.

Вышеуказанные недостатки в базах данных интенсивности отказов приводят к проблемам в применении интенсивности отказов в современном анализе надежности. Например, наиболее часто применяемые средства для определения характеристик надежности МЭ сводятся к перечислению режимов неисправности компонентов, уровней эффектов системы, вопросов критической безопасности и действий по обслуживанию РЭА. Оценка времени жизни МЭ - это сложная инженерная задача.

Множество факторов, приводящих к отказам, такие как, коррозия, эрозия, ползучесть и усталость металла воздействуют на МЭ одновременно и оказывают взаимное влияние на надежность. Так же стоит отметить, что нагрузка на МЭ может быть статическая, циклическая и динамическая на различных этапах жизненного цикла, а жесткость нагрузки так же может быть переменной. Изменчивость материалов и невозможность создать эффективную базу данных по условиям применения, таких как рабочее давление, температура и вибрация, еще более осложняют оценку времени эксплуатации.

Расчет надежности МЭ требует рассмотрения влияния на них окружающей среды в зависимости от широкого диапазона нагрузок (например, импульсная нагрузка). Расчет надежности МЭ должен проводиться с учетом предполагаемого влияния среды

Множество МЭ подвержены износу и другим разрушающим механическим процессам, поэтому модели надежности должны включать в себя параметры, которые доступны разработчику РЭА. Технический Университет Луизианы поставил перед собой задачу создать инженерную модель механического износа, которая согласована с нагрузкой, воздействующей на материалы.

Эта модель по определению износа учитывает специфику материалов, свойства смазки, нагрузку, примененную к детали и многие другие аспекты процесса износа [2]. Взаимосвязь между свойствами материалов и коэффициентом износа была использована для выведения обобщенных уравнений длительности эксплуатации в связи с износом для силовых узлов и других компонентов, подверженных поверхностному износу.

В другом исследовании, для смазанных и несмазанных сцепленных пазов контролировалось угловое рассогласование и параметры нагрузки, что позволило получить эмпирические данные для подтверждения модели интенсивности отказов сцепленных пазов. Эти исследовательские испытания были проведены в Военно-морском Центре в Патаксент Ривер, штат Мэриленд [3]. Специальная вращающая сцепленные пазы машина была разработана для сбора данных по надежности в контролируемых рабочих условиях.

Высокоскоростное циклическое вращение было использовано для установления взаимосвязи между типом и количеством смазки, использованной в сцепленных пазах, и сроком эксплуатации детали. Дополнительные тесты определили эффекты затвердевания материала, вращающий момент, скорость вращения и угловое ускорение за эксплуатационный период.

Результаты данного исследовательского проекта по износу материалов были использованы для разработки и

уточнений моделей надежности для компонентов, подверженных этому механизму отказов.

Примеры, включенные в стандарт NSWC-2011/LE10 [1] демонстрируют, что не существует упрощенных способов расчета надежности МЭ. Самый точный результат получался при расчете надежности с учетом воздействия рабочей среды РЭА при ее рассмотрении на уровне МЭ.

Интенсивности отказов, выведенные из уравнений для частного случая, впоследствии позволили определить эксплуатационный срок многих других МЭ. Важно понимать, что интенсивности отказов, вычисленные из уравнений стандарта NSWC-2011/LE10 [1], зависят от времени, а значит, интенсивности отказов для МЭ должны суммироваться по периодам времени для получения общей интенсивности отказов РЭА.

Также, некоторые параметры ограничены по времени существования. Например, модель интенсивности отказов для тарельчатого клапана содержит параметр шероховатости поверхности, который ухудшается как функция от времени, доходя до трех порядков. Такие же проблемы существуют во многих других моделях интенсивности отказов для механических элементов.

Наряду со NSWC-2011/LE10 [1] выпускается программа MechReal. Однако, применение этой программы, равно как и модулей «Reliability prediction» систем RAM Commander, Relex, BlockSim и др., осложняется тем, что в их базах данных отсутствуют физико-химические характеристики материалов, а содержатся только «усредненные» значения. Это приводит к существенным погрешностям при оценке интенсивностей отказов МЭ и ограничивает возможность обоснования эффективности мероприятий, направленных на повышение надежности [4].

Так как основу таких расчетов составляют исходные данные, то в настоящее время проводятся исследования моделей интенсивностей отказов МЭ стандарта NSWC-2011/LE10 [1] с целью классификации их параметров и коэффициентов по следующим признакам:

- переменные проектирования (геометрические размеры, режимы применения и т.д.);
- физико-химические характеристики материалов (твердость, теплопроводность, и др.);
- эмпирические коэффициенты;
- физические константы (абсолютная температура, постоянная Больцмана и др.).

На основе этих исследований будут написаны рекомендации для пользователя, интегрированные в справочную часть БД системы АСОНИКА-К-СЧ, что позволит проводить расчеты надежности МЭ не по «усредненным», а по значениям, нормированным в ГОСТах, ОСТах, ТУ и других нормативно-справочных документах [5].

Для реализации этого необходимо разработать ряд новых классов для справочной части базы данных (СЧ БД) системы. Таблицы базы данных содержат параметры, обозначения и ключи для связи с главной таблицей. Так как наборы данных часто повторяются, то каждому набору данных в таблице ставится в соответствии свой идентификационный номер, что позволяет экономить информационный объем таблиц. Все данные таблиц СЧ БД делятся на три основные группы:

- основные параметры ЭРИ или МЭ;
- параметры вероятностных моделей ЭРИ или МЭ, используемых в расчетах надежности РЭА по постепенным отказам;
- параметры моделей расчета эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ и расчета надежности РЭА.

В свою очередь группы параметров делятся на подгруппы, каждая из которых отражает содержимое одной таблицы (или нескольких таблиц). Особенностью структуры СЧ БД является то, что хранящиеся в СЧ БД данные извлекаются при помощи запросов, содержащихся в этой же СЧ БД. Каждый ЭРИ и МЭ имеет свои уникальные значения параметров. Каждый ЭРИ и МЭ привязан к какой-либо группе и (или) подгруппе, это достигнуто путем соответствия номеров в столбцах NomGrupp и NomPodgrupp главной таблице класса номерам в таблицах Grupp и Podgrupp соответственно.

ЭРИ и МЭ любого класса имеет уникальный номер, хранящийся в поле ConstrTU, который позволяет хранить в СЧ БД несколько параметров на один ЭРИ или МЭ. В этом случае пользователь может выбрать тот параметр ЭРИ или МЭ, который хочет получить из БД. К этим данным относятся номера ТУ и другие параметры. В главной таблице любого класса хранятся данные, уникальные для каждого ЭРИ или МЭ. Такая структура СЧ БД позволяет существенно сократить время заполнения БД, а также её размер.

Определение надежности и ремонтпригодности деталей, компонентов механизмов и РЭА в целом является важнейшей задачей производителей современной техники будь то механизированной или электронной. Надежность на сегодняшний день вносит существенное влияние, как на технические параметры устройства, так и на размер и внешний вид конструкций.

Разработка баз данных оценки надежности РЭА с учетом МЭ, входящими в состав этой аппаратуры, имеет большую практическую ценность, так как учитывает воздействия отказов МЭ приводящих к отказам РЭА.

Отличительной чертой данной разработки являются исследования, направленные на создание концептуальной модели базы данных, которая впоследствии будет интегрирована в справочную часть базы данных ПК АСОНИКА-К [6]. Это позволит производить расчеты не по «усредненным» значениям, как реализовано в зарубежных программах, а по значениям, приведенным в нормативно-справочных документах.

Список литературы:

1. NSWC-06/LE10. Handbook of Reliability prediction Procedures for Mechanical Equipment.
2. Randall F. Barron, "Engineering Model for Mechanical Wear", Report No. CMLDCR-09-88, June 1988; Louisiana Tech University.
3. Dennis N. Pratt, "Investigation of Spline Coupling Wear", Report No. SY-51R-87, December 1987, Naval Air Warfare Center, Patuxent River, Maryland.
4. Zhadnov V. Methods and means of the estimation of indicators of reliability of mechanical and electromechanical elements of devices and systems. / Reliability: Theory & Applications, Vol. 2, No 4, 2011. - p. 94-102.
5. Жаднов В.В., Сарафанов А.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств: Учебное пособие. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. - 464 с.
6. Монахов М.А. Разработка баз данных для расчета интенсивности отказов механических элементов в системе АСОНИКА-К-СЧ. / VI Международная научно-практическая конференция учащихся и студентов. - Протвино: Учебный центр «Прометей», 2013.

БАЗА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОРТАЛА ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ НАДЕЖНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ЭС

П.А. Цыганов

факультет Электроники и телекоммуникаций

При разработке различных интернет-ресурсов большое внимание необходимо уделять проектированию их баз данных (БД). Не один ресурс, который предполагает хранение и обработку информации, не может обойтись без БД. В докладе рассматриваются вопросы разработки структуры БД портала для специалистов в области надежности ЭС [1] и взаимодействия с ней пользователей.

База данных информационного портала для специалистов в области надежности ЭС проектируется с использованием свободной системы управления базами данных MySQL. Эта система является отличным решением для малых и средних приложений и совместима со многими интернет-серверами. Она поддерживает разные типы таблиц. Пользователи могут выбрать как таблицы типа MyISAM, поддерживающие полнотекстовый поиск, так и таблицы InnoDB, поддерживающие транзакции на уровне отдельных записей.

Для реализации взаимодействия базы данных с HTML-формами добавления информации в базу данных используется язык PHP. Это скриптовый язык программирования общего назначения, интенсивно применяемый для разработки веб-приложений. В настоящее время поддерживается подавляющим большинством хостинг-провайдеров и является одним из лидеров среди языков программирования, применяющихся для создания динамических веб-сайтов. PHP является языком программирования с динамической типизацией, не требующим указания типа при объявлении переменных, равно как и самого объявления переменных.

На рис. 1 показан укрупненная структура базы данных информационного портала.



Рис. 1. Структура базы данных информационного портала

Основой базы данных являются справочники, содержащие информацию о характеристиках надежности электронной компонентной базы, компонентах компьютерной техники и др. [2] Справочник электрорадиоизделий содержит информацию из Справочника «Надежность ЭРИ» и MIL-HDBK-217. Справочники разделены на разделы. В каждом разделе собраны компоненты, которые соответствуют своему классу и типу и попасть в другой раздел не

могут. Это упрощает поиск по БД и увеличивает производительность. Пользователь, выбрав класс, группу и тип, получает список компонентов, которые содержатся в базе данных и соответствуют его запросу. Кроме того, на портале планируется реализовать поиск по названию компонента, его характеристикам, классу, типу и ключевому слову. Получив информацию, пользователь может либо продолжить поиск, либо покинуть информационный портал.

На рис. 2 показана укрупненная блок-схема алгоритма взаимодействия пользователя с порталом.

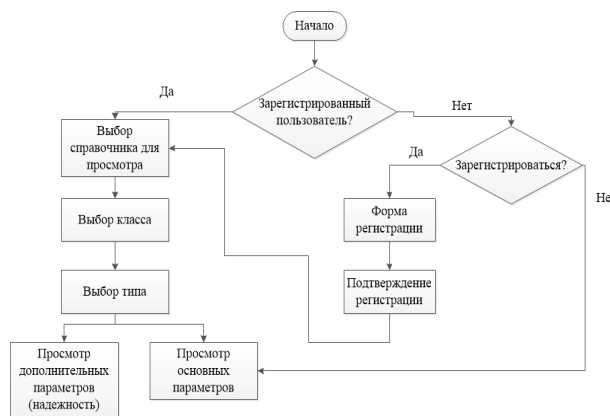


Рис. 2. Блок-схема алгоритма взаимодействия пользователя с порталом

Пользователи портала делятся на два типа: зарегистрированный пользователь и незарегистрированный пользователь. Пользователь, который зарегистрирован на портале может получать подробную информацию о компоненте (например, о ПЛИС, а именно:

- основные параметры: производитель, напряжение питания, количество выводов и мощность рассеивания
- дополнительные параметры: базовая интенсивность отказов, коэффициент приемки, площадь кристалла и т.п.

Зарегистрированный пользователь имеет возможность пользоваться поиском в полном объеме и пользоваться «обратной связью» портала. Незарегистрированный пользователь может просматривать только основную информацию и пользоваться поиском по названию. Пользователь, который хочет зарегистрироваться, заполняет соответствующую форму и, после получения письма на свою электронную почту, подтверждает свою регистрацию, после чего может пользоваться возможностями портала в полном объеме.

База данных информационного портала позволяет хранить информацию о различных характеристиках компонентов. Простая структура базы данных позволяет ускорить поиск информации в БД, что снижает количество времени, затраченного на поиск.

Список литературы:

1. Цыганов П.А., Жаднов В.В. Информационный портал для специалистов в области надежности радиоэлектронных средств. / Инновационные информационные технологии: м-лы Международной науч.-практич. конф. - М.: МИЭМ, 2012. - с. 337-340.
2. Жаднов В.В. Информационные технологии в прогнозировании надежности электронных средств. / Информационные технологии в проектировании и производстве, № 1, 2012. - с. 20-25.

УПРАВЛЕНИЕ ОРИЕНТАЦИЕЙ ШАРООБРАЗНОГО СОЛНЕЧНОГО ПАРУСА С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ОТРАЖАЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

А.Н. Федоренко

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

Исследуется возможность применения солнечных парусов на орбите Земли. Оцениваются характерные параметры солнечного паруса состоящего из шести шаров, симметрично расположенных относительно космического аппарата.

Введение

Использование солнечных парусов является перспективным способом для управления космическими аппаратами без использования топлива. Такие паруса представляют собой очень тонкие мембраны большой площади, на которые действует давление фотонов Солнца. Давление

света определяется формулой $P = \frac{S_0}{c} \left(\frac{r_0}{r} \right)^2$,

где $S_0 = 1368 \text{ Вт/м}^2$ солнечная постоянная,

$c = 3 \times 10^8 \text{ м/с}$ скорость света, r_0 равно одной астрономической единице. На орбите Земли давление приблизительно равняется $4,6 \times 10^{-6} \text{ Н/м}^2$.

Модель полного зеркального отражения всех падающих на поверхность фотонов является самой простой. Сила, действующая на плоский парус в этом случае, выражается формулой

$\vec{F}(r) = -2P\Omega \cos^2(\alpha) \vec{n}$, где \vec{n} нормаль к поверхности, Ω площадь поверхности, α угол между направлением солнечных лучей и нормалью к плоскости паруса (Рис.1).

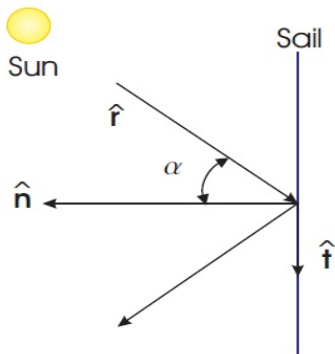


Рис.1. Модель паруса с идеальным отражением.

Одной из идей использования парусов в космосе является возможность изменения оптических свойств поверхности и, соответственно, направления и абсолютной величины действующей силы. Если изменять давление света в различных частях паруса, то это может позволить выполнить его поворот. Использование поверхностей с изменяемыми оптическими коэффициентами позволило бы выполнять повороты спутников на орбите Земли без рывков и с минимальными затратами энергии.

Пример паруса из шести шаров.

В качестве одного из вариантов паруса рассмотрим конструкцию из 6 шарообразных солнечных парусов, прикрепленных к аппарату длинными штангами. Каждый из шаров разбит на элементарные секции (пиксели). Пиксели могут находиться в двух состояниях. Цветными обозначим неактивные участки паруса, почти полностью поглощаю-

щие или пропускающие солнечный свет. Такие пиксели могут воздействовать на парус только за счет падающих фотонов либо переизлучения поглощенной энергии. Белым цветом покажем активные пиксели, которые основную часть излучения отражают, а остальное поглощают (Рис.2). Будем считать, что космический аппарат находится в центре конструкции, на пересечении штанг. Систему в первом приближении можно считать жесткой, т.е. не учитывать деформацию штанг и самого паруса.

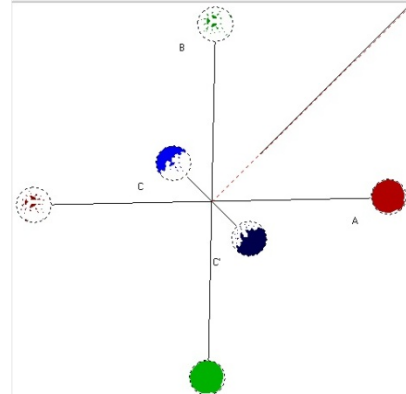


Рис.2. Схема солнечного паруса. Пунктирной линией обозначена ось вращения.

Изменение конфигурации активных и неактивных пикселей позволяет менять давление света на различные участки паруса. Это, например, можно реализовать с помощью квадратных плоских поворачивающихся пластин (пикселей), или пластин из материала, который меняет свою отражающую способность под действием электрического тока. Энергию на поворот пластин аппарат может получать либо от солнечных батарей, либо от изотопной батареи.

Постановка задачи и результаты.

Для реализации идеи необходимо рассчитать конфигурации состояния пикселей так, чтобы на систему действовал момент сил, необходимый для поворота вокруг заданной оси. Будем считать конструкцию абсолютным твердым телом и введем абсолютную систему координат $Oxyz$ и систему $Ox'y'z'$, с началом в центре масс и связанную со спутником. Примем так же, что оси системы $Ox'y'z'$ являются главными осями инерции. Для каждого пикселя можно подсчитать, какой он момент создаст в активном или неактивном состоянии.

Для определения угловых скоростей и координат решается система уравнений движения:

$$A \frac{dp}{dt} + (C - B)qr = M_1$$

$$B \frac{dq}{dt} + (A - C)pr = M_2$$

$$C \frac{dr}{dt} + (B - A)pq = M_3,$$

где A, B, C - главные моменты инерции, p, q, r - компоненты угловых скоростей в системе $Ox'y'z'$, M_i компоненты вращающего момента в подвижной системе. Матрица поворота Q определяется из решения уравнения для кватернионов:

$$\begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \\ \dot{q}_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & r & -q & p \\ -r & 0 & p & q \\ q & -p & 0 & r \\ -p & -q & -r & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_0 \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} (q_0^2 + q_1^2 - q_2^2 - q_3^2) & 2(q_1q_2 + q_0q_3) & 2(q_1q_3 - q_0q_2) \\ 2(q_1q_2 - q_0q_3) & (q_0^2 - q_1^2 + q_2^2 - q_3^2) & 2(q_2q_3 + q_0q_1) \\ 2(q_1q_3 + q_0q_2) & 2(q_2q_3 - q_0q_1) & (q_0^2 - q_1^2 - q_2^2 + q_3^2) \end{bmatrix}$$

На языке C++ была разработана программа, которая в каждый момент времени маневра подбирает подходящую конфигурацию пикселей, определяет текущую ориентацию, возникающие вращающие моменты, угловые скорости и имитирует поворот конструкции. Анализируя работу программы, были получены оценки для вращающих воздействий и угловых скоростей в зависимости от геометрических и массовых параметров паруса, оптических коэффициентов материала и площади одного пикселя.

Опираясь на полученные результаты, был исследован вопрос об осуществлении поворота при появлении какого-либо иного воздействия, в частности, градиента гравитации Земли. Вращающий момент, возникающий из-за действия гравитации, выражается формулой

$$\vec{M} = 3 \frac{\mu}{R_0^2} \begin{bmatrix} (-B + C)Q_{23}Q_{33} \\ (A - C)Q_{13}Q_{33} \\ (-A + B)Q_{13}Q_{23} \end{bmatrix},$$

где $\mu = 3.9860 \times 10^{14} \text{ м}^3/\text{с}^2$ гравитационный параметр Земли, R_0 расстояние между центрами тяжести Земли и спутника, A, B, C - главные моменты инерции, Q_{ij} элементы матрицы перехода от абсолютной системы координат к подвижной.

Получив величину дополнительного вращающего момента, программа учитывает его при управлении ориентацией, а так же позволяет подобрать длину штанг и радиус шаров для поворота или удержания конструкции в устойчивом состоянии. Исходя из этих параметров, а так же времени на осуществление маневра, можно сделать выводы, можно ли применить парус для управления ориентацией аппарата в определенной космической миссии. В качестве примеров был рассмотрен вращающий момент, действующий на конструкцию из-за градиента гравитации в зависимости от высоты орбиты Земли.

В первом примере осуществлялись расчеты для цилиндрического спутника диаметром 1 м , высотой 1 м и равномерно распределенной массой 100 кг . Главные моменты инерции вокруг главных осей равны $A = B \approx 14,58 \text{ кг} \times \text{м}^2$, $C = 12,5 \text{ кг} \times \text{м}^2$.

На Рис.3 приведены результаты вычислений для различных орбит.

Второй пример рассчитывался для цилиндрического спутника диаметром 2 м , высотой 2 м и равномерно распределенной массой 300 кг . Его моменты инерции $A = B = 175 \text{ кг} \times \text{м}^2$, $C = 150 \text{ кг} \times \text{м}^2$.

На Рис.4 приведены результаты вычислений для различных орбит.

Выводы.

Полученные в работе результаты позволяют сделать вывод о том, что, не смотря на некоторую фантастичность рассматриваемого проекта, он вполне может быть реализован. Потребность в таких энергетически мало затратных системах управления космическими аппаратами постоянно повышается. Получаемые в расчетах зависимости позволяют осуществлять прогнозирование поведения космического аппарата при выполнении тех или иных маневров на орбите.

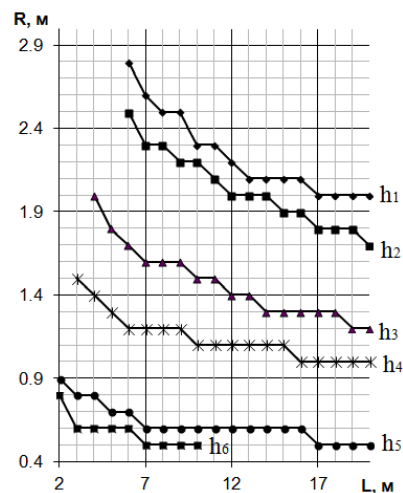


Рис. 3. Соотношения между длиной штанги L и минимальным радиусом элементов паруса R при максимальной разности в моментах инерции $KA \ 2 \text{ кг} \times \text{м}^2$, на соответствующих высотах орбит: $h1=100 \text{ км}$, $h2=1000 \text{ км}$, $h3=5000 \text{ км}$, $h4=10000 \text{ км}$, $h5=30000 \text{ км}$, $h6=42000 \text{ км}$.

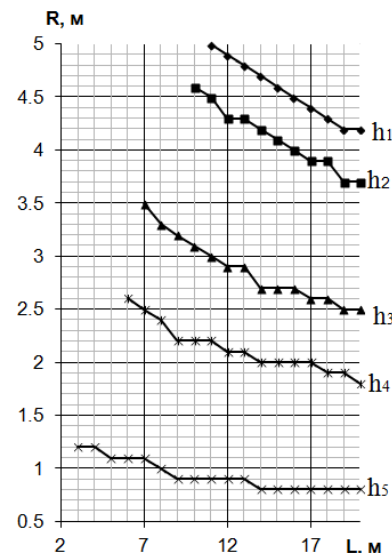


Рис. 4. Соотношения между длиной штанги L и минимальным радиусом элементов паруса R при максимальной разности в моментах инерции $KA \ 25 \text{ кг} \times \text{м}^2$, на соответствующих высотах орбит: $h1=100 \text{ км}$, $h2=1000 \text{ км}$, $h3=5000 \text{ км}$, $h4=10000 \text{ км}$, $h5=42000 \text{ км}$.

Список литературы:

1. Leonel Rios-Reyes. Solar Sails: Modeling, Estimation, and Trajectory Control. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Aerospace Engineering) in The University of Michigan, 2006, 164 с.
2. Wright, J., Space Sailing, Gordon and Breach Science Publishers, Philadelphia, 1992, 232 с.
3. Чумаченко Е.Н., Данхем Д.У., Назиров Р.Р., Кулагин В.П., Малашкин А.В., Эйсмонт Н.А., Федоренко А.Н., О задаче моделирования и управления шарообразными космическими парусами, Вестник ТГТУ (ISSN 0136-5835), Том 17, № 4, 2011, Transactions TSTU, с. 1044-1052.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ

Д.Ю. Бурькин

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В данной работе предоставляется обзор основных алгоритмов сжатия данных, их реализация в современных программных продуктах, а также перспективность их совершенствования с учетом современных требований к эффективности передачи информации.

Введение

Целью данной работы является анализ существующих алгоритмов сжатия данных, их применения и оценка перспективности их развития в различных технологиях передачи данных.

В первом разделе статьи описываются алгоритмы сжатия данных, а также предпосылки их создания. Во втором разделе излагается применение указанных алгоритмов в различных программных средствах. В заключении обосновывается перспективность развития алгоритмов сжатия данных.

Обзор алгоритмов сжатия данных

Сжатие данных – алгоритмическое преобразование данных, уменьшающее их исходный объем

Цель сжатия данных – более рациональное использование канала связи при передаче данных. За счет уменьшения объема передаваемой информации снижается доля пропускной способности канала связи, приходящаяся на эти данные. Тем самым можно передавать больше пакетов от одного источника информации по тому же каналу. А это в свою очередь влечет за собой сокращение времени передачи данных.

Исходя из способности сохранять целостность данных, все *виды алгоритмов* сжатия можно подразделить на те, которые обеспечивают компрессию без потери (*сжатие без потерь*) информации и те, в результате применения, которых часть исходной информации теряется (*сжатие с потерями*).

Все алгоритмы сжатия данных, также как и сама идея сжатия, основаны на концепции устранения *избыточности* информации. Впервые явление избыточности информации описал в начале 40-х годов XX века К. Шеннон в своей работе «Математическая теория связи». Шеннон сформулировал теорему, которая утверждает, что в канале связи без помех можно так преобразовать последовательность символов источника в последовательность символов кода, что средняя длина символов кода может быть сколь угодно близка к *энтропии источника сообщений* $H(X)$, определяемой как:

$$H(X) = -K \sum_{i=1}^N p_i(x) \log p_i(x)$$

В этом выражении K – некоторая константа, отвечающая за выбор системы единиц, p_i – вероятность появления конкретного сообщения из N возможных символов алфавита источника информации. Число N называют также *объемом алфавита* источника.

Энтропия источника $H(X)$ выступает количественной мерой разнообразия выдаваемых источником сообщений и является его основной характеристикой. Чем выше разнообразие алфавита X сообщений и порядка их появления, тем больше энтропия $H(X)$ и тем сложнее эту последовательность сообщений сжать. Энтропия источника макси-

мальна, если априорные вероятности сообщений и вероятности их выдачи являются равными между собой.

Единицей измерения энтропии является *бит*. 1 бит – это та неопределенность, которую имеет источник с равновероятной выдачей двух возможных сообщений, обычно символов "0" и "1".

Энтропия $H(X)$ определяет среднее число двоичных знаков, необходимых для кодирования исходных символов (сообщений) источника.

В соответствии с теоремой Шеннона, наиболее часто повторяющиеся блоки данных как раз и являются наиболее *«избыточными»*, и, следовательно, они могут быть представлены в более компактном (*сжатом*) виде.

По способу устранения избыточности алгоритмы сжатия делят на следующие категории:

- Алгоритмы кодирования повторов (Run-Length Encoding – RLE)
 - Вероятностные (статистические) методы сжатия
 - Методы сжатия, основанные на словарях
- Все эти методы используются в алгоритмах *сжатия данных без потери информации*.

Также, есть методы, которые используются, как без потери данных, так и с потерей данных – алгоритмы сжатия аудио, видео и изображений. Но наибольшую эффективность (максимальный коэффициент сжатия) эти алгоритмы имеют при использовании сжатия с потерями.

Анализ программных продуктов сжатия данных

Реализация указанных алгоритмов сжатия данных находит место как в программных средствах, так и в аппаратных. Исследование автора показало, что для технологий передачи данных наибольший интерес и актуальность представляет развитие программных средств сжатия информации.

При этом важно отметить, что в технологиях передачи данных глобальных и локальных сетей (LAN, WAN) продукты сжатия используются, как правило, не *динамически* (программные средства Stacker, Predictor), выполняя сжатие передаваемых данных «на лету» перед отправкой по каналу связи, а *статически*, т.е. в сеть поступают уже предварительно сжатые данные с помощью широко известных утилит как WinRAR, WinZIP, 7Zip и т.п.

Изначально идея передачи данных меньшего размера, чем исходный предназначалась каналам связи с низкой пропускной способностью (не более 64 Кбит/с). Поэтому в результате появления линий связи со значительно большей пропускной способностью таких, как T1 (1,5 Мбит/с), E1 (2 Мбит/с), T3 (~45 Мбит/с) и SONET (52 Мбит/с – 13 Гбит/с), идея динамического программного сжатия данных на *канальном уровне* сетевой модели OSI в некоторой степени утратила свою актуальность, а вместе с ней утратил свою актуальность стандартный протокол передачи данных V.42bis, в котором использовалось семейство алгоритмов сжатия MNP.

Однако большинство производителей по-прежнему использует метод динамического сжатия в своих сетевых устройствах – мостах, маршрутизаторах, коммутаторах. В частности, наиболее популярным на сегодняшний день протоколом передачи данных, использующим метод динамического сжатия, является протокол PPP (Point-to-Point Protocol) и его разновидности в сетевых технологиях Ethernet (PPPoE) и ATM (PPPoA). Причем этот протокол, как правило, используется в сетях, где по-прежнему для передачи данных используются низкоскоростные телефонные каналы связи. А сжатие осуществляется программными средствами Stacker и Predictor.

Закключение

Несмотря на падающую популярность методов динамического сжатия информации, задача реализации этих методов, по мнению автора данной работы, по-прежнему актуальна во многих сферах передачи данных.

В первую очередь, это касается передачи информации (изначально аналоговой, речевой) по *коротковолновым каналам* беспроводной связи с последующей оцифровкой (с помощью соответствующих модемов) и дальнейшей передачей полученных данных по заведомо низкоскоростным каналам связи. Задача сжатия передаваемой информации является здесь актуальной хотя бы потому, что на сегодняшний день коротко-волновый способ обмена информацией является, по сути, единственным способом обмена при отсутствии других средств связи. Этот способ активно используется ВМФ РФ и метеорологами.

Другой сферой развития технологий сжатия данных является *сжатие мультимедийной информации*. Задача совершенствования алгоритмов сжатия такой информации особенно актуальна в связи с ее растущими объемами и желанием передавать ее за минимально короткое время.

Поэтому задача повышения эффективности передачи данных путем совершенствования и последующей реализации алгоритмов сжатия данных является актуальной. Изучение и поиск новых решений этой задачи является основным направлением исследований автора данной работы.

Список литературы:

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006 – 958 с.: ил.
2. Столингс В. Передача данных. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 750с.: ил. – (Серия «Классика computer science»), стр. 279-318
3. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука - Москва: Техносфера, 2004. - 368с.
4. Salomon, D. Data Compression: The Complete Reference. 4th edition - Springer-Verlag London Limited, 2007
5. Ведев Д. Компрессия данных при организации удаленного доступа к компьютерным сетям. (<http://www.compression.ru/arctest/descript/lan-comp.htm>)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ ОБЪЕКТНО-АТРИБУТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

И.А. Орлов

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Аннотация

В статье приводится описание работ по созданию тестовых пакетов для имитационной модели распределенной вычислительной системы объектно-атрибутной (ОА) вычислительной системы и анализу результатов моделирования и анализ данных, полученных в результате проведенных запусков тестовых пакетов. Работы проводились в рамках НИР «Исследование и разработка архитектуры и среды программирования перспективной суперкомпьютерной системы на основе динамической модели вычислений с управлением потоком данных» при финансовой поддержке Министерства образования РФ.

Введение

Основная цель работы – создание тестовых пакетов для запуска на модели распределенной вычислительной ОА-системы и анализа данных, полученных в результате моделирования для определения оптимальных архитектуры и

параметров вычислительной системы (ВС). Работа, проделанная ранее в рамках выполнения НИР описаны в [1]. В ходе выполнения НИР были также созданы семь пакетов, мы же участвовали в создании тестового пакета «GREP». Алгоритм GREP предназначен для выделения из текста подстрок, удовлетворяющих заданному шаблону (шаблон задается в виде регулярных выражений).

ОА-архитектура строится на парадигме управления вычислительным процессом с помощью потока данных (dataflow), что коренным образом отличается от наиболее популярной на данное время парадигмы управления вычислительным процессом потоком команд (control flow). ОА-система представляет собой совокупность функциональных устройств (ФУ), обменивающихся между собой сообщениями. Вычисления в такой системе порождаются приходом данных к ФУ: ФУ, собрав необходимы комплект данных, производит вычисления и раздает результаты другим ФУ [1].

Трудность оценки производительности dataflow-систем заключается в том, что для них практически не разработаны тестовые пакеты для определения производительности: популярные тесты SPEC, Linpack, NPB и т.д. предназначены для тестирования систем control flow. Поэтому в ходе выполнения НИР потребовалось создание специализированных пакетов для оценки производительности dataflow-ВС и тест GREP в том числе.

Реализация теста GREP

Тесты создавались для запуска в среде ОА программирования и моделирования. Среда позволяет создавать виртуальные ФУ, и программировать их посредством специально разработанного языка программирования, входящего в состав среды, и получать результаты моделирования. Виртуальное ФУ обладает тем же функционалом, что и реальное устройство, поэтому в ОА-системе моделирование происходит по принципу один в один (т.е. модель полностью копирует реальный вычислительный процесс). Для реализации процесса моделирования в состав среды входят дополнительные виртуальные ФУ: Планировщик, в «обязанности» которого входит распределение вычислительных ресурсов (любое ФУ может находиться либо в пассивном состоянии, либо в активном, когда планировщик выделяет для ФУ вычислительные ресурсы (например, процессорное ядро); и ФУ Контроллер событий (Eventser), который синхронизирует все вычислительные процессы во время моделирования и модельное время наступления событий (ФУ используется только для организации процесса моделирования в реальной системе присутствовать не будет).

Для реализации теста Grep понадобилось создать пять типов виртуальных ФУ, обладающие тем же функционалом, что и реальные ФУ:

1. ФУ генерации строк (StringsSource): ФУ осуществляет чтение данных из файла.

2. ФУ-менеджер (Manager), организующий распределение задач по исполнительным устройствам: производит создание виртуальных исполнительных ФУ, осуществляет распределение вычислительных заданий и пересылку необходимых для обработки данных на исполнительные ФУ;

3. Исполнительное ФУ (Regexp): непосредственно осуществляют выделение подстрок и их передачу на ФУ-коллектор)

4. ФУ-коллектор (Regexp Collector): осуществляет сбор результатов вычислений (подстрок, найденных по шаблону), и их передачу потребителю, например, ФУ записи текстового файла.

5. Приёмщик лексем (Strings Receiver): принимает поток выделенных подстрок и производит их сохранение, например, в файл.

Структура ВС для прогона тестового пакета приведена на рис. 1. На рисунке изображены очереди ожидания заявок на разбор строк к каждому исполнительному ФУ (поступившие к исполнительному ФУ строки при занятости ФУ, помещаются в очередь ожидания) и очередь ожидания обслуживания выделенных подстрок, поступающих от исполнительных ФУ к сборщику результатов.

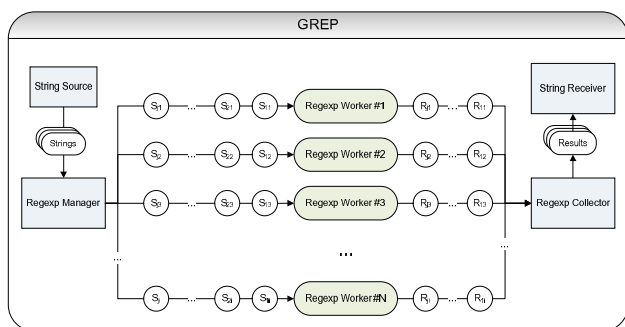


Рис. 1. Структура вычислительной системы для моделирования GREP

На рис. 2 приведёт алгоритм работы ФУ Менеджер. Так, в начале своей работы ФУ клонирует виртуальное исполнительное устройство (при клонировании ФУ сохраняются все настройки эталонного устройства) – именно эти ФУ и будут выполнять выделение подстрок. Затем происходит инициализация переменной *AttrCount*, в которой хранится номер генерируемой строки (этот номер необходим для восстановления первоначального порядка следования результатов на Сборщике результатов, т.к. выделенные подстроки поступают к нему в хаотическом порядке). Далее Менеджер осуществляет чтение очередной текстовой строки из файла и формирует из нее информационную пару (ИП), состоящую из атрибута, куда помещается значение из *AttrCount* и самой строки.

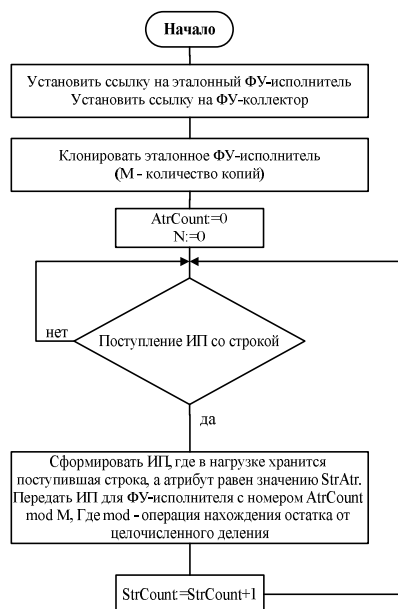


Рис. 2. Алгоритм работы ФУ «Менеджер» для реализации бенчмарка команды GREP

Для реализации бенчмарка GREP была составлена программа на ОА-языке, описывающая алгоритм работы ОА-ВС.

Результаты прогона теста GREP

В качестве параметров модели вычислительной системы, на которой проводилось моделирование были выбраны:

1. количество ФУ для решения вычислительной задачи;

2. количество исполнительных устройств (процессорных ядер в вычислительной системе);
3. время планирования вычислений (время предоставления для ФУ исполнительного устройства);
4. время, затраченное ФУ на вычисления.

На рис. 3 представлен график, иллюстрирующий результаты прогона серии тестов (обрабатывался текст, содержащий 18 тыс. знаков). Срезы скатов 3-мерного графика имеют форму гиперболы, что полностью совпадает с законом Амдала, который описывает производительность многопроцессорной ВС $S(1)$.

$$S = \frac{1}{\alpha + \frac{1-\alpha}{p}} \quad (1)$$

где α – коэффициент параллелизма программы ($\alpha=0$ в том случае, если программа полностью параллельная, и $\alpha=1$, если программа полностью последовательная);

p – число параллельно работающих исполнительных устройств.

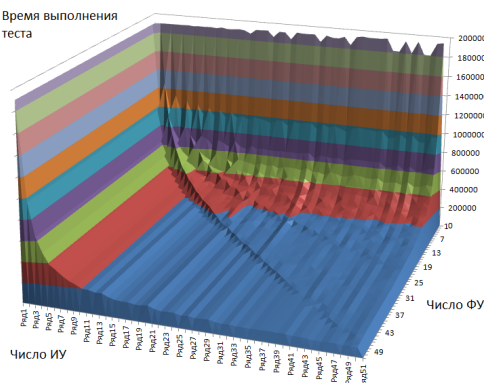


Рис. 3. Зависимость времени выполнения теста GREP от числа ФУ и исполнительных устройств

Заключение

В результате моделирования была определена оптимальная конфигурация ОА-системы при запуске теста GREP: при числе ФУ равном числу исполнительных устройств достигается максимальная производительность ВС.

Результаты моделирования ОА-ВС также приведены в [3,4].

Список литературы:

1. Орлов И.А. Инструментальные средства разработки объектно-атрибутивной программы // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ 2012
2. Салибекян С.М., Панфилов П.Б. Перспективная суперкомпьютерная система на основе объектно-атрибутивной модели вычислений с управлением потоком данных / Конференция «Развитие суперкомпьютерных и грид-технологий в России» в рамках «Второго Московский Суперкомпьютерного форума» Россия, Москва, ВВЦ 26–27 октября 2011 года URL: http://www.hpc-platform.ru/tiki-download_file.php?fileId=82
3. С.М. Салибекян, Аминев Д.А., Хакимулин Е.Р. Результаты моделирования объектно-атрибутивной вычислительной системы // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: Материалы международной практической конференции (1–10 октября 2012 года, г. Сочи). / Под ред. С.У. Увайсова: Отв. За вып. И.А. Иванов – М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2012. 618 с., стр. 261–264 URL: www.diag.ru
4. С.М. Салибекян, П.Б. Панфилов Моделирование суперкомпьютерной вычислительной системы объектно-атрибутивной архитектуры с управлением потоком данных // Национальный суперкомпьютерный форум (29–30 ноября 2012 года, г. Переславль Залесский) URL: www.2012.nscf.ru

ЖАДНЫЙ АЛГОРИТМ КЛАСТЕРИЗАЦИИ, УЧИТЫВАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТЫ СХОЖЕСТИ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ НОВОГО ДОКУМЕНТА В КЛАСТЕР

М.А. Баранов

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В данной статье предлагается модификация одного из алгоритмов кластеризации, принцип работы которого основан на так называемом жадном подходе. Суть модификации состоит в том, что решение о том, добавлять ли новый документ в кластер принимается на основании его схожести с ранее включенными в кластер документами.

Введение

Наблюдаемый во всем мире постоянный рост количества создаваемых документов делает все более актуальной задачу создания эффективных алгоритмов информационного поиска. Одной из связанных с этим подзадач является кластеризация – разбиение исходного множества документов на группы, состоящие из схожих документов. Это объясняется тем, что если документ принадлежит кластеру и является релевантным по отношению некоторому информационному запросу, то с высокой долей вероятности можно утверждать, что и остальные документы этого кластера также релевантны этому запросу [1].

В настоящее время разработано множество алгоритмов кластеризации, использующих различные подходы к решению задачи кластерного анализа. Их классификация подробно изложена в работе. Из всего многообразия используемых при кластеризации подходов стоит выделить т.н. жадные методы, суть работы которых сводится к тому, что на каждом шаге они делают локально оптимальный выбор в расчете на то, что это приведет к оптимальному решению всей задачи. Стоит отметить, что жадные алгоритмы часто используются при решении задач кластеризации.

Описание исходного алгоритма

Одним из таких алгоритмов является алгоритм, предложенный в [2] (в дальнейшем будем называть его алгоритмом Greedy). Суть его состоит в следующем. Предварительно строится матрица схожести документов размеров $N \times N$, где N – число документов в коллекции, а документу с номером k соответствует k -ый столбец и k -я строка. В этой матрице в каждой ячейке (i, j) задается мера схожести между i -ым и j -ым документами. Предлагается подбирать меру схожести таким образом, чтобы ее значение лежало в диапазоне от 0 до 1, где 0 соответствует полному различию документов, а 1 – полному сходству.

На 1-ом шаге в матрице схожести находится строка, сумма элементов которой является максимальной. Документ, соответствующий этой строке, объявляется центром очередного кластера, а сама строка содержит коэффициенты схожести этого документа со всеми остальными документами коллекции.

На 2-ом шаге в кластер добавляются все документы, коэффициент схожести которых с центром кластера больше или равен некоторого заранее заданного значения (параметр threshold). После этого из матрицы удаляются все строки и столбцы, соответствующие попавшим в кластер документам.

Шаги 1 и 2 повторяются до тех пор, пока не останется документов, не включенных в какой-либо кластер.

В данной работе предлагается модифицированная версия описанного выше алгоритма. Суть модификации состоит в том, что при добавлении нового документа в кластер учитываются коэффициенты схожести этого докумен-

та по отношению к другим, уже включенным в кластер документам.

Описание модифицированного алгоритма

Для работы предлагаемого модифицированного алгоритма (Greedy2) требуется задать три параметра: threshold_center (аналог параметра threshold в исходном алгоритме), threshold_other и admission.

На вход алгоритма, также как и в предыдущем случае, подается матрица схожести документов.

При работе алгоритма используется переменная «счетчик документов», начальное значение которой равно нулю. Алгоритм состоит из следующих шагов:

1) В матрице ищется строка с максимальной суммой элементов. Документ, соответствующий этой строке объявляется центром очередного кластера. При этом сама строка копируется в отдельную строку, и дальнейшая работа осуществляется только с этой копией.

2) В полученной копии строки находится максимальный элемент. Теперь для документа, соответствующего этому элементу, происходит проверка на необходимость добавления этого документа в кластер. Эта проверка проводится следующим образом. Для каждого документа, уже включенного в кластер, в матрице находится коэффициент подобия с кандидатом на включение. Если данный коэффициент меньше значения параметра threshold_other, то счетчик увеличивается на единицу. После просмотра всех документов кластера значение счетчика сравнивается со значением параметра admission. Если значение счетчика меньше, чем admission, то рассматриваемый документ добавляется в кластер. В противном случае документ в кластер не добавляется. В любом случае, в рассматриваемой копии строки максимальный элемент становится равным нулю. Счетчик документов также обнуляется.

Этот процесс продолжается до тех пор, пока в строке есть элементы со значением, превышающим threshold_center. Строки и столбцы, соответствующие документам, попавшим в кластер, удаляются из матрицы схожести.

Шаги 1 и 2 повторяются до тех пор, пока не останется документов, не включенных в какой-либо кластер.

Можно заметить, что если задать параметр threshold_other равным нулю, а параметр admission установить равным количеству документов в коллекции, то модифицированный алгоритм вырождается в исходный жадный алгоритм.

Вычислительные эксперименты

Для сравнения алгоритмов был проведен ряд вычислительных экспериментов. этого было подготовлено две текстовые коллекции.

Первая – коллекция fetga – состоит из документов, размещенных на сайтах fetga.ru и ixbt.com.

Вторая коллекция – коллекция ict – составлена из текстов статей, размещенных на сайте журнала «Вычислительные технологии».

В данной работе используются 4 внешние меры кластеризации: точность (Precision), полнота (Recall), ошибка классификации (Error) и F_1 -мера.

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP},$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN},$$

$$\text{Error} = \frac{FP + FN}{TP + FP + FN + TN}$$

$$F1 = \frac{2 \cdot \text{Precision} \cdot \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}, \text{ где}$$

TP (True Positives) – число пар документов, которые и в эталонном, и в получившемся в результате кластеризации разбиении принадлежат к одному классу

TN (True Negatives) – число пар документов, которые и в эталонном, и в получившемся разбиении принадлежат к разным классам

FP (False Positives) – число пар документов, которые в эталонном разбиении принадлежат к разным классам, однако в результате кластеризации были отнесены к одному классу (ошибки 2-го рода)

FN (False Negatives) - число пар документов, которые в эталонном разбиении принадлежат к одному классу, однако в результате кластеризации были отнесены к разным классам (ошибки 1-го рода)

Результаты вычислительных экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты кластеризации текстовых коллекций алгоритмами Greedy и Greedy2

Мера	Алгоритм Greedy	
	Коллекция ferrа	Коллекция ict
Precision	0.8708	0.7755
Recall	0.8364	0.2857
Error	0.0564	0.0259
F ₁	0.8533	0.4176
Мера	Алгоритм Greedy2	
	Коллекция ferrа	Коллекция ict
Precision	0.9341	0.7333
Recall	0.8538	0.4962
Error	0.0405	0.0222
F ₁	0.8922	0.5919

Заключение

Проведенные вычислительные эксперименты показали, что алгоритм Greedy2 дает лучшие результаты, чем исходный жадный алгоритм, несколько уступая последнему по скорости работы. Однако время, затрачиваемое на кластеризацию, значительно меньше времени, необходимого для формирования матрицы схожести. Поэтому имеющееся различие в скорости работы будет незаметно в случае, когда коллекция документов подвергается процессу кластеризации однократно.

Список литературы:

1. C. D. Manning, P. Raghavan and H. Schütze. Introduction to Information Retrieval, Cambridge University Press, 2008, 496 p.
2. В. Б. Барахнин, Д. А. Ткачев. Кластеризация текстовых документов на основе составных ключевых термов // Вестник новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2010, Том 8, номер 2, стр. 5-14.
3. Ali Nadizadeh, Rashed Sahraeian, Ali Sabzevari Zadeh, Seyed Mahdi Homayouni. Using greedy clustering method to solve capacitated location-routing problem African Journal of Business Management Vol. 5(21), pp. 8470-8477, 23 September, 2011
4. Christoph F. Eick, Nidal Zeidat, Zhenghong Zhao. Supervised Clustering – Algorithms and Benefits. In proceedings of the 16th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI04), Boca, 2004
5. Yue SH, Li P, Guo JD, Zhou SG. Using Greedy algorithm: DBSCAN revisited II. Journal of Zhejiang University SCIENCE, 2004 5(11):1405-1412

6. В. Б. Барахнин, В. А. Нехаева, А. М. Федотов. О задании меры сходства для кластеризации текстовых документов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2008, Том 6, номер 1, стр. 3-9.

7. Бериков В. С., Лбов Г. С. Современные тенденции в кластерном анализе // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», 2008. – 26 с.

8. Большакова Е.И., Клышинский Э.С., Ландэ Д.В., Носков А.А., Пескова О.В., Ягунова Е.В. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. Пособие — М.: МИЭМ, 2011.

9. Пескова О. В. Автоматическое формирование рубриката полнотекстовых документов // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции: Труды Десятой Всероссийской научной конференции «RCDL'2008» (Дубна, 7-11 октября 2008 г.). - Дубна: ОИЯИ, 2008. – С. 139-148.

10. Сайт журнала «Вычислительные технологии» [Электронный ресурс] // ict.nsc.ru [сайт]. [2012]. URL: <http://ict.nsc.ru/jct/> (дата обращения: 04.12.2012)

11. Аналитические обзоры компьютеров и комплектующих, новости и цены компьютерного рынка [Электронный ресурс] // ferrа [сайт]. [2012]. URL: <http://www.ferra.ru/> (дата обращения: 11.12.2012)

12. iXBT.com.: Сайт о высоких технологиях, оперативные новости индустрии, тестовые испытания и обзоры оборудования [Электронный ресурс] // ixbt.com [сайт]. [2012]. URL: <http://www.ixbt.com/> (дата обращения: 11.12.2012)

13. Magnus Lie Hetland Python Algorithms: Mastering Basic Algorithms in the Python Language. — Apress, 2010. — 336 p.

14. Thomas Koshy. Triangular Arrays with Applications, Oxford University Press, 2011. – 438 p.

15. J. C. Dunn, "A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact well-separated clusters," J. Cybern., vol. 3, no. 3, pp. 32–57, 1973.

16. Davies, David L.; Bouldin, Donald W. (1979). "A Cluster Separation Measure". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence PAMI-1 (2): 224–227.

17. Calinski RB, Harabasz J: A dendrite method for cluster analysis. Communications in Statistics 1974, 3:1-27.

СОСТАВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ ИНТЕРЕСОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАНИЯМИ

И.И. Савин

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Аннотация

В данной работе рассматриваются теоретическая и практическая возможности разработки системы автоматического составления профиля интересов для систем управления заданиями на основании активности пользователя. В статье приводится обзор имеющихся средств автоматизации процессов в системах управления заданиями, области применения разрабатываемой системы, ее компонентов, методов и средств реализации. Также рассмотрены дальнейшие направления развития данной разработки.

Введение

К XXI веку органайзеры и другие типы персональных планировщиков эволюционировали в компьютерные и

мобильные приложения, благодаря чему повысилась эффективность гибкого планирования и редактирования задач, что в свою очередь развило новый класс приложений - системы управления заданиями. К второму десятилетию века системы управления заданиями развились в удобные эргономичные приложения с напоминаниями и ведением статистики активности. Однако, подобные системы пока еще практически не используют потенциал интеллектуального анализа собираемых данных. (1)

Многие планировщики задач и системы управления проектами используют анализ данных для выполнения своей основной функции: организации задач и определения их приоритета. Одним из наиболее развитых примеров такого анализа служат почтовые клиенты, которые способны определять малоинформативные нежелательные сообщения (спам) от остальной почты и распределять письма по категориям ценности для пользователя в зависимости от количества адресатов, установленной в заголовке сообщения важности и прочих мета-данных письма. (2)

Одной из сфер применения анализа данных в системах управления заданиями является составление профиля интересов пользователя на основе определения тематики задач и поведения пользователя. Данное направление берет свое развитие из определения ценности информации для пользователя, но в значительной степени расширяет диапазон значений и степень персонализации анализа.

В настоящее время большинство систем управления заданиями и проектами, если и используют профили интересов пользователя, то, как правило, составленных вручную пользователем. При этом значительно увеличивается риск получения неактуальной, неполной или ложной информации. Также ни одна из существующих систем не использует шкалы, показывающей, насколько силен интерес пользователя к данной тематике.

Области применения

Применение профиля интересов, основанного на активности выполнения заданий, востребовано в следующих областях:

- Эффективное планирование задач с учетом особенностей активности пользователя в задачах определенной тематики.
- Обнаружения потенциала развития в определенной области для последующего составления плана развития.
- Система адаптации нового сотрудника, составление профиля навыков и рекомендаций для обучения.
- Профорентация для школьников и студентов.

Кластеризация задач по тематике позволяет составить наиболее сбалансированное расписание заданий с учетом особенностей выполнения разных типов заданий пользователем и его интереса к различным темам. Так, например, можно избежать долгих периодов неинтересной пользователю работы, что в конечном итоге поможет избежать замедлений и пауз при выполнении однотипных задач и общей утомляемости. Постепенное увеличение времени на задания новой для пользователя тематики позволит с большей вероятностью выработать интерес к делу и лучше усвоить проходимый материал.

Отдельный интерес представляет составление профиля интересов пользователя для обнаружения в нем потенциала развития в определенной сфере. Опираясь на собранную статистику активности выполнения задач разной тематики, можно выявить среднестатистическую заинтересованность пользователей, а затем аномалии в активности. Если активность выполнения заданий превышает среднестатистическую, то есть некоторая вероятность наличия у пользователя интереса и потенциала развития в данном направлении. Другой класс аномалий, характеризующий недоста-

точную активность, также может быть использован для снижения риска невыполнения задания в срок.

Анализ заданий и активности пользователя может быть также использован в составе систем управления проектами коммерческих компаний для определения потенциала и обучаемости нового сотрудника, составления персонализированного расписания для наиболее гармоничной адаптации в новой среде. Кластеризация всех задач системы управления проектами может найти связи между отделами и предложить сотруднику контакты людей для консультации по сложным для него вопросам и для обмена опытом.

Также следует отметить, что составление профиля интересов пользователя востребовано в процессе подготовки специалистов в государственных учебных заведениях, в частности в школах. Выполнение самостоятельных работ и домашних заданий может быть также использовано для связи с реальными задачами, а интерес ученика к задачам того или иного рода позволит как можно раньше выявить его интересы и предложить ему дополнительный материал для ознакомления со связанными профессиями.

Компоненты разрабатываемой системы

Таким образом, для решения поставленных задач в данных областях система должна содержать следующие компоненты:

- Индексатор текстовых документов, а также учебных пособий различных структур, тематических форумов и прочих ресурсов, которые могут быть полезны для выполнения пользовательских заданий. В задачу индексатора входит анализ мета-данных задачи и подбор ключевых слов, характеризующих тематику задачи.
- Регрессионный анализатор или классификатор важности заданий в зависимости от мета-данных задания: источник, ключевые слова и особенности оформления текста, определяющие срочность.
- Логгер поведения пользователя. Важной особенностью работы логгера является запоминания ситуации, в которой пользователь сделал выбор. Это позволяет наиболее точно оценить как его самоорганизованность, так и персональное значение собственных интересов. В задачи логгера входит сбор следующей информации:
 - время и частота обращения к конкретным заданиям,
 - предпочтения пользователя среди равнозначных по важности заданий,
 - факты и время обращения к рекомендуемым источникам поиска решений и консультантам,
 - факты обращения к материалам для дальнейшего изучения после выполнения задания.
- Кластеризатор заданий, в задачу которого входит группировка однотипных заданий. Данная группировка служит как для поиска ранее сделанных решений, так и для выполнения небольших задач скопом экономя время включения в каждую задачу. Также кластеризатор служит для наилучшего аннотирования кратких заданий при условии, что похожие более полно описанные задания есть в системе.
- Анализатор поведения пользователя - основной инструмент работы системы управления заданиями. Главной задачей этого компонента является составление профиля интересов пользователя. В его задачу входит регрессионный анализ особенностей поведения пользователя и его интереса к определенным тематикам. Входными параметрами являются: результаты работы логгера, как показателя активности субъекта, и результаты индексатора и кластеризатора, как характеристик объекта активности.
- Компонент обратной связи с пользователем, задачей которого является верификация и корректировка со-

ставленного профиля пользователя. Так как технически довольно сложно определить с высокой степенью вероятности, является ли задание неинтересным, либо просто слишком сложным и непонятным для пользователя, компонент обратной связи позволит уточнить у пользователя, почему именно те или иные задания были выполнены не в срок.

Методы и средства реализации

Для реализации вышеописанных компонентов предлагается использовать следующие методы и средства.

Характерной особенностью текстов задач является небольшой объем текста. Источники для поиска решений могут быть как также небольшими текстовыми сообщениями, так и большими разделами учебных пособий. Для базовой нормализации учебных пособий достаточно использовать стандартные методы нормализации текстовых документов, а именно: статистический анализ (idf-ctf), онтологический граф (COG), алгоритм извлечения характеризующих терминов (CEA). (3) Для текстовых документов малых размеров необходимо использовать метод роя частиц (PSO). В качестве алгоритма кластеризации необходимо использовать алгоритм CLUCOPSO (4), адаптированный под группировку небольших документов при совместном использовании PSO.

Для компонента определения важности достаточно использовать классификатор на основе деревьев принятия решений. В качестве примера возможно использование распространенного алгоритма ID3. (5)

Анализатор поведения использует достаточно много входных параметров, при этом большая часть входных параметров являются номинальными. (6) В данном случае оправдано использование нейронной сети (ANN) в качестве системы принятия решения о наличии и степени интереса к тематике у пользователя. В сочетании с методами теории ответов (IRT) реализованных в компоненте обратной связи, данная нейронная сеть сможет оперативно перестраиваться в случае изменения привычек и интересов пользователя. (5) Однако, обучение нейронной сети может идти достаточно долго, а ее работа в целом имеет высокую сложность. Для упрощения задачи необходимо выявлять шаблоны поведения пользователей и не обрабатывать всю информацию об интересах пользователя, если в системе есть пользователь с потенциально схожими интересами и типом активности. Для кластеризации пользователей по типу активности и интересам можно использовать алгоритм нечеткой кластеризации FLS. (8)

Направления дальнейшей разработки

Одним из наиболее перспективных направлений развития данной разработки является улучшение методов сбора информации об активности пользователя. Так как в данный момент рассматривается взаимодействие пользователя с системой только посредством обычных персонального компьютера или мобильного устройства, могут возникнуть трудности при передаче информации в систему. Эта обязанность полностью лежит на пользователе и часто занимает некоторую часть его внимания и времени. Значительное снижение и даже полное избавление пользователя от обязанности активного обращения к системе можно достичь за счет датчиков считывания информации о состоянии пользователя. Примерами таких датчиков могут служить пульсометр или электроэнцефалограф. С помощью них достаточно достоверно можно найти соответствие показания датчиков к интересу к выполняемой задаче.

Заключение

В ходе данного исследования были выявлены наиболее актуальные сферы применения системы автоматического составления профиля пользователя. Составлен список компонентов разрабатываемой системы и их взаимодейст-

вия. Предложены конкретные методы и средства реализации описанных компонентов. Также рассмотрены перспективные направления дальнейшей разработки.

Список литературы:

1. Prediction of Successful Participation in a Lifestyle Activity Program using Data Mining Techniques. M. Pijl J. Lacroix, S. Pauws, A. Goris. Eindhoven : б.н., 2009.
2. Effective Data Mining Support for Personal Information Management. K. Bade, M. Nitsche, A. Nürnberger. Magdeburg : б.н., 2012.
3. N. Menaga, B. Hemapriya. An Efficient Concept-Based Mining Model. International Journal of Computer Trends and Technology. SSRGJ, 2013 г., Т. 4.
4. Particle Swarm Optimization. D. Ingaramo, M. Errecalde, L. Cagnina. Amsterdam : IOS Press, 2009.
5. Practical applications of Intelligent Systems: An E-learning platforms recommender. Lopez, V. Hangzhou : б.н., 2010.
6. A personalized recommendation system based on product attribute-specific weights and improved user behavior analysis. J. Oh, O. Jeong, E. Lee. New York : ACM, 2010.
7. A. Baylari, Gh.A. Montazer. Design a personalized e-learning system based on item response. Expert Systems with Applications. Elsevier, 2009 г., 36.
8. A Fuzzy Logic Based Personalized Recommender System. Ojokoh, B. A., Omisore, M. O, Samuel, O. W, and Ogunniyi, T. O. 5, Akure : IRACST, 2012 г., Т. II.

ПРИМЕНЕНИЕ СКРЫТЫХ МАРКОВСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ СПАМА В ИНТЕРНЕТЕ

И.О. Карбачинский

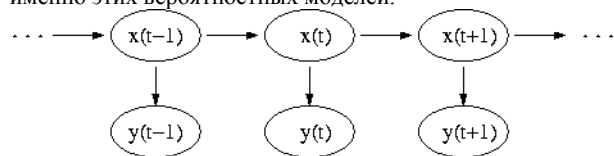
факультет Прикладной математики и кибернетики

За последнее годы, доля спама в интернете неуклонно растёт. Существует множество различных видов спама, но в данной работе под спамом будут подразумеваться web сайты, содержащие вредоносный, некачественный и бесполезный для пользователя контент. В работе рассматривается один из компонентов антиспама информационно-поисковой системы. В работе рассказывается, каким образом использование скрытых марковских моделей позволило улучшить качество антиспам системы для одной из современных поисковых систем, и каким образом эффективно реализовать данную систему на практике.

Задача антиспама информационно-поисковой системы – не пропустить в выдачу вредоносные и некачественные сайты. Сложность задачи заключается в том, что с каждым днем злоумышленники придумывают все новые и более изощренные методы обхода антиспама, и их проекты с легкостью попадают в выдачу поисковой системы, тем самым мешая пользователю найти то, что он действительно ищет. Современный антиспам - это интеллектуальная система, основанная на алгоритмах машинного обучения. Имеется некоторое обучающее множество, содержащее вредоносные и качественные страницы в интернете. Система выделяет из каждого элемента этого обучающего множества набор некоторых информативных признаков. Признаками могут служить, например, количество фреймов на странице, наличие рекламных тизеров, или возраст страницы. Используя алгоритмы машинного обучения, антиспам система обучается на обучающем множестве. А затем, когда поисковая система скачала новую страницу из интернета, она может обратиться в антиспам систему, спросив ее, является ли скачанная страница спамом, или нет.

В данной работе мы рассмотрим один из новых информативных признаков страниц в интернете, позволивший улучшить качество антиспам системы в целом. Каждая страница в интернете идентифицируется его URI (Uniform Resource Identifier) адресом. Каждый URI содержит доменное имя сайта, которому принадлежит данная страница. Примерами доменных имен могут быть: mail.ru, yandex.ru, poxit.ru. Рассматриваемый в данной работе признак будет работать с доменными именами. Какими критериями интуитивно должно обладать доменное имя качественного сайта? Возможно, оно не должно быть очень длинным, или оно не должно состоять из множества одинаковых повторяющихся букв. Каким образом наличие цифр в доменном имени в среднем влияет на качество сайта? И есть ли вообще связь между качеством доменного имени сайта и его содержимым? Можно придумать очень много таких информативных признаков. Но важно выявить те, которые бы качественно разделяли множество страниц в обучающем множестве на спам и не спам. Рассматриваемый в данной работе признак является чуть более сложным, чем представленные выше, но при этом является более эффективным.

Первые заметки о скрытых марковских моделях были опубликованы еще в 1960-х. Но свою популярность они получили совсем недавно, с бурным развитием интернета и интеллектуальных систем. Оказалось, что множество окружающих нас процессов может быть описано с помощью именно этих вероятностных моделей.



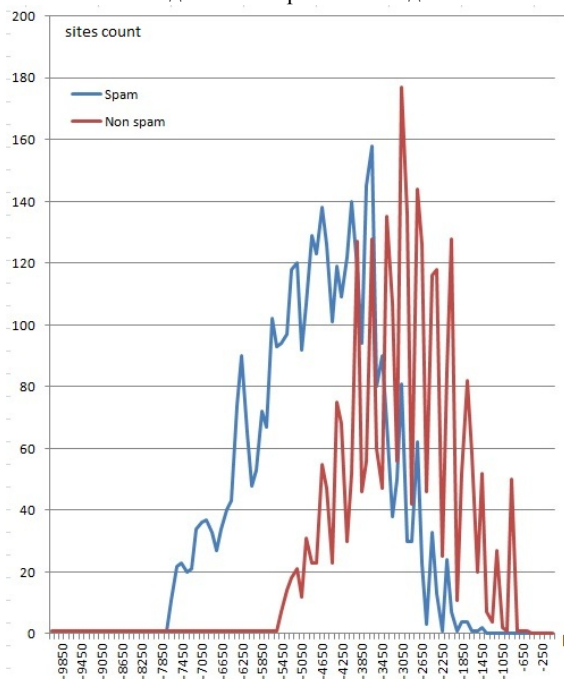
По аналогии с обычными марковскими моделями, скрытая марковская модель также представляется множеством состояний $x(t)$, начальным распределением и вероятностями переходов между состояниями. Но, в скрытых марковских моделях состояния являются скрытыми, не доступными для наблюдения. При этом добавляются наблюдаемые переменные $y(t)$, значения которых зависят только от текущего состояния $x(t)$. Таким образом, мы не знаем, в каком состоянии находится система в момент времени t , мы лишь можем наблюдать за переменной $y(t)$, которая зависит от скрытого состояния $x(t)$.

Основная идея нового признака заключается в построении скрытой марковской модели на основе доменных имен качественных страниц из обучающего множества. Фактически, мы строим некоторую вероятностную языковую модель, построенную на доменных именах. Используя построенную модель, мы можем посчитать вероятность вывода произвольного доменного имени данной моделью. Посчитанная вероятность и будет являться рассматриваемым в данной работе информативным признаком антиспам системы. В качестве состояний, и наблюдаемых переменных в нашей модели будут выступать, цифры и другие знаки, доступные в названиях доменных имен. Вероятностями переходов и распределениями наблюдаемых переменных будут служить вероятности биграмм, извлеченных из доменов обучающего множества. Все необходимые вероятности легко извлекаются из обучающей выборки.

Основная идея такого подхода заключается в предположении, что для качественных доменов вероятность их вывода построенной марковской моделью будет больше, чем вероятность для доменов спам сайтов. Действительно, на практике данное предположение подтвердилось. Единственной проблемой, с которой можно столкнуться на

практике, является производительность построенного алгоритма. Расчет вероятности вывода моделью некоторого домена полным перебором занимает значительное время, что неприемлемо для антиспам системы. Данную проблему решает алгоритм прямого-обратного прохода, позволяющий уменьшить сложность алгоритма с $O(TN^T)$ до $O(TN^2)$, где T - длина наблюдаемой последовательности (длина домена), N - размер множества состояний $x(t)$.

Также, стоит заметить, что может возникнуть ситуация, когда необходимые вероятности переходов могут быть неизвестны. Такая ситуация может возникнуть, когда обучающее множество слишком мало, и необходимая биграмма в нем отсутствует. Данная проблема решается методами сглаживания. Но на практике, в данной работе обучающее множество состояло из 2500 доменных имен, и количество найденных биграмм в нем довольно мало.



На графике видно, как разделяются множества спам и не спам страниц по построенному признаку. График показывает распределение количества спам и не спам сайтов по логарифмам вероятностей вывода этих сайтов построенной скрытой марковской моделью. Очевидно, что идеального признака быть не могло. Всегда имеются качественные сайты с плохим доменным именем. И наоборот, всегда можно найти спам контент на страницах короткого, дорогого домена. Такие сайты попадают в пересечение множеств, отображенное на графике.

Таким образом, был построен новый информативный признак для антиспама одной из современных поисковых систем. Помимо того, что данный признак позволил улучшить качество системы, он показывает насколько эффективно могут быть применены абстрактные математические модели к реальным практическим задачам. Очевидно, что качество работы построенного признака во многом зависит от выбранного обучающего множества. Возможно, улучшив качество выбранных доменов, можно было бы добиться лучшего разделения спам и не спам. Таким образом, еще раз подтверждается тот факт, что вне зависимости от используемого алгоритма обучения, качество обучающего множества является одним из ключевых факторов качества построенной модели.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА МУРАВЬИНОЙ КОЛОНИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА

С.А. Слатников

факультет Прикладной математики и кибернетики

Задача маршрутизации транспорта (Vehicle Routing Problem, VRP) является одной из основных задач оптимизации с тех пор, как ее впервые поставил Дж. Данциг (Dantzig) в 1959 году. Решение задач такого типа необходимо при составлении оптимального плана перевозки грузов от производителей непосредственно или оптовых поставщиков к потребителям, общее число которых может быть порядка нескольких сотен.

Постановка задачи маршрутизации транспорта с ограничениями вместимости (Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP) выглядит следующим образом. Задан граф $G=(V,A,d)$, где $V=\{v_0, v_1, \dots, v_n\}$ – множество вершин (v_0 – склад, остальные вершины – клиенты), A – набор дуг, соединяющих соответствующие вершины графа. Для дуги (i,j) задан неотрицательный коэффициент d_{ij} , который чаще всего имеет смысл длины пути, времени или стоимости перевозки. Для исследования не так важно его конкретное содержание, поэтому его можно рассматривать как обобщение всех видов затрат на передвижение из i в j . Для клиента i задан неотрицательный спрос q_i , грузоподъемность каждого из m транспортных средств ограничена числом Q_k ($k=1, \dots, m$). Также для задачи заданы следующие ограничения:

- каждый клиент должен быть посещен ровно один раз;
- начало и конец всех маршрутов транспортных средств находятся в транспортной базе (на складе).

Введем величину X_{ij}^k , принимающую значение 1, если транспортное средство k следует от клиента i к клиенту j , и 0 в противном случае.

Исходя из введенных обозначений, имеем следующую математическую формулировку: минимизировать целевую функцию

$$F = \sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n d_{ij} X_{ij}^k \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n q_i \sum_{j=0}^n X_{ij}^k \leq Q_k, \quad \forall k = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{0j}^k \leq 1, \quad \forall k = 1, \dots, m, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i0}^k \leq 1, \quad \forall k = 1, \dots, m, \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=0}^n X_{ij}^k = 1, \quad \forall i = 1, \dots, n, \quad (5)$$

$$\sum_{i=0}^n X_{ih}^k - \sum_{j=0}^n X_{hj}^k = 0, \quad \forall h = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$X_{ij}^k \in \{0, 1\}, \quad \forall i = 0, \dots, n; j = 0, \dots, n; k = 1, \dots, m \quad (7)$$

$$X_{ii}^k = 0 \quad \forall i = 0, \dots, n; k = 1, \dots, m. \quad (8)$$

Целевая функция (1) определяет стоимость всех маршрутов всех транспортных средств. Неравенство (2) гарантирует, что ограничения грузоподъемности каждого транспортного средства выполняются. Ограничения (3) и (4) определяют, что каждое транспортное средство не мо-

жет соответственно покинуть склад и вернуться на склад более одного раза. Равенство (5) показывает, что каждый клиент обслуживается только одним транспортным средством и только один раз. Условие (6) гарантирует, что если транспортное средство прибывает в вершину, то оно так же покидает данную вершину.

Алгоритм муравьиных колоний

Идея алгоритма оптимизации подражением муравьиной колонии (ant colony optimization, ACO), впервые предложенная М. Дориго (Dorigo) в 1992 году, была направлена на поиск оптимального пути в графе. Суть подхода заключается в использовании модели оптимального поиска пищи в колониях муравьев, которые помечают пройденный путь, выбрасывая специальные ароматические эссенции, называемые феромонами. Оставленные следы привлекают запахом других муравьев, которые в свою очередь усиливают запах феромона. Таким образом, муравьи всё чаще проходят пути, ведущие к источнику пищи.

При применении алгоритма муравьиных колоний к решению VRP каждый «муравей» рассматривается как модель транспортного средства [1]. Изначально, каждый «муравей» k начинает свой маршрут со склада, причем множество M_k клиентов, включенных в его маршрут, пусто. Далее «муравей» выбирает следующего клиента j , который будет посещен, по вероятностному критерию [2]:

$$j = \begin{cases} \arg \max_{u \in M_k} [\tau_{iu} n_{iu}^\beta], & p \leq p_0, \\ S, & p > p_0, \end{cases}$$

где i – текущий клиент (склад на начальном шаге); τ_{iu} – количество феромона на пути между клиентами i и u ; n_{iu} – эвристическая функция, обратная расстоянию между клиентами (для простоты можно взять $n_{iu} = 1/d_{iu}$); β – параметр, характеризующий относительную важность расстояния по сравнению с количеством феромона; p – случайная величина, равномерно распределенная на отрезке $[0; 1]$; p_0 – параметр ($0 \leq p_0 \leq 1$). S – случайная величина, подчиняющаяся следующему закону распределения вероятностей:

$$p_k(i, s) = \begin{cases} \tau_{is} n_{is}^\beta / \sum_{v \in M_k} \tau_{iv} n_{iv}^\beta, & s \notin M_k \\ 0, & s \in M_k, \end{cases}$$

где $p_k(i, s)$ – вероятность, с которой «муравей» k выбирает передвижение от клиента i к клиенту s .

«Муравей» возвращается в депо, когда исчерпана грузоподъемность транспортного средства либо когда все клиенты посещены. Алгоритм строит полный маршрут для первого «муравья» и лишь затем начинает строить для второго. Это происходит до тех пор, пока для каждого из заранее предопределенного количества «муравьев» m не построен выполнимый маршрут.

Для улучшения последующих решений необходимо обновлять следы феромона в зависимости от качества получаемых решений. Локальное обновление феромона моделирует его естественное испарение и гарантирует, что никакой маршрут не станет слишком превалирующим. Это обновление происходит после построения полного маршрута каждым «муравьем» и выражается следующей формулой:

$$\tau_{ij}^{new} = (1 - \alpha) \tau_{ij}^{old} + \alpha \tau_0,$$

где α – параметр, характеризующий скорость испарения феромона, τ_0 – начальное значение феромона.

После того, как все m «муравьев» проложили допустимые маршруты, происходит глобальное обновление феромона, заключающееся в добавлении феромона ко всем ребрам лучшего из решений, найденного одним «муравьем». След феромона на этих ребрах обновляется следующим образом:

$$\tau_{ij}^{new} = (1 - \alpha)\tau_{ij}^{old} + \frac{\alpha}{L},$$

где L – суммарные затраты лучшего маршрута одного «муравья». Такое обновление поощряет использование более «дешевых» маршрутов, увеличивая вероятность того, что будущие маршруты будут использовать дуги, содержащиеся в лучших решениях. Этот процесс повторяется predetermined количество раз, и лучшее из всех решений дает хорошее приближение оптимального решения задачи.

Вычислительный эксперимент

Для оценки качества алгоритма решения CVRP были использованы задачи из набора специально разработанных тестовых примеров (см. раздел Augerat et al. в [3]). Для этих задач известно оптимальное значение целевой функции и минимальное количество используемых транспортных средств.

Эксперимент проводился на задачах с количеством клиентов 31 (A-n32-k5) и 100 (P-n101-k4). Для генерации решений использовалась программа на языке C++ на персональном компьютере с процессором Dual-Core AMD Opteron 2.8 GHz. В качестве начального значения феромона τ_0 выбиралось значение равное F_{opt}^{-1} как предложено в [4]. Остальные параметры алгоритма - α , β , p_0 - варьировались в пределах от 0 до 1 с шагом 0.1. Результаты эксперимента для этих задач представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента

Задача	A-n32-k5	P-n101-k4
Оптим. значение целевой функции	784	681
Оптим. количество транспортных средств	5	4
Полученное значение целевой функции	867.7	921.815
Полученное число транспортных средств	5	4
Время выполнения (секунды)	15	176
Количество итераций	10000	10000
Значения α , β , p_0	0.8, 0.8, 0.9	0.7, 0.1, 0.9

На рисунках 1 и 2 представлен трехмерный график зависимости значения целевой функции от значений параметров β и p_0 при фиксированном значении $\alpha = 0.5$ для задач A-n32-k5 и P-n101-k4 соответственно. Из графиков видна схожая тенденция уменьшения значения целевой функции при увеличении значений параметров β и p_0 (за исключением граничного значения $p_0 = 1$). На основании этого можно сделать вывод об областях изменения параметров алгоритма, где наиболее вероятно получить хорошее приближение оптимального решения задачи.

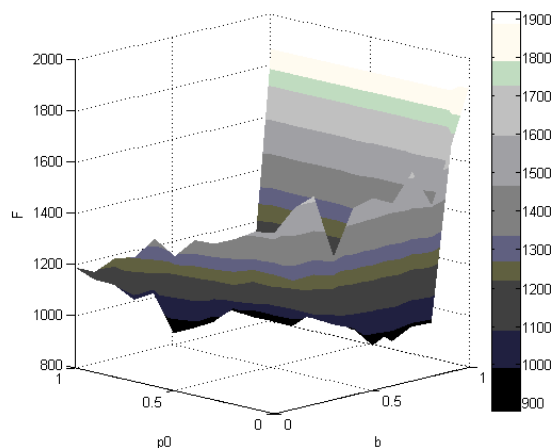


Рис. 1.

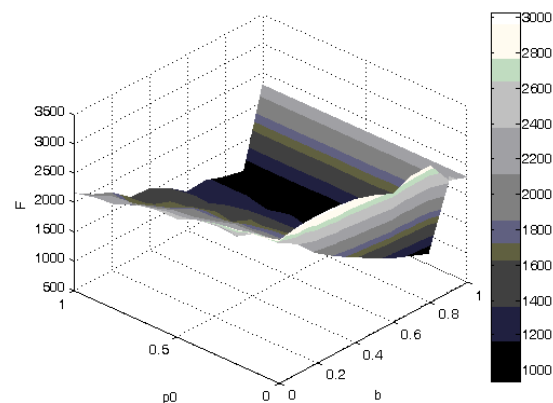


Рис. 2.

Заключение

Представленный алгоритм дает неплохое решение CVRP для задачи A-n32-k5 за приемлемое время. Отклонение от оптимального решения составляет 10.7%. Для задачи P-n101-k4 отклонение от оптимального решения составляет уже 35.4%, причем время решения возрастает в 11 раз (по сравнению с задачей A-n32-k5) при таком же количестве итераций. Таким образом, эксперимент показал практическую возможность применения данного алгоритма для решения задач средней размерности и необходимость его улучшения для решения задач большой размерности.

Список литературы:

- Holland J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. The University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, 1975.
- Toth P., Vigo D. The Vehicle Routing Problem. SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, Philadelphia, 2002.
- CVRP Instances. <http://neo.lcc.uma.es/vrp/vrp-instances/capacitated-vrp-instances/>.
- Bell J. E., McMullen P. R. Ant colony optimization techniques for the vehicle routing problem. Advanced Engineering Informatics 18 (2004), 41–48.

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ АППРОКСИМАЦИИ ВРЕМЕНИ, НЕОБХОДИМОГО ЛЕТАТЕЛЬНОМУ АППАРАТУ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ МАНЕВРА

В.А. Азаров

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация. В настоящей работе предлагается технология аппроксимации временного интервала, необходимого для совершения маневра летательным аппаратом на основе данных, полученных в результате математического моделирования полетов. За основу технологии аппроксимации предлагается взять аппарат искусственных нейронных сетей.

Введение. В наши дни, с учетом многообразия летательных аппаратов и частоты их применения регулярно возникает необходимость прогнозирования маневров, которые они могут выполнять. Прогнозы такого характера строятся в ходе моделирования, которое требует больших вычислительных и временных затрат и производится на стационарных компьютерах.

Однако часто появляется потребность прогнозирования маневра на борту летательного аппарата во время проведения полета. Габариты компьютеров, с помощью которых обычно проходит такое прогнозирование, а также время проведения этого прогнозирования не позволяют использовать их в качестве бортовых подсистем. Это обуславливает необходимость применения специального бортового вычислителя, который мог бы на основе данных, полученных по результатам моделирования, проведенного на земле, производить необходимый прогноз в достаточно короткие промежутки времени.

Одной из важнейших составляющих такого прогнозирования является аппроксимация времени, необходимого для выполнения маневра летательного аппарата.

Постановка задачи. Пусть есть истребитель, условно называемый "свой", совершающий полет по замкнутой траектории. В определенный момент времени с некоторого азимутального направления к нему приближается истребитель противника с целью атаки. Необходимо аппроксимировать интервал времени между моментом своевременного схода своего истребителя с траектории и моментом применения им оружия для отражения атаки. Предполагается, что координаты обоих истребителей по осям OX , OY и OZ в декартовой прямоугольной системе координат и их скорости в дискретные моменты времени априорно известны.

Математический аппарат. В силу возможной недостаточности количества исходных данных, их зашумленности и противоречивости, а также с учетом необходимости оперативного получения результата в условиях воздушной обстановки, поставленную задачу предлагается решать при помощи аппарата искусственных нейронных сетей вследствие их высокой обобщающей способности и возможности параллельной обработки данных.

Источники данных. Источником информации для формирования признакового пространства являются данные, взятые со стенда математического моделирования. К ним относятся координаты своего истребителя по осям OX , OY и OZ в декартовой прямоугольной системе координат и его скорости в точке схода с траектории и точке применения им оружия. Единичный набор таких данных образует фазовый вектор, являющийся входным параметром для аппроксиматора.

Кластерный анализ. С учетом того, что истребитель противника может двигаться в вообще говоря любом азимутальном направлении, для увеличения точности работы аппроксиматора при формировании признакового пространства может потребоваться его предварительная кластеризация. Идея кластеризации заключается в разбиении пространства

признаков на подмножества, называемые кластерами, так, чтобы один кластер состоял из относительно схожих друг с другом элементов, а элементы разных кластеров существенно различались.

Процедуру кластеризации предлагается проводить методом k -средних - наиболее распространенным методом кластеризации.

Структура аппроксиматора. Разбиение по кластерам должен производить блок первичной обработки перед запуском процедуры аппроксимации. Предполагается, что он будет иметь каскадную нейросетевую архитектуру.

Аппроксиматор в таком случае должен состоять из N независимых локальных блоков, где N - число кластеров. Каждый такой блок должен соответствовать определенному кластеру и осуществлять аппроксимацию только в его пределах.

Работа аппроксиматора. Когда истребитель противника находится на расстоянии до нескольких сотен километров от своего истребителя, двигающегося по замкнутой траектории, фазовый вектор входных данных подается на вход аппроксиматора. Сначала запускается блок первичной обработки, который на основе полученных входных данных определяет, какому кластеру они принадлежат. Далее на основе полученного результата запускается локальный блок аппроксимации, который должен работать в соответствующем кластере.

Данный подход позволит достаточно оперативно и точно определить азимутальное направление истребителя противника и на основе полученной информации точно вычислять необходимый временной интервал.

Инструментальные средства разработки. Требуемые интервалы времени заранее известны для любого фазового вектора, принадлежащего признаковому пространству и получены в результате проведения математического моделирования в лабораторных условиях. С учетом этих данных предлагается осуществить обучение нейронных сети по алгоритму Левенберга-Маркардта. Таким образом, априорно зная точный результат аппроксимации для любого фазового вектора пространства признаков, можно в ходе обучения получить конечный результат работы аппроксиматора близкий по значению к требуемому в некотором доверительном интервале.

Для тестирования и отладки конструируемой системы предлагается разработать ее программную реализацию на языке Си++ с использованием интегрированной среды разработки Microsoft Visual Studio 2008. Построение и обучение нейросетевой архитектуры решено производить в среде инженерных расчетов MATLAB.

Заключение. В результате проведенного исследования предложена технология разработки системы аппроксимации времени, которое требуется летательному аппарату для выполнения маневра. Представлены основные этапы и принципы разработки. За основу предложенной технологии взят аппарат искусственных нейронных сетей. С целью повышения точности аппроксимации предлагается провести кластеризацию пространства признаков для обучения и тестирования нейронных сетей, входящих в архитектуру системы аппроксимации. Указаны инструментальные средства, которые в дальнейшем будут использованы для разработки.

Список литературы:

1. Bishop C.M. Neural Networks for Pattern Recognition. – Oxford University Press, 1995. – 484 p.
2. В.К. Бабич, Л.Е. Баханов, Г.П. Герасимов и др. Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: Боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра / Под ред. Е. А. Федосова – М.: Дрофа, 2001. - 816 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд. – М.: ООО «И.Д.Вильямс», 2006. – 1104 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ИТЕРАТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОЗАВИСИМЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ

М.М. Исаев

факультет Электроники и телекоммуникаций

При проектировании высоконадежных электронных средств (ЭС) основными этапами являются схемотехническое и конструкторское проектирование. Именно от совокупности схемотехнического и конструкторского решений зависит способность будущего ЭС выполнять свои функции в условиях действия внешних воздействующих факторов. Одним из подходов, позволяющих на ранних стадиях разработки ЭС принять то или иное решение, является математическое моделирование. Моделирование ЭС в большинстве случаев разделено на ряд последовательных расчетов, каждый из которых отвечает за свою область применения.

Большинство отказов ЭС вызвано ошибками при расчетах и в процессе передачи информации между различными расчетами (идентификации параметров). В условиях все большего применения ЭВМ для проведения расчетов, стоит задача отработки взаимодействия между расчетами математических моделей в различных системах моделирования ЭС.

В современных системах компьютерного моделирования физических процессов ЭС предусмотрена возможность задания дополнительных параметров моделей элементов, которые отвечают за наиболее значимые (в выполняемом системой расчете) виды воздействия. В данной работе приводится моделирование электрических режимов работы с учетом воздействия тепла.

Цель данной работы - разработать метод взаимодействия между системами компьютерного моделирования электрических и тепловых режимов работы ЭС: "OrCad", "АСОНИКА-Т" и "АСОНИКА-ТМ". Задачей метода является получение значений токов и напряжений на элементах с учетом электрических и тепловых режимов их работы.

В работе приводится процесс получения данных для моделирования тепловых режимов работы при использовании указанных компьютерных подсистем, а также обратный процесс – получение данных для теплового расчета при моделировании электрических режимов. Показана возможность создания программы-конвертера для взаимодействия подсистем. Исходными данными для начала моделирования служат схема электрическая принципиальная, чертежи конструкции, параметры внешнего теплового воздействия на ЭС.

Согласно методу - ввод электрической принципиальной схемы осуществляется через подпрограмму графического ввода "OrCad Capture", которая создает выходные текстовые файлы с информацией об элементах и соединениях в схеме, а также с параметрами моделирования. Для проведения моделирования системой запускается подпрограмма "OrCad PSpice" в которую загружаются данные файлы. Результат расчета в "OrCad PSpice" экспортируется пользователем в текстовый файл, который необходимо считать программой-конвертером для суммирования всех мощностей ЭРЭ и передачи этого значения во входной файл подсистемы "АСОНИКА-Т", а также для подготовки значений рассеиваемых каждым ЭРЭ мощностей в "АСОНИКА-ТМ". Поскольку данный процесс осуществляется в автоматизированном режиме, это исключает возможность ошибки при вводе исходных данных – мощно-

стей ЭРЭ в подсистемы теплового моделирования. Обратный процесс передачи результатов моделирования тепловых режимов работы ЭРЭ в систему моделирования "OrCad" имеет аналогичный характер и заключается в создании входных файлов расчетов для подсистемы "OrCad PSpice".

Осуществляя последовательный, итеративный расчет происходит постепенное уточнение параметров режима работы каждого ЭРЭ. Конец процесса итеративного расчета определяется состоянием, когда разность текущего и предыдущего параметра будет меньше определенного, наперед заданного пользователем значения. При наступлении такого состояния итерации расчетов прекращаются, и выводится информация, которая содержит значения токов, напряжений, мощностей, а также, по желанию пользователя, математические операции от них (доступны усреднение, абсолютные, максимальные и т.п. операции).

Таким образом, данной работе предлагается метод проектирования ЭС, основанный на итеративном электро-тепловом расчете с использованием программного конвертера данных, что позволяет сократить время при идентификации параметров моделей.

Одной из задач применения системы OrCad является разработка моделей ЭРЭ, учитывающих влияние тепла, поскольку большинство из представленных в ней моделей позволяют проводить лишь электрические расчеты. Моделирование в OrCad PSpice, по умолчанию, проводится при стандартной температуре +27 °С (нормальные условия). Для учета температурных воздействий необходимо изменять модель каждого конкретного элемента.

В работе приводится пример взаимодействия данных программных продуктов с помощью формирования входных и выходных файлов программ. А также приводится функциональная модель взаимодействия подпрограмм системы OrCad и подсистем "АСОНИКА-Т" и "АСОНИКА-ТМ".

Данный подход позволяет сократить время расчетов электрических и тепловых режимов ЭРЭ, получить значения токов, напряжений, мощностей всех ЭРЭ схемы, с учетом воздействия тепла.

Процесс взаимодействия подсистем можно представить в виде:

1. Построение схемы электрической принципиальной в графическом редакторе OrCad Capture, задание параметров моделирования, подготовка входного файла для моделирования в OrCad PSpice;
2. Посторонние модели тепловых процессов ЭС в "АСОНИКА-Т";
3. Построение модели печатного узла схемы в "АСОНИКА-ТМ";
4. Выполнение моделирования электрических процессов в OrCad PSpice, получение выходного файла со значениями выделяемых ЭРЭ мощностей;
5. Подготовка входного файла для моделирования в "АСОНИКА-Т", выполнение моделирования, подготовка входного файла для расчета в "АСОНИКА-ТМ, моделирование в "АСОНИКА-ТМ";
6. Подготовка входного файла для моделирования OrCad PSpice, и моделирование;
7. Расчет изменений параметров режима работы схемы относительно предыдущих значений, запуск следующего цикла итерации или вывод рассчитанных значений токов и напряжений в схеме.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТАНЦИИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

Ю.С. Асеева

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В работе предлагается способ построения модели станции радиотехнической разведки на основе принципов событийного моделирования. Рассматриваются возможности практического применения данной модели.

Введение

В результате бурного развития авиационного строительства за последние полвека широкое распространение получили системы контроля воздушного пространства (СКП), способные обнаруживать и сопровождать летательные аппараты (ЛА), а также управлять воздушным движением в заданной области пространства или организовывать защиту наземных объектов.

В связи с этим, важной и актуальной проблемой при решении ряда задач в авиации является обеспечение скрытного прохождения летательным аппаратом зоны действия СКП. Для этого ЛА, используя свою бортовую станцию радиотехнической разведки (РТР), сначала обнаруживает СКП, в зону действия которой он входит, а затем включает свою бортовую станцию постановки помех (ПП) радиолокационным станциям (РЛС) СКП, что обеспечивает скрытное прохождение зоны контроля.

Оценка возможностей СКП, бортовых систем ЛА, разработка алгоритмов скрытного прохождения зоны действия СКП и предотвращения этого производится посредством предварительного математического моделирования на быстродействующих ЭВМ.

Целью данной работы является создание имитационной математической модели станции РТР, входящей в комплекс бортовых средств ЛА.

Постановка задачи. На текущий момент для оценки эффективности работы СКП и возможностей современных ЛА по скрытному прохождению зоны контроля соотрудники ФГУП «ГосНИИАС» используют быстродействующую событийно-потактовую имитационную математическую модель, способную воспроизводить функционирование компонентов СКП, динамику полета ЛА и работу его основных бортовых систем.

На данном этапе требуется разработать универсальную математическую модель станции РТР, которую можно будет настраивать на воспроизведение функционирования существующих и перспективных станций РТР.

Конструируемая модель должна имитировать обнаружение работающих РЛС СКП, накопление информации об обнаруженных радиосигналах, распознавание режимов работы найденных РЛС и выдачу информации об РЛС в модель системы управления ЛА (и иным потребителям).

Структура и принцип действия модели. В данной работе предлагается сконструировать событийную математическую модель станции РТР. Данный подход выбран для обеспечения высокой скорости счета модели на ЭВМ.

Модель будет включать несколько частей:

- набор тактико-технических характеристик (ТТХ);
- набор каналов обработки сигналов;
- блок обнаружения и распознавания сигнала РЛС;
- блок распознавания режима работы РЛС.

Создаваемая модель будет реализовывать две независимые последовательности событий:

- реакция на внешнее воздействие со стороны РЛС;
- периодическая обработка накопленных данных.

Первая последовательность событий активизируется при возникновении в общей математической модели СКП

события «Облучение ЛА некоторой РЛС». Во время реализации данного события активизируется блок обнаружения и распознавания сигнала РЛС в модели станции РТР. Если работа данного блока завершается успешно, то формируется событие «Обнаружение сигнала РЛС». При реализации этого события производится последовательный обход каналов обработки сигналов в модели станции РТР в поисках канала, отвечающего за накопление информации о данной РЛС. Если такой канал найден, то в него добавляется информация об обнаруженном сигнале. В противном случае для данной РЛС резервируется свободный канал (если он есть). При выходе ЛА из зоны действия данной РЛС СКП последовательность событий прекращается.

Вторая последовательность событий активизируется при возникновении в общей математической модели СКП события «Вход ЛА в зону действия РЛС». При реализации данного события генерируется событие «Выдача данных станцией РТР», при выполнении которого производится последовательный обход каналов обработки сигналов в модели станции РТР. Во время обхода освобождаются каналы, в которых информация не обновлялась в течение некоторого времени (РЛС потеряна), затем к каждому непустому каналу обработки сигналов применяется блок распознавания режима работы РЛС. В результате формируется массив данных с режимами работы обнаруженных РЛС, который передается в модель системы управления ЛА и остальным потребителям. После этого планируется следующее событие «Выдача данных станцией РТР». Если ЛА выходит из зоны действия всех РЛС, то планирование событий этого типа прекращается.

Блоки обнаружения и распознавания сигнала РЛС и распознавания режима работы РЛС имитируют соответствующие операции, обращаясь к набору ТТХ в модели станции РТР. С помощью этого набора производится настройка универсальной модели станции РТР на воспроизведение работы конкретного устройства.

На начальном этапе предлагается распознавать следующие режимы работы РЛС:

- «режим неизвестен»;
- «обзор пространства»;
- «сопровождения на проходе»;
- «точное сопровождение».

Реализация конструируемой модели. Предлагается реализовать модель станции РТР в виде программного модуля на языке программирования Си++ в среде разработки Microsoft Visual Studio.

Заключение. Выбранный подход для моделирования работы станции РТР обеспечивает высокую скорость счета общей модели взаимодействия СКП и ЛА, поскольку работа станции РТР воспроизводится только в те моменты времени, когда ЛА находится в зоне действия хотя бы одной РЛС.

Известно, что время полета ЛА вне зоны действия СКП в большинстве случаев существенно больше времени полета в зоне действия СКП. Таким образом, при моделировании прохода множества ЛА через СКП, включающую в себя несколько РЛС, обеспечивается существенная экономия вычислительных ресурсов ЭВМ.

За счет использования механизма событий появляется возможность гибкого расширения и уточнения данной модели для более точного воспроизведения работы станций РТР. Также данный подход позволяет легко подключать к данной модели другие частные модели бортовой аппаратуры ЛА.

Список литературы:

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. – М.: Радиотехника, 2004 г.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БЛОКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Д.С. Столбцова

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В работе предлагается структура модели средства управления компонентами системы организации воздушного движения. Приводится описание принципов работы конструируемой модели и возможности ее использования в рамках комплексной модели воздушной обстановки.

Введение. Последние 50 лет наблюдается активное развитие авиации и авиационных технологий. Современные самолеты могут летать на высотах свыше 10 км и со скоростями, превышающими скорость звука. В результате существенно возрастает роль систем контроля воздушного пространства и управления воздушным движением (УВД).

Современная система УВД является сложной технической системой, состоящей из множества взаимодействующих между собой компонентов: средств наблюдения, средств воздействия и средств управления.

Средства наблюдения обнаруживают и сопровождают летательные аппараты (ЛА), находящиеся в зоне действия системы УВД. *Средства управления*, опираясь на информацию, полученную от средств наблюдения, вырабатывают управляющие решения по организации воздушного движения в контролируемой зоне. *Средства воздействия* осуществляют информационное или иное воздействие на ЛА, доводя до них решения, выработанные средствами управления.

Наиболее актуальной проблемой при построении систем УВД является организация рационального распределения ограниченных ресурсов системы для управления множеством ЛА в зоне ее действия. Для практического решения этой проблемы обычно используют подход имитационного математического моделирования на ЭВМ из-за сложности обеспечения одинаковых условий проведения и повторяемости результатов натурных экспериментов, а также из-за их высокой стоимости.

Данная работа посвящена созданию математической модели средства управления компонентами системы УВД, способной рационально распределять ресурсы системы для обслуживания как можно больше числа ЛА.

Постановка задачи. В настоящее время для решения задачи рационального использования ресурсов системы УВД сотрудники ФГУП «ГосНИИАС» используют комплексную математическую модель, которая позволяет воспроизводить внешнюю обстановку для системы УВД, согласованное функционирование средств наблюдения, воздействия и управления, а также определять рациональный состав системы УВД и организацию взаимодействия ее компонентов для решения конкретных задач.

В рамках данной работы требуется создать универсальную математическую модель средства управления компонентами системы УВД и реализовать ее в виде программного модуля на языке Си++. Разрабатываемая модель должна иметь набор параметров, с помощью которых ее можно будет настроить на воспроизведение функционирования реально существующих и перспективных средств управления, используемых в системах УВД. Создаваемая модель должна отражать логику обмена информацией между компонентами системы УВД и логику принятия решений, заложенные в реально существующие системы.

Модель средства управления должна поддерживать возможность многократного применения на разных уров-

нях иерархии подчинения компонентов системы УВД, обеспечивать как автономное функционирование, так и комплексирование собственных локальных управляющих решений и внешних управляющих решений, принятых на более высоких уровнях иерархии подчинения.

Структура создаваемой модели. Предлагается составить модель из четырех взаимодействующих блоков:

- блок накопления сведений о внешней обстановке;
- блок накопления данных об имеющихся ресурсах;
- блок накопления требований и ограничений;
- блок принятия решений.

Первый блок служит для хранения информации о ЛА, находящихся в зоне действия системы УВД. Эта информация может поступать от различных средств наблюдения. Данный блок должен ее объединять и формировать локальную для конкретного средства «картину мира».

Второй блок предназначен для хранения информации о возможностях средств наблюдения и воздействия, доступных на текущий момент времени.

Третий блок служит для накопления управляющих решений, полученных от средства управления, которое стоит выше по иерархии подчинения.

Четвертый блок нужен для анализа информации, хранимой в трех других блоках, ее объединения, выработки управляющих решений и передачи их средствам управления, наблюдения и воздействия, которые располагаются согласно иерархии подчинения ниже.

Принцип работы создаваемой модели. Как только какое-нибудь средство наблюдения обнаруживает или теряет ЛА, оно уведомляет об этом средство управления, которому оно подчиняется. В свою очередь, каждое средство управления, получив такое уведомление, обрабатывает его в своем блоке накопления сведений о внешней обстановке и пересылает его вышестоящему по иерархии средству управления (если оно есть).

Каждое средство воздействия при организации или прекращении воздействия на какой-нибудь ЛА уведомляет об этом средство управления, которому оно подчиняется. При невозможности организовать воздействия на указанный ЛА. В свою очередь, средство управления, получив такое уведомление, обрабатывает его в своем блоке накопления данных об имеющихся ресурсах и пересылает это уведомление вышестоящему средству управления.

С некоторым тактом по времени и при появлении внешних уведомлений каждое средство управления активизирует свой блок принятия решений. В этом блоке обрабатывается информация о внешней обстановке, об имеющихся ресурсах и об имеющихся ограничениях, наложенных вышестоящими по иерархии средствами управления. В результате принимается решение о применении конкретного средства воздействия по конкретному ЛА. В этом случае на данное средство воздействия передается соответствующая команда, а на остальные подчиненные средства воздействия и управления передается команда, запрещающая воздействовать на указанный ЛА. Если выбранное средство воздействия не подчиняется данному средству управления напрямую, то команда передается на ближайшее по иерархии средство управления.

Заключение. Создаваемая математическая модель средства управления компонентами системы УВД будет легко интегрироваться в существующие моделирующие комплексы и позволит значительно расширить их возможности по воспроизведению взаимодействия ЛА с системой УВД благодаря реализуемой в ней иерархии подчинения.

Список литературы:

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. – М.: Радиотехника, 2004 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РЫНОЧНОГО РИСКА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

П.Б. Гераськин

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В данной работе исследуется применимость систем оценки рыночного риска, построенных на основе нейронных сетей. Сравниваются такие меры как Value at Risk и Expected Shortfall для классических GARCH и нейросетевых моделей.

Введение

Расчет Value at Risk часто основывается на предположении о нормальном распределении доходностей базовых активов. При оценке VaR соответственно возникает резонный вопрос – какие допущения использовать относительно распределения доходностей. Из-за сложности выделения торгового шума часто бывает трудно оценить распределение. В данной работе мы обходим эту сложность благодаря использованию нейронных сетей. Этот подход позволяет отказаться от предположения о нормальном распределении доходностей, используемом в GARCH моделях. Мы используем данные российского фондового рынка для тестирования систем. Анализ рассмотренных в работе моделей показывает, что нейронные сети имеют стабильное преимущество по отношению к классическим моделям временных рядов.

Содержание

Данная работа актуальна с двух точек зрения. Во-первых, с практической точки зрения, оценка мер риска позволяет понять какие резервы необходимо создавать на возможные потери по конкретному портфелю бумаг. Это актуально как для банков, чья деятельность регулируется Центральным Банком РФ, ФСФР и Базельским соглашением (не является законодательно закрепленным однако Базель является наиболее известным из саморегулирующих соглашений между банками, соответственно его соблюдение повышает доверие к банку, в частности может повлиять на процентную ставку под которую банк привлекает кредиты) так и для различных инвестиционных фондов, многие из которых были ликвидированы во время кризиса 2007-2008 годов именно из-за слабого риск менеджмента. Во-вторых, с академической точки зрения, способность систем предсказывать будущее состояние рынка определяет степень его эффективности. Таким образом второй задачей данного исследования является проверка гипотезы эффективного рынка для российского фондового рынка. В работе были исследованы нейронные сети прямого распространения с логистической функцией активации. Были рассмотрены различные архитектуры сетей и выбраны лучшие на основе выборки для Cross-Validation. Нейронные сети также сравнивались со статистическими и регрессионными методами анализа. Системы были в состоянии предсказать движение рынка правильно в 92% случаев, в то время как модель Бокса-Дженкинса выполняется только при 60% случаев. Другие модели [8, 9, 10] построенные на нейронных сетях, также постоянно обгоняют регрессионный анализ в частности такие методы как множественную линейную регрессию (МЛР). Кроме того, нейронные сети, предложенные в [11] предсказали динамику цен правильно в 91% времени по сравнению с 74% при использовании методов дискриминантного анализа (MDA). Таким образом, нейронные сети систематически дают лучшие результаты, нежели статистические методы и регрессионный анализ. На основе одношагового прогноза математического ожидания и дисперсии были построены оценки VaR и

Expected Shortfall. Эти оценки сравниваются с оценками, полученными на основе GARCH моделей. Значительное внимание было уделено проблеме Bias-Variance. В частности были рассмотрены нейронные сети с регуляризацией с целью уменьшения степени переобучаемости. В целом использование нейронных сетей дает значительно более низкие требования к резервам под возможные потери, при сохранении уровня риска на том же уровне. Кроме того можно отметить достаточно хорошую предсказательную силу системы, что подтверждает значительную неэффективность российского фондового рынка. Этот результат был ожидаем, т.к. он характерен для рынков развивающихся стран.

Заключение

В настоящее время существует значительная потребность в адекватном расчете Value at Risk для оценки и управления рыночным риском. С целью усовершенствования существующих моделей нами была предложена система, основанная на нейронных сетях. Мы строили одношаговый прогноз для российского фондового рынка и сравнивали его с прогнозом, полученным на основе трех классических моделей (AR, MA, ARMA-GARCH), наиболее распространенных в риск менеджменте, и модели на основе нейронных сетей. Проведенные нами тесты показывают, что лучшие результаты дает система, использующая нейронные сети.

Список литературы:

1. Bolland, P.J., and Connor, J., 'A constrained neural network Kalman filter for price estimation in high frequency financial data', *International Journal of Neural Systems*, Vol. 8, No. 4, 1997, pp.399-415
2. Dowd, K., *Measuring market risk* (Chichester: John Wiley, & Sons, 2002).
3. Gamrowski, B. and Rachev, S., 'Testing the validity of value at risk measures', In C. Heyde et al. (eds) *Applied Probability*, 1996.
4. Khindanova, I., Rachev, S. and Schwartz, E., 'Stable modeling of value at risk', *Mathematical and Computer Modeling*, Vol. 34, 2001, pp. 1223-1259.
5. Rachev, S., Stoyanov, S., Biglova, S. and Fabozzi, F., 'An empirical examination of daily stock return distributions for U.S. stocks', In D. Baier, R. Decker, and L. Schmidt-Thieme (eds.), *Data Analysis and Decision Support*, Springer Series in Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization, Berlin: Springer-Verlag, 2005b, pp. 269-281.
6. Rachev, S., Mittnik, S., Fabozzi, F., Focardi, S. and Jasic, T., *Financial econometrics: from basics to advanced modelling techniques* (Hoboken New Jersey: Wiley, 2007a).
7. Rachev, S., Stoyanov, S. and Fabozzi, F., (2007), *Advanced Stochastic Models, Risk Assessment, and Portfolio Optimization: The Ideal Risk, Uncertainty, and Performance Measures*, John Wiley & Sons. Inc: Hoboken.
8. Dirk Emma Baestaens and Willem Max van den Bergh. *Tracking the Amsterdam stock index using neural networks*. In *Neural Networks in the Capital Markets*, chapter 10, pages 149-162. John Wiley and Sons, 1995.
9. Apostolos-Paul Refenes, A.D. Zapanis, and G. Francis. *Modelling stock returns in the framework of APT: A comparative study with regression models*. In *Neural Networks in the Capital Markets*, chapter 7, pages 101-126. John Wiley and Sons, 1995.
10. Manfred Steiner and Hans-Georg Wittkemper. *Neural networks as an alternative stock market model*. In *Neural Networks in the Capital Markets*, chapter 9, pages 137-148. John Wiley and Sons, 1995.
11. Y. Yoon and G. Swales. *Predicting stock price performance: A neural network approach*. In *Neural Networks in Finance and Investing*, chapter 19, pages 329-342. Probus Publishing Company, 1993.

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В.Е. Кравченко, М.А. Артюхова
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники
факультет Электроники и телекоммуникаций

Актуальность

Космические аппараты (КА), находящиеся в околоземном и межпланетном пространстве повсеместно подвергаются воздействию ионизирующего излучения (ИИ). Основные эффекты воздействия ИИ на электронную аппаратуру обусловлены ионизационными и ядерными потерями энергии первичных и вторичных частиц в чувствительных объемах элементов интегральных схем (ИС) [1-3]. Эти эффекты проявляются через:

- параметрические отказы электронной аппаратуры вследствие деградации характеристик ИС по мере накопления дозы ИИ (как следствие, полное прекращение функционирования ИС, которое не восстанавливается после окончания воздействия на неё ИИ);
- сбои и отказы ИС от воздействия отдельных высокоэнергетических ядерных частиц.

Основными источниками ИИ в космическом пространстве являются:

- электроны и протоны радиационных поясов Земли;
- солнечные космические лучи;
- галактические космические лучи.

Влияние ионизирующих излучений на электронную бортовую аппаратуру сводится к двум составляющим:

- к суммарной накопленной дозе радиации;
- к воздействию заряженных частиц, вызывающих одиночные сбои.

Мерой энергии, поглощенной в материалах ЭРИ, является поглощенная доза, измеряющаяся в радах. Поглощенная доза, при которой наступает отказ ЭРИ, называется предельной накопленной дозой (ПНД) – это основная характеристика радиационной стойкости. Накопление дозы вызывает деградацию параметров ЭРИ и полное прекращение функционирования.

Целью работы является автоматизация оценки радиационной стойкости с помощью программного средства. Не смотря на ряд существующих в настоящее время зарубежных и отечественных программных средств, применяемых для оценки радиационной стойкости, ни одно из них не дает разработчику бортовой радиоэлектронной аппаратуры получить наглядное представление о конкретных воздействиях ИИ на каждое отдельное устройство.

В основу программного средства положен метод построения физического поля распределения накопленной дозы на ограниченной поверхности печатного узла. Поле строится лучевым методом – методом, применяемым для расчета телестных углов, необходимых для вычисления величин воздействия ИИ в зависимости от величины массовой защиты в каждом конкретном направлении. Лучевой метод применяется для расчета накопленной дозы в точке. Автоматизируя метод и совмещая его с сеткой дискретизации печатного узла, мы получаем необходимый инструмент для построения физического поля распределения накопленной дозы.

Далее применяя критерий радиационной стойкости – коэффициент запаса по накопленной дозе, делается вывод о стойкости печатного узла. Стойкость печатного узла равна стойкости его самого слабого элемента, то есть оп-

ределяется по наименьшему коэффициенту запаса. Коэффициент запаса определяется как отношение предельной накопленной дозы на элементе к уровню воздействия ИИ. Изделие имеет высокую предельную накопленную дозу, если $K_3 \geq 3$.

Результатом нашей работы будет программное средство, автоматизирующее процесс оценки радиационной стойкости аппаратуры космических аппаратов. Результаты оценки будут представляться в табличной и графической форме (значение накопленной дозы за срок активного существования) и в табличной форме для приблизительной оценки стойкости к одиночным эффектам (сравнение допустимой частоты возникновения одиночных эффектов и расчетной для каждого чувствительного элемента).

На рис. 1 приведена общая блок-схема программного средства.

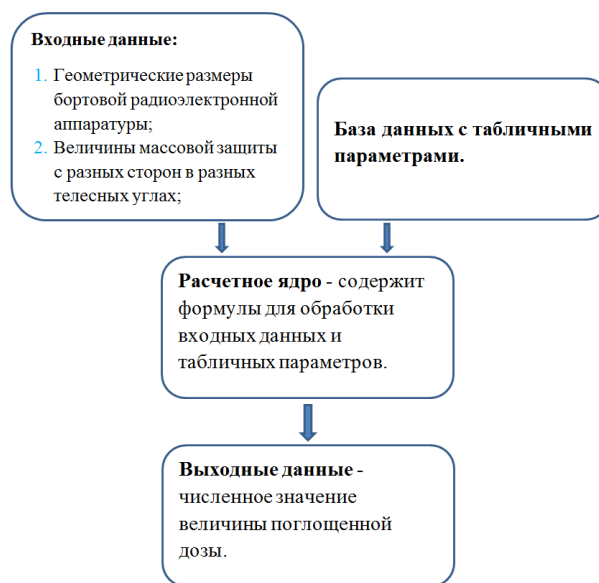


Рис. 1. Общая блок-схема программного средства

Выводы

Программное средство позволит автоматизировать процесс вычисления прогнозируемой радиационной стойкости БА КА, что ускорит, упростит работу научных сотрудников и повысит точность оценки. В перспективе оно будет усовершенствовано и позволит разработчику проводить размещение элементов на плате с учетом граничных условий по радиации.

Список литературы:

1. Анашин В.С. Проблемы обеспечения высоких сроков активного существования РЭА спутников связи. / Электросвязь, № 4, 2009. - с. 19-22.
2. Артюхова М., Полесский С., Жаднов В. Проблемы обеспечения стойкости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов на этапах проектирования. / Компоненты и технологии, № 9, 2010. - с. 93-98.
3. Модель космоса. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. т. II. / Под ред. М.И. Панасюка, Л.С. Новикова. - М.: КДУ, 2007. - 1144 с.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Д.А. Лужных
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

На сегодняшний день актуальная задача стоит по обеспечению точности вычисления выходных электрических характеристик бортовой электронной аппаратуры (ЭА) в соответствии с техническими заданиями на их проектирование.

Для бортовой ЭА (авиационной, морской, ракетно-космической и т.п.) характерно наличие жестких внешних воздействий, прежде всего, тепловых и механических. Для успешного проектирования бортовой ЭА может применяться множество программ моделирования электрических, тепловых, механических и других физических процессов.

Среди программ электрического моделирования наиболее известны программы PSpice, OrCad и другие. ANSYS, Cosmos, SolidWorks и пр. программы применяются для теплового и механического моделирования. Однако эти программы работают независимо друг от друга. В тоже время известно, что эти процессы протекают в бортовой ЭА одновременно и влияют друг на друга.

В данной работе поставлена задача выбрать те программы, которые наиболее приспособлены для моделирования электронных средств. Что касается электрических программ, то хорошо себя зарекомендовали PSpice, OrCad, Micro-Cap и др. Их функциональные возможности практически одинаковы. Отличаются только особенностями интерфейса взаимодействия пользователя с программой.

Что касается программ Cosmos, ANSYS, SolidWorks и других. Они разрабатывались в основном, для моделирования тепловых и механических процессов в машиностроительных конструкциях. Среди программ моделирования электрических и тепловых процессов ориентированных на бортовые электронные средства являются подсистемы АСОНИКА-В, АСОНИКА-М, АСОНИКА-Т и АСОНИКА-ТМ [1, 2].

Системный подход к автоматизации проектирования состоит в комплексном моделировании соответствующих физических процессов с учетом передачи информации с одной подсистемы в другую. Например, мощности тепловыделений в радиоэлементах передаются в программы теплового моделирования АСОНИКА-Т и АСОНИКА-ТМ из программ электрического моделирования PSpice и OrCad. Первая программа предназначена для моделирования тепловых процессов в блоках, стойках и пультах. Вторая программа для моделирования тепловых процессов в печатных узлах, в больших микросхемах и системах на кристалле.

Ярким примером комплексной системы проектирования электронных средств является программный комплекс АСОНИКА, который состоит из 18 подсистем, связанных с моделированием аэродинамических, тепловых, механических воздействий на радиоэлектронную аппаратуру. При проектировании электронного средства все задействованные подсистемы обмениваются информацией, каждая из которых получает определенную информацию на входе и выдает определенную информацию на выходе.

Рассмотрим программы PSpice и OrCad, применяемые для моделирования электрических процессов при проектировании бортовой ЭА. Это программные комплексы, которые используются при автоматизации проектирования ЭА,

в основном, при создания электронных версий печатных узлов для их дальнейшего моделирования и производства.

Для моделирования тепловых процессов используются программы АСОНИКА-Т (подсистема анализа и обеспечения тепловых характеристик объемной ЭА) и АСОНИКА-ТМ (подсистема анализа и обеспечения стойкости радиоэлементов и материалов плоских несущих конструкций к тепловым и механическим воздействиям). На входе они принимают чертеж конструкции ЭА (т.е модель, выполненную программами AutoCad, PCad и КОМПАС), теплофизические параметры материалов конструкции, мощности тепловыделений в элементах ЭА, и условия охлаждения конструкции ЭА. В результате моделирования при помощи этих подсистем можно получить значения температур конструктивных элементов, конструктивных узлов и электрорадиоэлементов электронного средства и значения температур воздушных потоков, охлаждающих бортовую ЭА.

При моделировании механических процессов задействованы АСОНИКА-М (подсистема анализа объемных конструкций ЭА на механические воздействия). Требуемой информацией для проведения моделирования в данной подсистеме является чертеж конструкции электронного средства, наименование материалов конструкции электронного средства, тип воздействия и его количественное определение. После процесса моделирования мы получаем значения механических ускорений, напряжений и резонансных частот электронного средства.

Аэродинамические процессы можно моделировать с помощью программы АСОНИКА-А (подсистема моделирования аэродинамических и гидравлических процессов в бортовой ЭА). Входной информацией для моделирования является температура воздуха и элементов конструкции, геометрические параметры конструкции, теплофизические параметры хладоносителей и топологическая модель аэродинамического или гидравлического процесса. После произведенного моделирования мы можем получить скорости хладоносителей, расходы хладоносителей и значения давления в различных точках конструкции ЭА.

Для реализации автоматизированного управления моделированием бортовой ЭА используется подсистема АСОНИКА-УМ, которая является электронной базой, хранящей в себе всю информации, собранную при взаимодействии со всеми подсистемами, задействованными при проектировании.

Таким образом, в подсистеме АСОНИКА-УМ создается графический образ проектируемой бортовой ЭА и собирается база данных по всем результатам моделирования. Этот образ часто называется электронным макетом ЭА, т.к. его можно исследовать математически по аналогии с исследованием натурального макета, если бы он был изготовлен. Поскольку с электронным макетом обращаться проще без опасности его испортить, то отработка его происходит быстрее и дешевле.

Список литературы:

1. Автоматизированная Система Обеспечения Надежности и Качества Аппаратуры. <http://www.asonika.ru>
2. Автоматизированные системы АСОНИКА для проектирования высоконадежных радиоэлектронных средств на принципах CALS-технологий. Том I. / под ред. Кофанова Ю.Н., Малютина Н.В., Шалумова А.С. - М.: Энергоатомиздат, 2007. - 368 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ, КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИТ-ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В КРУПНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ КОМПАНИЯХ

Ю.Ю. Юдина

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Рассматривается роль ИТ-технологий в современном бизнесе, причины и последствия некорректного выбора целей в области ИТ, роль автоматизации в процессе улучшения качества товаров и услуг в крупной компании, трудности, с которыми сталкивается компания при автоматизации основных и вспомогательных бизнес-процессов.

В условиях большой конкуренции на рынке товаров и услуг, а так же быстрого развития информационных технологий руководители крупных организаций направляют большие усилия (в том числе и денежные средства) на повышение качества своего продукта.

Одним из самых результативных методов ведения бизнеса сегодня является процессный подход, при котором вся деятельность организации рассматривается и оценивается с точки зрения процессов (основных и вспомогательных). Несомненно, успешный бизнес сегодня строится, в том числе, и на непрерывной работе информационных систем, которые могут обеспечить рост прибыли компании, ее позиционирование на рынке аналогичных услуг. Особенно остро данный вопрос стоит в крупном бизнесе, поскольку даже малейшая ошибка может перерасти в чрезвычайное происшествие и повлечь за собой потерю доверия со стороны потребителя, а значит и потерю части прибыли. Поэтому, возвращаясь к вопросу повышения качества конечного продукта, предоставляемого потребителю, руководители часто вкладывают большие средства и усилия для развития информационных технологий в организации.

Очевидно, что ИТ-процессы необходимы для жизнедеятельности всех бизнес-процессов в любой отрасли, но они до сих пор считаются поддерживающим (вспомогательным). Однако, направленность компании на качество ставит их в более привилегированное положение над остальными вспомогательными процессами. ИТ-процесс может быть выдвинут и в разряд основных в случае, если результат его деятельности станет неотъемлемой частью конечного продукта, предоставляемого потребителю.

Автоматизация основных и вспомогательных процессов является необходимым условием развития крупного бизнеса. Внедрение автоматизированных систем управления (АСУ) позволяет значительно улучшить работу, особенно при возрастающих объемах производства, путем экономии времени сотрудников на введение и обработку информации, сокращении временных затрат руководства на сбор и анализ результатов работы, сокращения издержек за счет уменьшения штата сотрудников, и др.

В крупных организациях с разветвленной структурой и большим количеством сотрудников АСУ позволяет объединить производственные, финансовые, ИТ и другие процессы. Таким образом, повышается оперативность обработки информации, возрастает эффективность управления бизнесом, появляется возможность реагировать даже на те показатели, которые ранее могли быть упущены или их оценка представлялась слишком трудозатратной.

Стоит отметить, что АСУ внедряются, в основном, в компаниях со сложившейся структурой, налаженным (в той или иной степени) взаимодействием между структурными подразделениями и чем компания крупнее, тем больше трудностей возникает на пути автоматизации. Внедрение АСУ в первую очередь требует исследования не только непосредственно области автоматизации, но и смежных областей, выявление очевидных и неочевидных связей и взаимодействий. Основными проблемами при внедрении АСУ могут стать:

- Несоответствие политики развития ИТ-инфраструктуры политике и целям организации;
- Отсутствие должного контроля со стороны руководства;
- Длительное согласование деталей автоматизации того или иного процесса в связи с большим предполагаемым количеством пользователей системы;
- Невозможность учета интересов всех пользователей;
- Нежелание пользователей работать по новой технологии;
- Полное отторжение некоторыми пользователями внедрения АСУ в связи с возможными сокращениями штата сотрудников.

Эти факторы зачастую тормозят как проектирование, так и введение АСУ в эксплуатацию. Тем не менее, именно автоматизация бизнес-процессов позволяет вывести ИТ в компании на новую ступень развития, и возвести ИТ-процесс в ранг “основных”. В первую очередь, это относится к крупным логистическим компаниям, в которых сбор данных по основному процессу, регулярное их обновление и мониторинг корректной работы АСУ важно как для самой компании, так и для ее клиентов. Отображение части собранной и обработанной информации в удобном для клиента интерфейсе повышает степень доверия клиента, позволяет организовать обратную связь заказчика с исполнителем, что создает благоприятную почву для создания системы управления организацией, ориентированной на качество, и, как следствие, создает добавленную стоимость конечного продукта.

На сегодняшний день существует набор эффективных инструментов для организации универсальной информационной системы для любой компании. Однако, практические рекомендации по построению такой системы для конкретной области бизнеса отсутствуют. Известно, что любая универсальная система отличается избыточностью и высокой стоимостью. Поэтому создание научно-обоснованной методологии адаптации и внедрения таких универсальных инструментов в информационные системы организаций является актуальной задачей и требует проведения комплекса теоретических и экспериментальных исследований, особенно это касается крупных компаний логистической отрасли. Специфика работы таких компаний заключается в непрерывном информационном взаимодействии с клиентом на всех этапах оказания услуги. Поэтому информационная система для таких организаций должна включать и специализированные ИТ-сервисы по работе с клиентами. Они должны создавать благоприятную основу для повышения уровня удовлетворенности постоянных клиентов, привлечения новых, и, с другой стороны, создавать основу для интеграции такой информационной системы в систему менеджмента качества.

ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕМЕНТА ПЕЛЬТЬЕ В ПРОЦЕССЕ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

И.Ю. Громов

*факультет Информационных технологий
и вычислительной техники*

Надежность работы и стабильность параметров радиоэлектронных устройств в значительной степени определяются их температурным состоянием [1]. В настоящей работе представлено краткое описание принципов метода автоматизированного оптимального синтеза системы обеспечения теплового режима РЭС.

При решении задачи обеспечения теплового режима функционирования радиоэлектронных средств (РЭС) нужно исходить из того, что все электрорадиоизделия (ЭРИ), которые входят в состав РЭС, должны работать в нормальном тепловом режиме. В настоящее время основным показателем надежности ЭРИ с точки зрения их теплового режима является нахождение рабочей температуры ЭРИ в диапазоне, регламентируемом изготовителем, т.к. статистические показатели влияния их температуры на надежность чаще отсутствуют.

Для выполнения требования к тепловому режиму каждого ЭРИ из состава РЭС могут использоваться различные термоэлементы: локальные радиаторы, вентиляторы, теплоотводящие шины, термоэлектронные элементы Пельтье, тепловые трубы. Тепловые трубы ограничиваются компактными стандартным круглым и плоским типами. Применяются также различные типы радиаторов и всевозможные типы нагнетателей (вентиляторов) – как вдувающие, так и выдувающие.

При современной конструкторской подготовке производства на этапе эскизного проектирования РЭС необходимо проанализировать целесообразность применения различных термоэлементов и их влияние на его тепловой режим. Для этого при расчете теплового режима составляется модель теплообмена, в которой учитывается конструкция РЭС, происходящие конвективный, кондуктивный и лучистый теплообмен и параметры средств теплообмена.

Для выполнения оценки влияния элементов системы на тепловое состояние РЭС и ЭРИ предлагается метод оптимизации системы обеспечения тепловых режимов РЭС, который в качестве модели теплообмена использует способ электротепловой аналогии. Концепция метода оптимизации построена на анализе температурного поля РЭС, вычисляемого по модели теплообмена в РЭС после пошагового изменения параметров средств обеспечения теплового режима. Направление движения к оптимуму значения каждого параметра определяется путем вычисления на очередном шаге оптимизации критерия оптимальности для блока РЭС в целом и для каждого средства обеспечения, присутствующего в модели. Следует заметить, что важной особенностью предлагаемого метода оптимизации является возможность учета целесообразности применения того или иного средства обеспечения температурного режима для ЭРИ или для блока РЭС. Это достигается с помощью учета индивидуального параметра – стоимости, характеризующего затраты на применение средства обеспечения.

Так же в настоящей работе решается задача упрощенного моделирования поведения некоторых средств обеспечения теплового режима РЭС. Одним из таких элементов, имеющих комплекс параметров и набор комплексных тепловых и электрических эффектов является термоэлектронный модуль Пельтье.

Элемент Пельтье основан на эффекте выделения или поглощения тепла на границе двух разных проводников, при прохождении через них электрического тока. Термоэлемент может работать в режиме получения тепла, холода либо как электрогенератор. Как правило, в бортовой РЭС элементы Пельтье выполняют охлаждающую функцию приборного контейнера в целом и/или отдельных ЭРИ в частности. В режиме получения холода на термоэлементе проявляется ряд эффектов, которые необходимо учесть при его моделировании. Помимо эффекта Пельтье (поглощения тепла на холодной стороне модуля), следует учесть сквозную теплопроводность, выделение Джоулевой теплоты при прохождении электрического тока через модуль и появление обратного напряжения согласно эффекту Зеебека. Эффект Томпсона принято оставлять без внимания ввиду малого его влияния на модель по сравнению с другими эффектами [1][2].

В настоящее время разработан ряд моделей в соответствии с методом электротепловых аналогий, учитывающий большинство указанных эффектов [2]. Данные модели основаны на распределенных либо сосредоточенных электрических параметрах, вычисляемых из спецификаций, публикуемых производителем.

В данной работе предлагается модель элемента Пельтье, построенная на основе регрессионного анализа экспериментальных данных по зависимостям между параметрами элемента Пельтье. Виды параметров и их зависимости опубликованы производителем. Предлагаемая модель учитывает вышеназванные электротепловые эффекты и призвана адекватно описывать поведение термоэлемента сохраняя простоту при встраивании в макромоделю РЭС при выполнении анализа теплового поля РЭС и оптимизации средств обеспечения теплового режима.

Помимо этого исходя из общей концепции оптимизации модель элемента Пельтье учитывает стоимостные параметры, позволяющие оценить параметры элемента с точки зрения затрат на их реализацию:

$$C_{II} = f(a, b, I, U), \quad (1)$$

где: C_{II} – стоимость применения модуля Пельтье;
 a, b – параметры радиатора и вентилятора для отвода тепловой мощности;

I, U – ток и напряжение необходимые при работе модуля.

Конечный вид функции определяется в результате регрессионного анализа экспериментальных данных зависимостей параметров модуля.

Таким образом, оптимизация будет выполняться путем варьирования параметров для индивидуальных ЭРИ и блока РЭС различных элементов обеспечения тепловых режимов (как вышеописанного элемента Пельтье, так и других) и оценки целесообразности их применения через стоимость. В итоге планируется получить оптимальную конструкцию средств обеспечения теплового режима РЭС с учетом минимальных затрат на реализацию.

Список литературы:

1. Иоффе, А.Ф. Полупроводниковые термоэлементы / А.Ф. Иоффе ; АН СССР, Ин-т полупроводников. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1960. – 188 с.
2. Chakib Alaoui. Peltier Thermoelectric Modules Modeling and Evaluation. International Journal of Engineering (IJE), Volume (5) : Issue (1) : 2011

ЗАДАЧА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ. ПОДХОД К РЕШЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ

*О.Е. Бухаров, А.А. Мизикин
Общественностские кафедры,
кафедра «Высшая математика»*

На данный момент существует множество статистических методов направленных на прогнозирование временных рядов. Учитывая закономерности и структуру временных рядов, можно выделить следующие методы прогнозирования, которые можно применять как независимо, так и совместно. Если во временном ряду наблюдается тренд или долгосрочная тенденции используются экстраполяционные методы прогнозирования. Если в динамике ряда присутствуют повторяемые через определенные периоды изменения или наблюдаются сезонные тенденции, используются методы корреляционного анализа данных направленные также на нахождение периода (временного лага) сезонности. Для временных рядов с резкими изменениями тенденции процесса под внешним или внутренним воздействием (обычно внешним) применяется специальная разновидность моделей, в параметры которых закладывается один из видов интервенции (постоянное скачкообразное, постоянное постепенное, скачкообразное временное). Если у временного ряда присутствуют постоянные колебания относительно тренда с неизвестным в начале исследования периодом, применяются гармонические модели или модели авторегрессии скользящего среднего.

По сравнению с приведёнными выше методами нейронные сети имеют большое количество преимуществ:

а) возможность описывать нелинейные зависимости, позволяющие более точно описать зависимости между наборами данных. Поэтому применение нейронных сетей дает возможность решать широкий круг сложных задач прогноза, классификации и диагностики.

б) возможность работы с неинформативными, шумовыми входными сигналами – нейронная сеть может сама определить их непригодность для решения задачи и явно отбросить их.

в) возможность работы с некоррелированными, но зависимыми переменными, с разнотипной информацией – непрерывнозначной и дискретнозначной, качественной и количественной, что представляется нелегкой задачей для методов статистики.

г) нейронная сеть может обучиться решению задачи, для которой отсутствует эксперт (или которую человек-эксперт решает недостаточно точно). Обученная нейронная сеть может быть представлена в виде явного алгоритма решения задачи, например, в виде набора правил "если ..., то ..." и изучение этого алгоритма может позволить человеку получить новые знания.

д) нейронная сеть может одновременно решать несколько задач при наличии у неё нескольких выходов

е) существуют алгоритмы, позволяющие решать обратные задачи на нейронной сети, обученной для решения прямой задачи. Например, можно на выходе нейронной сети подключить новую нейронную сеть и обучить её таким образом, чтобы на выходе были входные данные для первой нейронной сети. Таким образом можно получить решение задачи, которую эксперты могут решить лишь в обратную сторону.

Одним из основных минусов нейронной сети было время, которое необходимо потратить для обучения нейронной сети. С появлением многопроцессорных компьютеров и возможностей производить распараллеленные вычисления на видеокартах временные затраты на обучение нейронных сетей значительно сократились.

Также при использовании нейронных сетей при прогнозировании остро стоит вопрос об избыточном или недостаточном количестве входных параметров. Проблема состоит в том, что изначально неизвестно, от значений каких параметров в прошлом зависят значения интересующего параметра в будущем. Если на вход нейронной сети подать значения всех известных параметров, то это значительно замедлит скорость ее работы, а так же увеличится вероятность нахождения сетью реально не существующих зависимостей. С другой стороны, подавая на вход нейросети лишь часть параметров, кажущихся наиболее значимыми, можно упустить из виду параметры реально вносящие вклад в значение прогнозируемой величины.

Для решения данной проблемы было разработано несколько алгоритмов. Наиболее популярный из них – алгоритм, основанный на последовательном увеличении количества входных параметров путем добавления наиболее значимого, пока добавление нового параметра будет приносить заметный результат: на первом шаге для каждого параметра обучается своя сеть с единственным входом; параметр, чья сеть дает наименьшую ошибку, при прогнозировании считается наиболее значимым и добавляется к числу значимых; на каждом следующем шаге для каждого параметра не входящего в число значимых обучается сеть, которой на вход подаются все значимые и данный параметр; параметр, чья сеть дает наименьшую ошибку, при прогнозировании добавляется к числу значимых; алгоритм повторяется до тех пор, пока добавление нового значимого параметра уменьшает ошибку прогнозирования.

Для решения данной проблемы предлагается использовать генетический алгоритм. Начальные поколения наборов параметров (особей) для генетического алгоритма определяются случайным образом. Далее, наиболее приспособленными особями считаются наборы, обученные на которых сети дают минимальные ошибки. Новое поколение особей получается путем скрещивания наиболее приспособленных особей предыдущего поколения. Получение новых поколений продолжается, до тех пока популяция не сойдется.

Совместное применение генетического алгоритма и нейронной сети для прогнозирования временных рядов ранее не было ни кем реализовано. Ожидается, что их совместное использование повысит скорость обучения нейронной сети без потери качества прогнозирования, а, да же, с его улучшением в среднем.

Список литературы:

1. С. Хайкин, Нейронные сети: полный курс, 2-е изд., испр. 2006, 388-389.
2. Д. Рутковская, М. Пилиньский и Л. Рутковский, Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы. 2008, 383, стр.330-342.
3. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс: Учеб. — 8-е изд., испр. 2007, стр.235-279.
4. В.Г. Царегородцев. Преимущества и достоинства нейронных сетей. Доступно по адресу: <http://www.neuropro.ru/neu3.shtml>.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ТАКТИЧЕСКОГО ОТВОРОТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Е.А. Цыпунова

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В работе предлагается способ построения модели системы управления летательного аппарата, воспроизводящей маневр «Тактический отворот». Рассматриваются возможности практического применения данной модели.

Введение. Анализ локальных вооруженных конфликтов последних 40 лет показывает, что тактическая авиация, оснащенная управляемым оружием, представляет собой силу, способную радикально изменить ход боевых действий и предрешить их исход. На фоне этого существенно возрастает роль средств противовоздушной обороны, в частности истребительной авиации (ИА).

Для рационального ведения воздушного боя необходимо иметь заранее подготовленный набор способов применения ИА и ее вооружения. Задача разработки тактики использования ИА является сложной и многофакторной. На современном этапе она решается с помощью цифрового моделирования на компьютере. Таким образом, проблема построения математических моделей, позволяющих адекватно воспроизводить взаимодействие ИА с авиацией противника, является важной и **актуальной**.

Данная работа посвящена конструированию математической модели системы управления летательным аппаратом (ЛА), воспроизводящей маневр «Тактический отворот» (ТО) в горизонтальной плоскости при взаимодействии с другим ЛА.

Постановка задачи. Суть маневра ТО заключается в изменении траектории движения ЛА таким образом, чтобы максимально увеличить расстояние до ЛА противника, не теряя его своей бортовой радиолокационной системой (БРЛС). Данный маневр позволяет безопасно осуществить перехват ЛА противника в ситуации, когда противник может применить оружие.

Помимо БРЛС самолеты ИА оснащены бортовой станцией радиотехнической разведки (РТР), позволяющей определить факт использования противником оружия и вычислить момент времени, когда требуется начать выполнение маневра ТО.

Требуется разработать математическую модель блока управления движением ЛА, который с заданным темпом будет формировать команды коррекции траектории движения ЛА, обеспечивая выполнение маневра ТО.

Для отработки конструируемой модели системы управления ЛА дополнительно необходимо создать математическую модель внешней обстановки, которая будет воспроизводить:

- работу БРЛС;
- работу станции РТР;
- движение ЛА с учетом его аэродинамики;
- движение ЛА противника.

Структура модельного комплекса. Организационно создаваемый модельный комплекс будет состоять из двух взаимодействующих между собой частей:

- математическая модель системы управления ЛА;
- математическая модель внешней обстановки.

Модель внешней обстановки будет описывать маршрут движения ЛА в виде последовательности контрольных точек, основные параметры БРЛС ЛА, маршрут движения ЛА противника и момент применения противником оружия.

Модель системы управления ЛА будет взаимодействовать с моделью внешней обстановки и с заданным тем-

пом вычислять угол в горизонтальной плоскости, на который требуется изменить курс движения ЛА в текущий момент времени.

Принцип действия модельного комплекса. Прогнозирование во времени в создаваемом модельном комплексе предлагается организовать с фиксированным шагом.

В каждый момент времени модель внешней обстановки будет воспроизводить фазовое состояние ЛА в текущий момент времени (координаты, скорость и т.п.), опираясь на данные о маршруте движения ЛА и на уравнения движения ЛА. Аналогичным образом в каждый момент времени будет воспроизводиться фазовое состояние ЛА противника.

Одновременно модель внешней обстановки будет имитировать работу БРЛС ЛА. Имитация заключается в периодической проверке попадания ЛА противника в зону обзора БРЛС, которая описывается максимальной и минимальной дальностями обнаружения и сектором обзора в азимутальной плоскости. Обнаружение ЛА противника с помощью БРЛС считается мгновенным и идеальным.

В маршруте движения ЛА противника должен быть предварительно отмечен момент применения им оружия. В этот момент моделируется обнаружение факта использования оружия станцией РТР (мгновенно и идеально) и формируется команда в модель системы управления ЛА на начало маневра ТО.

Получив команду о начале маневра ТО, модель системы управления ЛА начнет с заданным темпом вычислять максимальный угол, на который к следующему моменту времени требуется изменить курс движения ЛА, чтобы ЛА противника продолжал оставаться в зоне действия БРЛС. При этом предлагается учитывать технические возможности ЛА по маневрированию, изменение пространственного положения и ориентации БРЛС. Движение ЛА противника на интервале времени до следующей команды системы управления предлагается считать равномерным и прямолинейным.

Каждая вновь сформированная системой управления ЛА команда будет передаваться в модель внешней обстановки и обрабатываться в ней, что приведет к изменению траектории движения ЛА и отклонению ЛА от предварительно заданного маршрута.

На выходе модели внешней обстановки должен формироваться текстовый файл, описывающий фазовое состояние ЛА в момент применения противником оружия, перечень команд системы управления по выполнению маневра ТО и траекторию движения ЛА после начала выполнения маневра ТО.

Реализация модельного комплекса. Разработку модельного комплекса предлагается вести на языке программирования Си++ в среде Microsoft Visual Studio.

Весь модельный комплекс предлагается разрабатывать как единую программу. Модель системы управления ЛА целесообразно реализовать как отдельный класс языка Си++, что позволит легко встраивать данную модель в другие программные комплексы на языке Си++.

Заключение. Разрабатываемую модель системы управления ЛА, воспроизводящую выполнение маневра ТО, можно использовать при моделировании взаимодействия ИА с ЛА противника для разработки тактики использования ИА в сложных ситуациях.

Поскольку язык Си++ в настоящее время является промышленным стандартом для разработки бортового и встраиваемого программного обеспечения, появляется возможность широкого применения создаваемой модели.

Список литературы:

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. – М.: Радиотехника, 2004 г.

**РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ УГЛОВОГО
СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА
ПРОНИ В СОСТАВЕ ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА МОДЕЛИРОВАНИЯ
СИСТЕМ НАВЕДЕНИЯ**

Д.А. Савин

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация. В данной работе предлагается алгоритм решения задачи углового сверхразрешения радиолокационных объектов, основанный на методе Прони. Разработанный алгоритм реализован в отдельной подсистеме моделирующего комплекса систем наведения.

Введение. В настоящее время в области радиолокации актуальна задача сверхразрешения – задача разрешения группы объектов по некоторому параметру путем использования математических методов, основанных на принятии некоторой гипотезы о модели сигнала и позволяющих за счет этого повысить разрешающую способность РЛС. В данной работе предлагается разработанный алгоритм углового сверхразрешения, основанный на методе Прони.

Постановка задачи. Рассмотрим задачу сверхразрешения на плоскости. Пусть имеется радиолокационная станция, принимающая радиолокационный сигнал от группы целей. В задаче станции входит нахождение углов пеленга для каждого источника сигнала путем математической обработки принятого сигнала.

Пусть на выходе РЛС формирует два сигнала, один из которых называется суммарным (U_S) а другой – разностным (U_R) и имеется два конечных набора дискретных отсчетов этих сигналов. Отсчеты этих сигналов имеют следующий вид:

$$U_S^n = \sum_{p=1}^P \dot{a}_p z_p^{n-1} + \xi_1^n(t); \quad (1)$$

$$U_R^n = \sum_{p=1}^P \dot{a}_p \varepsilon_p v z_p^{n-1} + \xi_2^n(t); \quad (2)$$

где $n=1, \dots, N$ – номер отсчета,

P – количество источников сигнала,

$\dot{a}_p = a_p e^{j\theta_p}$ – комплексная амплитуда p -ого сигнала,

$z_p = e^{(v_p + j2\pi f_p)\Delta t}$ – комплексная экспонента,

θ_p – начальная фаза p -ого сигнала,

v_p – коэффициент затухания p -ого сигнала,

f_p – частота p -ого сигнала,

ε_p – угол пеленга p -ого сигнала,

V – пеленгационная характеристика антенны,

$\xi_1^n(t), \xi_2^n(t)$ – внутренние шумы приемника РЛС,

имеющие нормальное распределение.

Требуется

- Вывести алгоритм нахождения углов пеленга сигналов на основе метода Прони
- Разработать и реализовать на его основе подсистему углового сверхразрешения в составе моделирующего комплекса систем наведения

Структура разработанной подсистемы.



Рис. 1.

Разработанная подсистема углового сверхразрешения имеет модульную структуру и состоит из двух основных блоков – генератора входных данных и блока сверхразрешения (рис. 1).

При запуске пользователем процесса сверхразрешения через графический интерфейс блок управления моделирующим комплексом вызывает подсистему углового сверхразрешения. На вход подсистемы поступают введенные через графический интерфейс входные данные:

- амплитуды источников сигналов a_p ;
- коэффициенты затухания источников сигналов γ_p ;
- начальные фазы источников сигналов θ_p ;
- частоты источников сигналов f_p ;
- углы пеленга источников сигналов ε_p .

Генератор входных данных по полученным параметрам сигналов формирует отсчеты этих сигналов и передает в блок сверхразрешения. Блок сверхразрешения по полученным отсчетам данных реализует разработанный алгоритм сверхразрешения и находит углы пеленга источников сигналов ε_p , которые передает в графический интерфейс программного комплекса.

Результаты экспериментальных исследований. Всего было разработано 3 версии алгоритма различной вычислительной сложности и проведен ряд экспериментов для их сравнительного анализа применительно к задаче со следующими условиями:

Пусть

- количество источников сигналов $P = 2$,
- углы пеленга не превышает 3 градусов: $|\varepsilon_p| \leq \frac{\pi}{60}$,
- количество доступных отсчетов сигналов $N = 8$,
- отчеты сигналов принимаются с частотой 400 Гц.

Сравнительный анализ показал эффективность разработанных алгоритмов, возможность их применения в реальных условиях. Лучшие результаты показал алгоритм наибольшей вычислительной сложности, способный восстанавливать углы пеленга при отношении сигнал-шум до 30 дБ.

Список литературы:

1. Леонов А.И., Фомичев К.И. Моноимпульсная радиолокация // Советское радио 1970.
2. Савинов Ю.И. Метод Прони: моногр. – Смоленск, изд. ВА ВИБО ВС РФ, 2007 – 74с.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ СЕТИ (НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ)

Д.А. Ноздрин

факультет Прикладной математики и кибернетики

Тема работы посвящена оптимизации функционирования и новому подходу к управлению сложными инженерными сетями. Реализация управления предполагается на основе сетевого подхода в противовес классически применяемому иерархическому подходу, что обеспечит адаптивность и устойчивость сети к изменениям структуры.

Основной целью разработки данной модели, а также её практической реализации является разработка эффективной модели управления инженерными сетями, такими как сети газо- и водоснабжения, сети городского транспорта, электросети. Электросети были выбраны первичными для построения модели, как наиболее сложные и быстро изменяемые сети, сложные для управления и имеющие ряд проблем, не решенных в текущих реализациях управления сетями.

В последние годы на энергетических предприятиях всего мира происходят заметные сдвиги, обусловленные рядом факторов на государственном, управленческом и технологическом уровнях, которые диктуют необходимость внедрения инновационных технологий для управления энергосистемами. Ситуация в российской энергетике, безусловно, имеет свою специфику, которую необходимо учитывать при оценке перспектив внедрения «умных» энергосетей в отечественных сетевых и сбытовых энергокомпаниях. Следует принимать во внимание такие факторы, как:

- избыточность генерирующих мощностей, заложенная при создании единой энергосистемы бывшего СССР в силу исторических и политических причин;
- в целом крайне низкая эффективность функционирования ЕЭС России, наличие значительных резервов повышения энергоэффективности;
- фокус на обеспечение промышленной безопасности и системной надежности инфраструктуры ТЭК в контексте техногенных катастроф на ряде энергообъектов;
- высокая социальная чувствительность граждан, а также промышленных и сельскохозяйственных потребителей к изменению тарифов на любые виды энергоснабжения.

Тем не менее, существует ряд позитивных трендов и важных событий, особенно в сфере ИТ для ТЭК, которые можно рассматривать как предпосылки для создания и внедрения «умных» энергосетей и систем интеллектуального управления энергопотреблением в нашей стране.

Поэтому вопросами внедрения smart-технологий сейчас занимаются многие энергокомпании. Но, применяя западный опыт, не адаптируют его к условиям российской действительности.

Сейчас, в рамках автоматизации и управления энергетикой довольно часто употребляется слово «Smart Grid». Однако в зарубежной литературе и у наших специалистов оно трактуется совершенно неоднозначно. На Западе под Smart Grid понимается управление распределенной генерацией при помощи новых способов обработки большого объема информации. Но несколько неточно называть Smart Grid интеллектуальной системой, как это делается в России, потому что Smart Grid – это все-таки техническая система, подготавливающая оценки состояния и жизнеспособности оборудования, внешних факторов. Но такая система редко в состоянии формировать сложное управление сама.

Поэтому и реализации «интеллектуальных» систем если и происходят, то сугубо в рамках такого узкого понимания Smart Grid. Все системы вида Smart Grid как в России, так и на Западе имеют весьма небольшие возможности, как правило, ограниченные функционально сбором информации для анализа в общий центр и релейной защитой, которая в случае аварийных ситуаций просто обесточивает целиком аварийную ветвь. Однако системы такого класса не решают ни проблемы оптимизации перетоков, ни проблемы обеспечения потребителей разных категорий мощностью, не имеют механизмов автоматического управления генерацией электрического тока и анализа состояния ветвей. К тому же, такие системы крайне централизованы, в силу необходимости хранения значительного объема аналитической информации, что значительно сокращает адаптационные возможности к постоянно меняющейся конфигурации сети.

Поэтому, учитывая особенности российской энергетики, особенно в части работы с потребителем, правильно говорить не о Smart Grid, а об интеллектуальной энергосистеме с активно-адаптивной сетью. В России нужна активно-адаптивная сеть, позволяющая управлять перетоками электроэнергии по межсистемным связям.

Это чрезвычайно значимый для России момент – управление межсистемными перетоками, их надежностью и устойчивостью. Если во многих странах мира в силу определенной концентрации производителей, близкого нахождения друг к другу производителей и потребителей, и отсутствия каких-то масштабных сетевых компонентов особых проблем управления сетевой частью нет, то для России из-за наличия длинных линий, слабой нагрузки, невысокой пропускной способности, управление становится сложной задачей.

Также, остается психологическая проблема, вызванная разрывом между поставщиками, транзитными организациями и потребителем. Под воздействием централизованной системы электроснабжения в России очень прижилась, так называемая, «розеточная» или «потребительская» психология. Стандартный пользователь подключается к ЕЭС и его не беспокоит ни возможные перегрузки, ни оптимизация перетоков, ни тем более соседние потребители, что приводит к крайне неэффективной системе энергопотребления.

Кроме того, если потребитель не хочет пользоваться централизованным энергоснабжением – он обеспечивает собственную генерацию, становясь, таким образом, одновременно и поставщиком и потребителем. Также, во многих производствах электроэнергия генерируется за счет вторичных ресурсов. Генерируемая мощность у таких потребителей всегда в целях стабильности не потребляется полностью, существует «запас по мощности», который можно было бы отдавать вовне, повышая стабильность электросети, экономя на транзите электроэнергии, повысив общую эффективность сети. Кроме того, из-за локальности у такого генератора периодически появляется «свободное время», во время которого также можно отдавать электричество в сеть, в то время как у соседнего потребителя ощущается нехватка. И технические средства, в том числе интеллектуальные активно-адаптивные сети, должны быть направлены на то, чтобы обеспечить условия для такого перетока электроэнергии. Тогда потребитель экономически будет заинтересован как в использовании данной системы, так и в генерации электроэнергии и оптимизации её использования. На данный момент такая возможность не обеспечена существующими решениями.

Современные аналоги разработки

Автоматизация управления системой электроснабжениями до ближайшего времени почти не уделялось внимания. Однако, в свете введенных государственных законопроектов во многих странах мира, развитием достаточной мощности микропроцессорной техники данная проблема стала одной из самых актуальных.

Автоматизация распределительных сетей традиционными методами представляется затруднительной в силу нескольких причин:

1. Большое количество объектов на каждый участок сети (тысячи объектов).
2. Нецелесообразность создания выделенного канала связи на каждый объект.
3. Сверхбольшие требования к системам сбора и отображения информации (ИВК, ОИУК) по объему обрабатываемых данных
4. Высокая стоимость обычных систем

Большое внимание в текущих разработках уделяется релейной защите, её автоматизации и совершенствованию управления, обеспечения её надежного функционирования.

Ведущие мировые производители в области ИТ отдают себе отчет в том, что эффективное управление интеллектуальными энергосистемами нового поколения и порождаемыми ими огромными массивами данных требует новых подходов к созданию информационных управляющих и аналитических систем. Примеры создания подобных специализированных решений от ведущих игроков мирового ИТ-рынка хоть и известны, но следует заметить, что только единицы находятся на стадии апробации. Сегодня есть решение, период пилотного внедрения которого в достаточно большое энергорайоне практически завершен. Этим решением является совместная разработка компаний Teradata и Itron – так называемая платформа Active Smart Grid Analytics™ (ASA).

Но, даже исходя из анализа поставленных для платформы задач, это – информационная управляющая сеть, основной функцией которой является интеграция средств и систем сбора технологической информации, основанных на технических решениях и интеллектуальных средствах измерения, и систем хранения и аналитической обработки данных. Задачи управления непосредственно электроснабжением не ставятся. Данная система является, в первую очередь, аналитической системой, и, несмотря на интеграцию в электросеть, не обеспечивает ни один из параметров качества, полагаясь по-прежнему на простейшие системы релейной защиты.

В России разработками по внедрению моделей «умных» электросетей занимается ОАО «ФСК ЕЭС», в настоящее время многие проекты которой находятся на стадии разработки. Однако, рассмотрев подробнее проекты данной компании, заметно, что это не является проектом построения умной сети, а скорее похоже на проекты по внедрению на объектах отдельных элементов умных сетей. На данный момент на этапе апробации находятся несколько проектов «ФСК ЕЭС»: установка СТАТКОМ на ПС 400 кВ «Выборгская», установка управляемых шунтирующих реакторов на ПС 50 кВ «Таврическая», «Барабинская», «Иртыш», установка статического тиристорного компенсатора и конденсаторных установок на ПС 500 кВ «Ново-Анжерская». Несмотря на то, что к интеллектуальным сетям данные проекты имеют непосредственное отношение, они не решают поставленных задач. Открытой информации о разработке систем управления класса активно-адаптивных сетей нет.

В похожем направлении ведутся работы ОАО «ХОЛДИНГ МРСК». В настоящее время им активно реализуются проекты внедрения умных приборов учёта элек-

троэнергии, создаются центры управления сетями, повышается наблюдаемость ПС. Первоочередной задачей в «интеллектуализации» распределительной сети ОАО «ХОЛДИНГ МРСК» ставит «умный» учёт. Идёт большая работа по созданию единого информационного ландшафта системы учёта.

По всему миру идут разработки сетей Smart Grid крупных фирм «Шнейдер Электрик», «Mitsubishi Electric». Реализуются проекты: Microgrids, FENIX, ADDRESS, но до сих пор не существует готовой модели или системы, решающей в полной мере задачи оптимизации энергоснабжения. Также, большинство зарубежных проектов, даже будучи завершенными, не смогут быть применены в России из-за особенностей построения отечественных электросетей.

Проблематика электроснабжения

С проблемами электроснабжения потребители сталкиваются тогда, когда начинаются неполадки в работе их электрооборудования, будь то бытовые электроприборы, офисная или производственная электротехника. Эти проблемы могут проявляться либо в некачественных характеристиках электроэнергии – нестабильности напряжения, искажении его формы и колебания его частоты, недостаточной мощности электросети, либо в ненадёжности, т.е. пропадании напряжения.

Таким образом, электроснабжение определяется двумя факторами – качеством электроэнергии и надёжностью её снабжения. Даже самые лучшие системы производства электроэнергии и её распределения не могут быть полностью надёжными источниками высококачественного электропитания. Вырабатываемая электроэнергия проходит долгий путь от электростанции через передающие подстанции к конечному потребителю, и чем дальше от источника, тем больше риск возникновения проблем с качеством и надёжностью электроснабжения.

Причинами некачественного или ненадежного электроснабжения могут быть:

- перегруженность линии электропередачи;
- короткое замыкание или удар молнии;
- наличие в питающей линии промышленных и бытовых электроприборов с большим импульсным энергопотреблением: аппаратура аргоновой сварки, нагреватели, электродвигатели, лазерные принтеры, копировальная техника и т.п.;
- некачественная электропроводка в здании;
- выход из строя оборудования электроподстанций или его неисправность;
- обрыв линии электропередачи;
- многие другие причины.

Все электроприборы и оборудование предназначены для работы в определённой электромагнитной среде. Электромагнитной средой принято считать систему электроснабжения и присоединённые к ней электрические аппараты и оборудование, связанные кондуктивно и создающие в той или иной мере помехи, отрицательно влияющие на работу друг друга. При возможности нормальной работы оборудования в существующей электромагнитной среде, говорят об электромагнитной совместимости технических средств.

Единые требования к электромагнитной среде закрепляют стандартами, что позволяет создавать оборудование и гарантировать его работоспособность в условиях соответствующих этим требованиям. Стандарты устанавливают допустимые уровни помех в электрической сети, которые характеризуют качество электроэнергии (КЭ) и называются показателями качества электроэнергии (ПКЭ).

Показатели качества электрической энергии, методы их оценки и нормы определяют Межгосударственный стандарт: «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» ГОСТ 13109-97. В данный стандарт входят такие параметры как установившееся отклонение напряжения, размах изменения напряжения, доза фликера, коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения, отклонение частоты, длительность провала напряжения, импульсное напряжение, коэффициент временного перенапряжения.

Для оценки надежности электроснабжения существует стандарт ANSI-IEEE1366-2003. В нем определены следующие натуральные показатели надежности электроснабжения: средняя частота отключений в системе, средняя продолжительность отключения, средняя частота отключения одного потребителя, средняя продолжительность отключения одного потребителя. Также указаны допустимые их границы.

Также в теории электросетей вводится понятие устойчивости системы. При анализе устойчивости электрической системы различают устойчивость статическую и динамическую. Статическая устойчивость характеризует устойчивость электрической системы при малых возмущениях, т. е. таких возмущениях, при которых исследуемая электросеть (ЭС) может рассматриваться как линейная. Изучение статической устойчивости проводится на основе общих методов, разработанных А. М. Ляпуновым для решения задач об устойчивости. В инженерной практике исследование устойчивости электрической системы иногда проводят упрощенно, ориентируясь на практические критерии устойчивости, определяющие её наличие или отсутствие при некоторых вытекающих из практики допущениях.

Динамическая устойчивость определяет поведение ЭС после сильных возмущений, возникающих вследствие коротких замыканий, отключении линий электропередач и т. п. При анализе динамической устойчивости (система рассматривается как нелинейная) возникает необходимость интегрировать нелинейные трансцендентные уравнения высоких порядков. Для этого применяют аналоговые вычислительные машины и так называемые расчётные модели переменного тока; наиболее часто создают специальные алгоритмы и программы, позволяющие производить расчёты на ЦВМ. Состоятельность составленных программ проверяется сопоставлением результатов расчётов с результатами экспериментов на реальной ЭС, либо на физической (динамической) модели ЭС.

Кроме того, существуют на данный момент не стандартизированные критерии, которые являются отличительной особенностью, показателями качества ИС, на которые также ориентирована её разработка. К таким показателям можно отнести запас по устойчивости, скорость принятия управленческого решения, оптимизация перетоков. В России данная задача является крайне актуальной за счет территориального разброса точек электрогенерации и энергопотребления. Но на российском рынке на текущий момент нет решений, удовлетворяющих данную потребность.

Ключевые особенности предлагаемого решения.

В интеллектуальной сети предполагается интегрировать следующие структуры:

1. Инфраструктура электросетей

2. Инфраструктура автоматической системы технологического управления (АСТУ)

3. Инфраструктура бизнес-приложений

В целях интеграции данных систем необходимо в определенной степени унифицировать информационные потоки. Однако пока приоритет ставится на формирования ядра системы – инфраструктуры АСТУ.

Развитие ЭС сопровождается непрерывным усложнением их структуры, изменением динамических свойств, усилением связности элементов. Для обеспечения надежного и безопасного функционирования ЭС, учитывая абсолютную неоднородность и разрозненность подсетей, а также древовидную структуру электросетей, разрабатываемая интеллектуальная сеть будет обладать способностью к самовосстановлению и адаптации к частым изменениям структуры. Понятие адаптивности сети понимается именно в этом смысле, и оно является одной из важных особенностей предлагаемой модели интеллектуальной инженерной сети (ИИС). Такие требования по адаптации абсолютно исключают централизованную структуру, в силу возможности выхода из строя либо просто отсутствия в текущей топологии каналов связи с «центральным» узлом. В таком случае сеть окажется нестабильной и неуправляемой. Поэтому разработка ведется в направлении децентрализованной структуры – сетевой.

При сетевой структуре все узлы в состоянии генерировать в равной степени управление, таким образом, при разрыве сети в несколько изолированных подсетей, ИИС останется функционирующей. При восстановлении связей либо добавления новых узлов ИИС адаптируется и изменяет свою структуру.

В таких условиях становится важным выбор протокола передачи данных. Однако данная проблема уже решена. Протокол ИИС должен быть выполнен по стандарту МЭК-61850 - универсальный стандарт, который позволяет упорядочить разрозненные решения различных производителей устройств релейной защиты и систем передачи данных, применяемых на подстанциях. До сих пор, многие производители продолжают развивать собственные протоколы и решения, однако, данный стандарт является наиболее современным и популярным.

Стандарт получился достаточно сложным именно из-за своей универсальности. Он описывает не только, как передаются данные, но и закрепляет требования к описанию электрических систем на всех уровнях, начиная от уровня системы в целом, заканчивая конфигурацией отдельного терминала релейной защиты и автоматики (РЗА).

Однако, несмотря на эти требования, МЭК 61850 обеспечивает серьёзные преимущества, среди которых:

- Высокоскоростной обмен данными микропроцессорных электронных устройств между собой (одноранговая связь).
- Привязка к подстанционной ЛВС.
- Высокая надежность.
- Гарантированное время доставки.
- Функциональная совместимость оборудования различных производителей.
- Средства поддержки чтения осциллограмм.
- Средства поддержки передачи файлов.
- Конфигурирование / автоматическое конфигурирование.
- Поддержка функций безопасности.

Таким образом, выбор МЭК 61850 для построения ИС представляется оптимальным.

Общая схема инженерная сеть (ИС) представляет собой ориентированный граф, где за ориентацию ребра берется направление тока. Это возможно, т.к. в устоявшемся

режиме направления тока в сети меняются только в случае внештатных ситуаций. В остальных случаях такая схема является по сути статичной относительно направлений, что крайне удобно для расчета.

Относительно данной схемы была задана аксиоматика, заданная матрицами напряжения, тока, проводимости, векторами мощностей потребления и генерации, и т.п. Также было введено расширение действий над матрицами, включающее поэлементные операции, что легко реализуется на ЭВМ и позволяет лучше сформулировать некоторые законы относительно данной схемы.

Статическая модель описывает инженерную сеть без учета переходных процессов. Сохранения статической устойчивости системы - одна из важнейших задач для поддержания целостности системы. Задача сохранения статической устойчивости описывается системой матричных уравнений, исходя из электротехнических законов: законов Кирхгофа, баланса мощностей и пр.

Динамическая модель должна отражать переходные процессы в сети, и обычно задана системой дифференциальных уравнений. Генерируя управление в соответствии с динамической моделью предоставляется возможность контроля запаса по динамической устойчивости системы и сведения возможности дестабилизации к минимуму. Например, при включении нового потребителя электрического тока. ИС либо может обеспечить нового потребителя при помощи свободной мощности источников, либо запретить обеспечение, если недостаточно запаса по динамической устойчивости. В таком случае, пожертвовав одним потребителем, обеспечивается стабильность всей системы.

Статическая и динамическая модели - обе направлены на поддержание устойчивости системы. Статическая модель решает задачи обеспечения сохранения баланса мощностей, оптимизации перетоков, обеспечения потребителей мощностью, поддержания целостности системы при этих процессах. Динамическая модель решает задачи поддержания целостности при переходных процессах - например, включение/выключение узлов, резкие перепады напряжения, аварийные ситуации.

Важной особенностью управления электросетями являются требования по скорости работы - ограничение по времени на формирование управления интеллектуальной системой. Электросети - быстрые динамические системы. ИИС должна учитывать эту особенность сетей, измерительные и управляющие системы должны быть построены на базе скоростных АЦП и оптических систем связи для обеспечения наивысшей скорости связи. ИС в случае аварии на участке имеет в лучшем случае около 100мс на первичную реакцию. С другой стороны, задачи по оптимизации запаса статической и динамической устойчивости системы имеют порядок секунд или десятков секунд. Данные условия по скорости накладывают определенные условия на построение математической модели. В частности, учитываются сложности математических операций, ограничения на аппаратное обеспечение узлов, и необходимость разработки соответствующих быстродействующих алгоритмов. Поэтому в разрабатываемой системе задачи будут иметь приоритеты.

Вводится несколько уровней приоритетов, и каждая задача обрабатывается согласно данному приоритету. Основными уровнями приоритета являются:

1. Поддержание стабильности и целостности системы.
2. Увеличение запаса по статической и динамической устойчивости системы.
3. Корректное распределение электроэнергии между потребителями по категориям.
4. Поддержание параметров качества.

В стабильном режиме система занимается поддержанием параметров качества электроснабжения. В случае изменения структуры сети, аварий, подключения/отключения потребителей и генераторов - первичной задачей выступает удержание целостности ИИС. После чего - обеспечение параметров надежности электроснабжения.

Для ускорения расчетов вводится уникальное для современных разработок понятие «зон свободного перетока в электросети». Общая электросеть разбивается на несколько зон, каждая из которых отдельно просчитывается и обрабатывается ИИС. Такое разбиение позволяет значительно уменьшить размерность данных для обработки. Управление перетоками генерируется относительно текущей зоны, и только в случае выхода параметров за определенные границы, происходит запрос в соседнюю зону. Взаимодействие между зонами происходит посредством обмена информацией между граничными узлами. При современной архитектуре и правильно подобранном алгоритме, таких узлов немного, что упрощает задачу синхронизации зон.

Упрощенная суть алгоритма деления на зоны сводится к следующим пунктам:

- Зона присваивается ребрам (линиям связи), а не узлам. Это устраняет возможность возникновения коллизий для границ.
- Распределение зон начинается с произвольного узла.
- Всем исходящим из узла ребрам назначается одна зона. Всем входящим в узел ребрам присваиваются разные зоны.
- Для сетей вида «кольцо» предусмотрен механизм разрешения коллизий.

Вторым ключевым инновационным пунктом является деление системы на несколько частей - «демонов».

Демон (модуль) - комплексная часть системы управления ИИС, функционально изолированная от других демонов на каждом узле и имеющая набор четко ограниченных решаемых задач, не пересекающихся с задачами других демонов. Таким образом, на каждом узле непосредственно сосуществует несколько функционально разделенных программных компонентов. Основными из них являются демоны:

1. Структурно-зональный.
2. Статической устойчивости и целостности.
3. Динамической устойчивости.
4. Безопасности.
5. Прогностический.

Первые три уже были рассмотрены в общих чертах. Функции же по обеспечению безопасности абсолютно необходимы в сетях промышленного масштаба. Это защита от любой попытки получения несанкционированного доступа к системе управления.

Последний модуль предназначен для сбора и анализа статистической информации о работе сети. Это также позволит ускорить работу механизма принятия решений. Исходя из набранного аналитического материала, система при переходе будет проверять наиболее вероятные ситуации, и в случае совпадения ряда критериев получать готовое управление, вместо формирования «с нуля».

Заключение

Был проведен анализ основных интеллектуальных систем управления на международном рынке энергоснабжения. В результате изучения и сравнения технических показателей данных систем, был сделан вывод о классе проблем и задач, которые текущие системы не решают. На основе этого был сделан вывод об актуальности тематики и необходимости создания модели новой системы управления, а позже и её реализации.

На текущий момент в разработке математической модели введена аксиоматика, сформулированы основные законы статической модели. Разработаны новые, нигде ранее не использовавшиеся логические методы и конструкции, алгоритмы, позволяющие оптимизировать математический просчет модели интеллектуальной инженерной сети, имеющие практическую ценность и платформу для реализации, отвечающие существующим государственным стандартам.

Список литературы:

1. <http://www.smartgrid.ru/>
 - a. Статья от 19.11.2011 генерального директора Института энергетической стратегии В.В.Бушуева «О перспективах Smart Grid в России».
 - b.Статья от 29.09.2011 «Smart Grid в электросетевом комплексе России» Б.Механошина.
 - c.Статья от 24.04.2012 «О практических мерах по внедрению технологий Smart Grid в России» А.Конева.
2. Дорофеев В.В., Макаров А.А. Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России // Энергоэксперт, 2009, № 4 (15).
3. Электроэнергетика России 2030: Целевое видение / Под общ. ред. Б.Ф. Вайнзихера. – М.: Альпина Бизнес Бук, 2008.
4. European SmartGrids Technology Platform. Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006.
5. <http://www.iec.ch/> - официальный сайт Международной Электротехнической Комиссии(англ. IEC) - организация по стандартизации в области электрических, электронных и смежных технологий.
6. <http://мэк61850.рф/> - сайт, посвященный стандарту МЭК 61850

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Д.А. Лужных, С.Ю. Сотникова
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники
факультет Электроники и телекоммуникаций

На сегодняшний день не существует методики проектирования бортовой электронной аппаратуры (ЭА), охватывающей комплексный подход к моделированию наиболее влияющих факторов. Исходными данными для проектирования ЭА являются технические задания.

Рассмотрим поэтапную взаимосвязь одновременно протекающих физических процессов бортовой электронной аппаратуры (ЭА) при ее комплексном проектировании с помощью программного комплекса АСОНИКА, который состоит из 18 подсистем, связанных с моделированием аэродинамических, тепловых, механических воздействий на радиоэлектронную аппаратуру [1].

Все этапы в процессе проектирования бортовой ЭА можно контролировать благодаря программе АСОНИКА-У. Это подсистема планирования и управления проектами, которая позволяет максимально эффективно распределять ресурсы и время, выделенные на реализацию проекта.

Рассмотрим сами этапы проектирования. Первым этапом проектирования ЭА является создание и корректировка его принципиальной электрической схемы, посредством проектирования ее с помощью программного комплекса PSpice или OrCad.

Вторым этапом является создание чертежей конструкции посредством использования программы SolidWorks. На этих этапах основным фактором успеха является первоначально удачно спроектированная конструкция, который достигается благодаря опытности инженеров-проектировщиков, занимающихся данным проектом. Результатом удачно спроектированной конструкции будут минимальный срок разработки и затраченные на разработку ресурсы: денежные, человеческие, материал и т.д.

Длительность разработки часто определяется количеством возвратов с последующих этапов разработки на предыдущие этапы. Возвраты обусловлены обнаружением электрических, тепловых или механических перегрузок электрорадиоэлементов или материалов несущих конструкций ЭА. Особенно увеличивает сроки и другие ресурсы разработок бортовой ЭА обнаружение перегрузок на завершающих этапах испытаний изготовленных макетов или опытных образцов. Поэтому в предлагаемая методика построена на математическом электрическом, тепловом и механическом моделировании бортовой ЭА на ранних этапах разработки.

После создания чертежей конструкции следует вернуться к электрическому моделированию, чтобы проверить, все ли паразитные проводимости, ёмкости и индуктивности (взаимоиндуктивности) учтены в электрической модели принципиальной схемы и не нарушены требования по электрическим нагрузкам радиоэлементов.

На следующем этапе проводят моделирование тепловых процессов в шкафах и блоках, с помощью подсистем АСОНИКА-Т или ТРИАНА. Если при моделировании температура какого-либо узла превышает допустимую норму одного из радиоэлементов, то необходимо провести корректировку конструкции, улучшив теплоотвод от данного и других радиоэлементов. После внесения изменений в конструкцию тепловой расчёт необходимо повторить.

При отсутствии возможности корректировки конструкции необходимо вводить систему охлаждения. Для этого требуется провести аэродинамическое (или гидравлическое) моделирование. В этом случае используется подсистема АСОНИКА-А.

Однако, при проектировании бортовой ЭА стремятся не увеличивать габариты и массу ЭА введением системы охлаждения или амортизация [2]. Путём электрического моделирования других вариантов принципиальной схемы и оптимизации её размещения на печатных платах пытаются обойтись без дополнительной системы охлаждения ЭА.

В случае, если после корректировки схемы (или после введения системы охлаждения) температура на радиоэлементах становится допустимой учётом необходимых запасов, то можно переходить к моделированию механических процессов в шкафах и блоках.

Моделирование вибраций, ударов, линейных ускорений и акустических шумов проводится с помощью подсистемы АСОНИКА-М. Результатами моделирования являются механические ускорения на радиоэлементах, которые не должны с запасами не превышать допустимые справочные нормы. Также результатами моделирования являются механические напряжения в материалах несущих конструкций бортовой ЭА, которые тоже не должны превышать справочные значения пределов прочности.

При любом несоблюдении требований по механическим нагрузкам необходимо возвращаться к начальным этапам разработки ЭА, пока не будут достигнуты допустимые результаты.

Следующим этапом является моделирование тепловых и механических процессов в печатных узлах с помощью подсистемы АСОНИКА-ТМ. Если допустимые показатели

температур и ускорений удовлетворяют всем требованиям, происходит анализ показателей надежности. Для этого используется программа АСОНИКА-К, которая позволяет рассчитывать вероятность безотказной работы, среднюю наработку на отказ и интенсивность отказа.

Все результаты моделирования электрических, механических, аэродинамических, тепловых процессов записываются в базу данных программы АСОНИКА-УМ, которая является электронной базой, хранящей в себе всю информацию, собранную при взаимодействии со всеми подсистемами, задействованными при проектировании.

Завершающим этапом при комплексном проектировании ЭА является заполнение карт рабочих режимов, проводимых с помощью подсистемы АСОНИКА-Р, которая позволяет осуществлять автоматическое заполнение карт рабочих режимов.

Комплексная система проектирования ЭА позволяет эффективно распределять количество потребляемых ресурсов, задействованных на протяжении всего процесса проектирования, упрощает контроль над всеми этапами проектирования, а также позволяет значительно сократить время их выполнения.

Список литературы:

1. Автоматизированные системы АСОНИКА для проектирования высоконадежных радиоэлектронных средств на принципах CALS-технологий. Том I. / под ред. Кофанова Ю.Н., Малютин Н.В., Шалумова А.С. - М.: Энергоатомиздат, 2007. - 368 с.

2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для ВУЗов - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.- 336 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ, КАК «ОБЛАЧНОГО» СЕРВИСА

А.А. Гавриленко

*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Целью разработки является создание программного комплекса, включающего веб-клиент и сервер, позволяющего проводить расчеты надёжности электронных средств (ЭС) по условиям эксплуатации, конструкции, критериям отказов и другим.

Проект, результатом которого будет являться отлаженный программный комплекс, позволяющий проводить всестороннее исследование надёжности ЭС, состоит из четырех частей. В первой части необходимо произвести обзор на тему: «системы автоматизированного инжиниринга, как «облачный сервис» с целью изучения предметной области исследования. Во второй части - определить функционал программного комплекса, построить каркасную модель будущего клиента, определить математические методы расчетов и произвести необходимые теоретические расчеты. В третьей части работы необходимо определить семантику языка для программной реализации. После чего, реализовать сценарии всех функций, предлагаемых пользователю веб-приложения, реализовать элементную базу данных. Как же необходимо реализовать веб-клиент согласно каркасному шаблону и наладить взаимодействие клиент – сервер. Четвертая часть является финальной, в ходе которой выявляются и дорабатываются недостатки программного комплекса. После отладки организуется бета-тестирование.

Концепция «облачных» вычислений явилась результатом эволюционного развития информационных техноло-

гий за последние несколько десятилетий и ответом на вызовы современного бизнеса. Основой концепции работы приложений по модели Software as a Service (SaaS) является отсутствие потребности в постоянном содержании программного обеспечения (ПО) на собственном предприятии. Все необходимые вычислительные ресурсы, включая ПО, предоставляет сервер поставщика услуг по запросу пользователей. Зачастую, при работе по модели SaaS пользователю необходимо иметь лишь «тонкий» клиент с минимальным набором аппаратных модулей и предустановленным веб-браузером. Все вычисления происходят после отправки пользователем формы запроса на сервере, как бы «в облаках» [1]. Вычисления в «облаках» позволяют увеличить эффективность работы предприятий за счет технологической автоматизации рабочих мест а, следовательно, оптимизации бизнес-процессов компании, сделать программные средства доступными малым предприятиям, не имеющим средств для закупки дорогостоящего ПО и соответствующих лицензий для его использования, увеличить в целом эффективность внедрения информационных технологий на предприятие за счет отсутствия необходимости закупок и обслуживания дорогостоящих аппаратных и программных модулей. Все это делает «облачные» вычисления стратегически важной технологией будущего [2]. В настоящее время в мире создано достаточное количество автоматизированных систем проектирования, в том числе и Computer Aided Engineering (CAE) - систем, позволяющих производить инженерные расчеты во многих областях науки. Однако, большинство программ являются доступными лишь для больших предприятий, способных позволить себе затраты на покупку дорогостоящего ПО и обновление дорогостоящих лицензий [3]. Что касается CAE-систем, позволяющих производить расчеты надёжности ЭС, то ситуация совпадает с общим трендом рынка CAE-систем. На данный момент существуют как отечественные, так и зарубежные программные комплексы, однако большинство из них либо устарели, либо не обладают широким спектром возможных расчетов, либо являются недоступными для широкого круга пользователей. Примером служат такие зарубежные системы, как Relx Software, ReliaSoft, и другие; такие отечественные системы, как модуль «Надёжность» ПК КОК, ПК АРБИТР, АСОНИКА-К и другие. Что касается создания CAE-систем «в облаках», то на данный момент большинство проектов находятся на стадии разработки либо на стадии задумки. Компания «Фидесис» - одна из немногих, кому уже удалось представить рабочую версию CAE-системы, построенную по модели SaaS. Был разработан «облачный» сервис для прочностных расчетов [4]. На данный момент система находится на стадии альфа-тестирования. Если же говорить в частности о комплексе расчета надёжности ЭС, построенному по принципу SaaS, то можно утверждать, что на данный момент продвижение по данному вопросу отсутствует как на российском, так и на международном рынках.

Модель SaaS подразумевает наличие как минимум двух программных модулей: клиент и сервер. В таком случае пользователь имеет возможность отправить необходимый ему запрос через форму клиента на сервер, а сервер в свою очередь, по запросу пользователя выполняет необходимые сценарии и отправляет ответ. При построении комплекса для обеспечения надёжности ЭС под сервером подразумевается расчетное ядро комплекса, организующее расчеты показателей надёжности систем ЭС. Под клиентом подразумевается гибкий веб-клиент, который позволяет взаимодействовать пользователю с сервисом практически с любого устройства с предустановленным браузером. Для оптимального взаимодействия будет использована технология Asynchronous JavaScript and XML (AJAX) и защи-

щённый протокол Hypertext Transfer Protocol Secure (HTTPS) с поддержкой Transport Layer Security (TLS) для обеспечения полной конфиденциальности данных, передаваемых при работе с сервисом. Понадобится так же модуль, представляющий собой базу ЭС, из которых пользователь будет иметь возможность выбрать необходимые ему в данный момент согласно рассчитываемой принципиальной схеме. Схема взаимодействия программного комплекса представлена на рис. 1 [5].

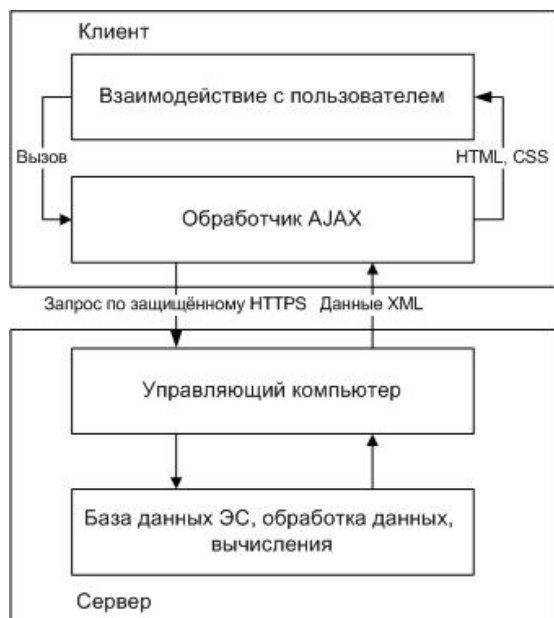


Рис. 1. Схема взаимодействия программного комплекса

Если касаться вопроса создания удобного интерфейса, то целесообразно выполнить два вида визуализации принципиальной схемы пользователя предлагаемой для расчета. Во-первых, необходимо отображение в виде списка узлов схемы с выпадающими списками элементов. Таким образом, пользователь будет иметь возможность создать новый узел и добавить в него элементы из базы. Во-вторых, необходима графическая прорисовка принципиальной схемы для наглядности. После завершения расчетов пользователя возникает необходимость в хранении его результатов. Поэтому, будет целесообразным создать индивидуальную базу пользователей, где будет храниться информация о пользователе, информация о его проектах и соответствующих параметрах расчетов. Данный набор программных модулей позволит производить расчеты по оценке надежности для всех видов разукрупнения ЭС, поддерживая доступность вычислений для широкого круга пользователей. В целях коммерциализации проекта возможно подключения биллингового модуля [6]. Критерием определения стоимости необходимых расчетов может являться количество рассчитываемых электронных элементов. С одной стороны, это позволит пользователю платить не за покупку программного комплекса, а конкретно по факту совершаемых расчетов, что создает гибкость и прозрачность, делая ПО доступным для всех. С другой стороны, такой подход выгоден и для владельца программного комплекса, позволяя создать более гладкую кривую доходов. Более того, данный подход позволяет в некоторых случаях получить даже больший доход за длительный период, чем доход с разовой продажи ПО.

Заключение

Результатом работы будет являться созданный и отлаженный программный комплекс для всестороннего исследования надежности ЭС, функционирующий как «облачный» сервис. Потребность в создании такого комплекса существует, ввиду наличия большого количества предприятий, специализирующихся на создании электронных устройств, элементов и схем, а технология создания требует оценки надежности. Кроме того, далеко не все предприятия могут позволить себе дорогостоящее ПО, поэтому размещение сервиса в «облаках» актуально. На сегодняшний день данный «облачный» проект не имеет аналогов и конкурентов, что делает его инновационным. Значимость проекта так же выражается в рамках оптимизации современных предприятий. Наличие «облачного» сервиса способствует автоматизации. Коммерциализуемость заложена в самом понятии Software as a Service. Данная концепция позволяет обеспечить выгоду как для пользователя, так и для поставщика, взимая плату по факту предоставления услуги.

Список литературы:

1. Software as a service. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/SaaS>.
2. Cloud computing: кому он выгоден и с чем его едят. – URL: <http://www.ibusiness.ru/3087>.
3. Cloud computing. – URL: http://habrahabr.ru/blogs/cloud_computing.
4. Россияне запустили бесплатный облачный сервис для прочностных расчетов. – URL: http://www.cnews.ru/news/2011/07/06/rossiyane_zapustili_besplatnyj_oblachnyj_servis_dlya_prochnostnyh_raschetov_446655.
5. Asynchronous JavaScript and XML (AJAX). – URL: wikipedia.org/wiki/AJAX.
6. Биллинг. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Биллинг>.

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ КАРТ

В.И. Назаров

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Текущие модели представления знаний, такие как продукционная модель, фреймы и семантические сети представляют собой инструменты либо слишком генерализированные для того, чтобы их можно было использовать без внесения каких-либо изменений (фреймы), либо специализированные для одних областей и неподходящие для других (продукционная модель). Метод представления знаний на основе когнитивных карт является скромной попыткой подойти к моделированию искусственного разума со стороны когнитивной психологии. В будущем планируется использовать данную схему при моделировании адаптивного поведения, схожего с поведением животных.

Мышление искусственного или виртуального животного – «анимата» – происходит в границах воспринятой им некоторой части внешней среды. Границы могут определяться различными способами, к примеру, топографически (границы леса), ситуативно («поиск еды» и «спасение бегством») являются разными состояниями) или физически (границы дерева). У анимата формируется внутренняя карта воспринятых объектов и различных связей между ними в рамках этих границ. Такая карта называется когнитивной картой. Множество всех сформированных когнитивных карт обозначается как С.

Определение 1. Эмоциональная оценка – пара $w = \langle w_+, w_- \rangle$, где w_+, w_- – действительные числа, $w_+, w_- \in [0, 1]$. Эмоциональные оценки позволяют определить, насколько вредным и/или полезным является тот или иной объект в окружающей среде; w_+ называется позитивной оценкой, w_- – негативной.

Необходимость введения двух шкал оценок вместо одной возникает из-за того, что при взаимодействии с миром возможны неоднозначные ситуации, когда получается как позитивный результат (к примеру, «много еды»), так и негативный одновременно («много еды, но пришлось сильно постараться»). Несколько шкал позволяют создать систему, более гибко адаптирующуюся под окружающую среду.

Определение 2. Образ – пара $p = \langle C, w \rangle$, где $C \in \mathcal{C}$ – когнитивная карта образа, w – эмоциональная оценка образа.

Образ – это структурная единица (или единица мышления) на когнитивной карте, отражающая некоторый объект окружающей среды относительно уровня абстракции, задаваемого картой. И в то же время, каждый образ описывается собственной когнитивной картой – на уровне абстракции, который рассматривает этот образ как совокупность частей, а не как единый объект. В силу ограничений данной модели необходимо выделить атомарные образы, которые не имеют своей карты – к примеру, цвета, звуки, запахи. Эти образы имеют некоторое числовое или номинальное значение и не имеют карты, но для простоты будем считать их образами.

Определение 3. Свойство – пара $g = \langle v, w \rangle$, где v – значение свойства, w – эмоциональная оценка свойства.

Определение 4. Связь или отношение – кортеж $g = \langle \langle p, q \rangle, w, r \rangle$, где p, q – образы, w – эмоциональная оценка связи, r – тип связи.

Связь – единица мышления на когнитивной карте, отражающая отношение определенного типа между двумя объектами относительно уровня абстракции, задаваемого картой.

Определение 5. Когнитивная карта – это пара $C = \langle \mathbf{P}, \mathbf{R} \rangle$, где \mathbf{P} – непустое множество образов, \mathbf{R} – непустое множество связей на множестве образов \mathbf{P} .

Для обозначения свойств самой карты вводится специальный образ «ядро», от которого прокладываются связи к тем образам, которые характеризуют эту карту в совокупности, как единый объект. К примеру, если необходимо запомнить, что слон серого цвета, то карта слона должна содержать образ «ядро», который связан отношением «цвет» с образом «серый».

Для обозначения связей между агентом в карте и другими образами используется специальный образ «Я» (образ «Я» – связь «могу пройти» – образ «ручей»).

Для обозначения переходов между картами (другими словами, для переходов между воспринятыми различными частями внешней среды) вводятся образы «точки входа» и «точки выхода», или «точки перехода».

Резюмируя, карта содержит в себе:

1. Образ «ядро».
2. Образ «Я».
3. Распознанные образы из внешней среды.
4. Связи между образами.
5. Точки перехода.

Неформальное определение когнитивной карты следующее: это отражение ограниченной части окружающей среды в психике агента, содержащее распознанные образы этой части и связи между образами относительно некоторого уровня абстракции. По сути, карты и образы ничем не отличаются друг от друга, вопрос лишь в том, насколько абстрактно можно воспринимать тот или иной объект в

рамках текущей задачи и части окружающей среды, с которой идет взаимодействие в настоящий момент: странно думать о биологических процессах внутри дерева, когда необходимо спастись от волка.

Введем функции $W_+(p)$ и $W_-(p)$, которые возвращают, соответственно, позитивную и негативную оценку образа или связи p . Для каждой когнитивной карты C и ее множества образов \mathbf{P} можно выделить подмножество, которое содержит наиболее значимые образы этой карты: $P^* = \{p \mid p \in \mathbf{P}, W_+(p) > w_{+min} \vee W_-(p) > w_{-min}\}$, где w_{+min}, w_{-min} – нижние пороги для позитивной и негативной оценок. Назовем частичной картой для когнитивной карты C и ее P^* пару $C^* = \langle P^*, C \rangle$. Множество всех C^* для всех $C \in \mathcal{C}$ обозначается как \mathcal{C}^* .

Определение 6. Метакарта – это пара $M = \langle \mathcal{C}^*, \mathbf{L} \rangle$, где \mathbf{L} – множество пар точек перехода между когнитивными картами.

Другими словами, метакарта:

1. Позволяет понять, каким образом можно перемещаться между картами, т.е. решить задачу поиска пути на высоком абстрактном уровне.
2. Позволяет понять основные характеристики какой-либо когнитивной карты без полного перебора всех образов на данной карте.

Метакарта является долговременной семантической памятью агента – памятью, хранящей смыслы явлений окружающего мира, выведенные на основе опыта и заранее заложенных структур.

Данный метод планируется использовать в дальнейших исследованиях в сферах представления знаний и моделировании познавательных процессов.

Список литературы:

1. У. Найссер. Познание и реальность. М.: Прогресс, 1981.
2. Когнитивная психология. Учебник для вузов. / Под редакцией В.Н. Дружинина, Д.В. Ушакова. – М.: ПЕРСЭ, 2002.
3. Г.Н. Рапопорт, А.Г. Герц. Биологический и искусственный разум: Ч. 1. Сознание, мышление и эмоции. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011.
4. Г.Н. Рапопорт, А.Г. Герц. Биологический и искусственный разум: Ч. 2. Модели сознания. Может ли робот любить, страдать и иметь другие эмоции? М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011.
5. От моделей поведения к искусственному интеллекту. / Под редакцией В.Г. Редько. Изд. 2-е, – М.: КомКнига, 2010.
6. Дж.Ф. Люгер. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, 4-е издание. / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.
7. Л. Рутковский. Методы и технологии искусственного интеллекта. / Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия–Телеком, 2010.
8. В.Г. Редько. О моделировании когнитивной эволюции. // Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012 (16-20 октября 2012 г., г.Белгород, Россия): Труды конференции. Т. 1 – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012.
9. А.И. Панов. Семейства отношений в знаковой картине мира. // Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012 (16-20 октября 2012 г., г. Белгород, Россия): Труды конференции. Т. 1 – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ SLAM НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ СЦЕН

А.И. Моисеев

*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

В работе рассматривается алгоритм синхронной навигации и картографирования (Simultaneous localization and mapping, SLAM), использующий данные визуальной одометрии, а также элементы сцены и отношения между ними.

Введение

Метод одновременной навигации и построения карты (SLAM от англ. Simultaneous Location and Mapping) является одним из основных принципов ориентации в мобильных автономных системах, для которых задача не предусматривает наличие средств глобальной навигации, либо информации о расположении системы ориентиров – маяков или заранее построенной карты. Однако область применения не ограничивается автономными системами – подобная навигация может быть использована для помощи в определении местоположения человека в замкнутом пространстве, в частности, для получения его координат на упрощенной схеме помещения. При подобной постановке задачи накладываются определенные ограничения, в частности, доступность только визуальной и инерциальной одометрии.

Развитие методов решения SLAM по-прежнему является актуальной задачей. Целью данного исследования является реализация алгоритма, способного в условиях ограниченной одометрии выполнять ориентацию на основе данных двухмерного сканирующего лазерного или ультразвукового дальномера и совмещать построенную карту с имеющимся упрощенным макетом местности.

Нахождение ориентиров

Существует множество реализаций алгоритмов SLAM, каждый из которых обладает своей спецификой и областью применимости. Часть методов в качестве выходных данных получает двухмерную или трехмерную матрицу, на которой обозначены свободные, занятые и неопределенные позиции. Другие путем обработки входных данных с сенсоров выделяют обособленные объекты, обладающие набором признаков и связей. В обоих случаях необходимо нахождение опорных точек в окружающей обстановке, при помощи которых становится возможным избегание накопления ошибок построения карты и устранение проблемы движения по кругу с выравниванием в местах замыканий (loop closure). Наличие ориентиров позволяет математически вычислять изменение состояния системы при движении.

Для нахождения ориентиров используется несколько различных подходов, каждый из которых следует использовать в зависимости от ситуационных факторов, таких как форма окружающих предметов, технические характеристики используемых сенсоров, наличие или отсутствие подвижных тел.

Одиночно стоящие объекты небольшого размера легко выделяются из окружающей обстановки и могут быть использованы как маяки, при условии, что сканирующий сенсор обладает достаточной разрешающей способностью.



Рис. 1. Использование стоек и ножек стульев в качестве ориентиров

При работе в помещениях, где SLAM как раз является наиболее востребованным, наиболее эффективным ориентиром являются прямые стены. Алгоритмы семейства RANSAC (аббр. RANdom SAMple Consensus) могут быть использованы для нахождения прямых линий из точек, полученных с дальномера. Границы прямых линий могут также быть использованы как точки ориентиров.

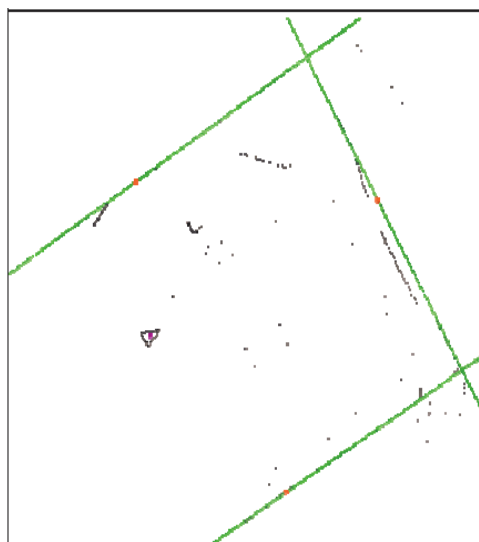


Рис. 2. Нахождение прямых линий по алгоритму RANSAC

Алгоритмы, используемые для нахождения меток, могут постоянно меняться, так как они влияют только на количество входных данных в математической модели системы.

Помимо точек, используемых в расчетах матрицы состояния системы, ориентиры позволяют получать сведения об объектах окружающего мира, классифицировать их по определенным логическим признакам и сохранять информацию об отношениях между ними. В дальнейшем эти сведения можно использовать для совмещения построенной карты с имеющимся планом местности.

Фильтр частиц

Наиболее популярным решением для задачи SLAM было использование EKF (англ. Extended Kalman Filter – расширенный фильтр Калмана), при помощи которого формируется матрица ковариации на основе оценки предполагаемого смещения. Однако в случае, когда одометрия не позволяет достаточно точно определять изменения местоположения, возникает большое количество возможных позиций.

Фильтр частиц хорошо подходит для решения задачи локализации, где необходимо отслеживать позицию робо-

та, которую невозможно определить другим путем. Переход между состояниями – это движение системы, а наблюдения – показания сканирующего дальномера. Обе эти величины сильно зашумлены.

Пусть согласно данным визуальной одометрии текущее положение робота изменилось на \mathbf{x} , \mathbf{y} , Θ . Фильтр частиц применяет модель ошибки и для каждой созданной частицы i получает:

$$\begin{aligned}x_i &= \mathbf{a}_x * \mathbf{x} + \mathbf{b}_x + N(0, \sigma_x) \\y_i &= \mathbf{a}_y * \mathbf{y} + \mathbf{b}_y + N(0, \sigma_y) \\\Theta_i &= \mathbf{a}_\Theta * \Theta + \mathbf{b}_\Theta + N(0, \sigma_\Theta)\end{aligned}$$

Переменные \mathbf{a} и \mathbf{b} представляют собой систематические ошибки определения положения при движении. Функция $N(0, \sigma)$ добавляет случайный шум с нормальным распределением вблизи точки 0 и имеющим стандартное отклонение σ . Стандартное отклонение определяется для каждого робота индивидуально экспериментальным путем и может зависеть, в том числе, от порядка величин \mathbf{x} , \mathbf{y} и Θ .

После моделирования необходимо взвесить все частицы согласно текущим наблюдениям. При решении проблемы чистой локализации, робот имеет полную карту в памяти. Позиция, описанная каждой частицей, соответствует некоторой известной точке и направлению на карте. Следовательно, можно сравнительно легко определить, какие показания должен вернуть дальномер, если робот находится в этой позиции. Обычно предполагают, что погрешность показаний дальномера имеет нормальное распределение, и, следовательно, если согласно карте первое препятствие должно встретиться на расстоянии d , а показание датчика d' , то ошибка $\delta = d' - d$ будет распределена нормально вокруг точки 0. Предполагая, что значения позиции робота и показания дальномера можно рассматривать как независимые случайные величины, полный вес частицы i будет иметь вид:

$$P_i = \prod_k P(\delta_{ik} | s_i, m)$$

где δ_{ik} – разница между ожидаемым и измеренным расстоянием до препятствия на проходе лазера k и частице (в данном случае положении) i .

Совмещение с планом местности

Карта, формируемая алгоритмом SLAM, дает представление об относительном местоположении с момента начала построения. Поиск путем перебора с наложением при неизвестном положении в предыдущий момент времени может потребовать чрезмерных затрат вычислительных ресурсов. Для большинства алгоритмов, использованных для нахождения ориентиров по данным с сенсоров есть возможность создания пары, которая бы выделяла данный ориентир на готовой карте и формировала бы те же самые признаки и отношения.

После этого можно выбирать случайные точки на карте и сравнивать отношения с текущей ситуацией по косвенным признакам, таким как категории объектов и их приближительное взаимное расположение. При этом сперва получается приближительная координата, которая затем рекурсивно уточняется. Во время выполнения цикл вычислений может быть прерван в любой момент, т. к. будет доступен промежуточный результат, находящийся в определенных рамках погрешности.

Заключение

Полученная в ходе разработки алгоритма реализация навигационной системы имеет ряд сильных и слабых сторон, но в условиях ограниченных данных одометрии и вычислительных мощностей бортовых ЭВМ справляется

со своей задачей. Имеется ряд направлений для дальнейшего развития концепции: добавление алгоритмов для нахождения ориентиров, поддержка дополнительных датчиков, оптимизация методов сопоставления с исходным планом.

Список литературы:

1. S. Riisgaard and M. Blas «A Tutorial Approach to Simultaneous Localization and Mapping» (2005)
2. Mountney, P.; Stoyanov, D. Davison, A. Yang, G-Z. (2006). "Simultaneous Stereoscope Localization and Soft-Tissue Mapping for Minimal Invasive Surgery". MICCAI 1: 347–354.
3. J. Mullane, B.-N. Vo, M. D. Adams, and B.-T. Vo, (2011). "A random-finite-set approach to Bayesian SLAM,". IEEE Transactions on Robotics 27 (2): 268–282.

КОЛЛОКАЦИИ И СЛОВСОЧЕТАНИЯ КАК РЕСУРС ПОПОЛНЕНИЯ ОНТОЛОГИЙ

Н.А. Кочеткова

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

В данной работе рассматривается метод автоматизации процесса формирования терминологической базы онтологий на основе автоматической кластеризации слов в семантически связанные группы. Полученные в результате кластеры могут быть использованы для группового внесения в онтологию с приписыванием им общих свойств.

В современных информационных системах все большей популярностью пользуются онтологии. Под онтологией понимается иерархическая сеть терминов. Онтологии позволяют детально всеобъемлюще и формально представить знания некоторой области. Однако их создание крайне трудоемкий процесс. Он состоит из следующих этапов:

- формирование терминологической базы некоторой предметной области;
- анализ полученной базы экспертом с целью «фильтрации» терминов и указания определения данных терминов;
- установление экспертом отношений между набором терминов предметной области.

Существует три способа получения терминологической базы:

1. ввод данных «вручную» экспертом;
2. автоматизированный ввод на основе анализа корпуса текстов рассматриваемой области;
3. автоматизированный ввод на основе анализа словарей.

В настоящее время активно разрабатываются методы, позволяющие автоматизировать процесс создания онтологий.

В качестве исходных данных для автоматизированного формирования терминологической базы зачастую используют коллокации и словосочетания, автоматически извлеченные из корпуса текстов требуемой области.

Коллокации являются частным случаем метода n-грамм, и представляют собой комбинацию двух или более слов, имеющих тенденцию к совместной встречаемости, в основе которой лежит семантико-грамматическая взаимобусловленность слов-элементов. Главной характеристикой коллокации является частота совместной встречаемости, поэтому коллокации могут быть определены как статистически устойчивые словосочетания.

Извлечение коллокаций — крайне простой процесс, поэтому они нашли широкое применение в автоматической обработке текста.

Также существует множество методов выделения колокаций-терминов из всех полученных по корпусу колокаций, однако для этих методов требуются исходные корпуса колоссального объема, что затрудняет их использование при формировании онтологий предметных областей.

Объемы исходных данных для выделения терминов из баз словосочетаний, то есть синтаксически и семантически связанных групп слов, существенно ниже, однако полученные данные сильно зависят от качества синтаксического анализа. Также остается проблема фильтрации общей лексики.

Более того, элементы получаемых таким образом терминологических баз являются семантически не упорядоченными, что увеличивает время, требующееся на их обработку экспертом.

Исходными данными предлагаемого метода являются словосочетания, сгруппированные по частям речи: существительное + прилагательное, глагол + существительное, глагол + наречие и т. п..

Рассмотрим метод на примере кластеризации прилагательных по существительным, которые ими управляют.

Для каждого прилагательного создается вектор существительных, с которыми оно встречалось. Каждому существительному присписывается частота встречаемости в тексте с этим прилагательным. Далее рассчитывается матрица мер близости векторов, например, косинусная мера близости. Те прилагательные, мера близости векторов которых максимальна в матрице, объединяются в один кластер, и проводится перерасчет матрицы. Операция продолжается до тех пор, пока максимальная мера близости больше пороговой. Значение порога определяется эмпирически.

На данный момент эксперименты проводились на текстах общей направленности, а именно был взят корпус текстов на основе библиотеки Мошкова и корпус новостных текстов.

Среди полученных кластеров оказалось около 70% таких, которые содержали ошибки, возникающие в основном из-за полисемичности слов, которая приводила к объединению в один кластер нескольких разнородных слов (например, батрацкий, бедняцкий, кулацкий, середняцкий, пролетарский, краснопресненский, октябрьский, декабрьский, ноябрьский). Количество кластеров, не содержащих ни одного или только одно ошибочное слово, оценивается примерно в 35%.

Однако метод позволяет выделить смысловые группы слов, которые далее могут быть откорректированы вручную.

Метод может быть улучшен реализацией алгоритма нечеткой кластеризации, позволяющей словам относиться одновременно к нескольким кластерам.

Список литературы:

1. Allan Lauder Collocation, Semantic Preference and Translation: Semantic Preference as a Reference Source for Translation, in Proceedings of the The Regional Conference of the International Association of Forensic Linguists 2010.
2. Ravi Sinha, Rada Mihalcea, Unsupervised Graph-based Word Sense Disambiguation Using Measures of Word Semantic Similarity, in Proceedings of the IEEE ICSC 2007.
3. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ – М.: «Вильямс», 2006.
4. Рубашкин В.Ш., Бочаров В.В., Пивоварова Л.М., Чуприн Б.Ю. Опыт автоматизированного пополнения онтологий с использованием машиночитаемых словарей - Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: По материалам ежегодной Международной конференции «Диалог» 2010 г.

СОЗДАНИЕ КОМПИЛЯТОРА, ПОСТРОЕННОГО ПО ОБЪЕКТНО-АТРИБУТНОМУ ПРИНЦИПУ

А.Ю. Евтеева

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Аннотация

В статье приводится описание работ проведенных в рамках НИР «Исследование и разработка архитектуры и среды программирования перспективной суперкомпьютерной системы на основе динамической модели вычислений с управлением потоком данных» в части создания новой версии компилятора для среды объектно-атрибутного (ОА) программирования и моделирования.

Введение

Основная цель работы – создание языка параллельного языка программирования для суперкомпьютера, управляемого потоком данных.

В рамках НИР проводилось создание новой архитектуры параллельной вычислительной системы (ВС) с управлением потоком данных (dataflow)[1]. Парадигма dataflow кардинально отличается от общепринятой в настоящее время парадигмы управлением вычислениями потоком команд (control flow). Поэтому наиболее популярный в настоящее время декларативный стиль программирования оказался неприемлемым для описания работы ОА-ВС. Неудобными оказались также функциональная и акторная модели программирования. Поэтому было принято решение использовать язык программирования собственной разработки (ОА-язык), который наиболее приспособлен для описания вычислительного процесса в ОА-ВС. Также было принято решение использовать ОА-подход и для создания компилятора языка параллельного программирования.

В настоящее время для построения компиляторов используется теория распознающих автоматов [2]. Так, для работы с контекстно-свободными грамматиками по иерархии Хомского, к которым относятся почти все языки программирования высокого уровня, используется автомат с магазинной памятью. Однако такой способ распознавания не обеспечивает полноценного распараллеливания процесса компиляции и не обладает достаточно удобной для программиста технологией описания процесса распознавания языка. ОА- же технологии программирования такие недостатки не присущи [3].

Разработка компилятора для ОА-среды программирования и моделирования

ОА-подход предполагает применение для описания синтаксических конструкций специального языка программирования (ОА-язык) [3]. С помощью ОА-языка имеется возможность распознавания естественного языка и описания объектных систем [4]. В рамках же НИР ОА-подход использовался для создания компилятора языка высокого уровня для суперкомпьютерной ВС.

По плану работа по созданию ОА-компилятора делилась на следующие этапы:

1. Описание синтаксиса новой версии языка параллельного программирования. На данном этапе были созданы синтаксические диаграммы новой версии языка. Для описания синтаксического графа использовался специальный граф (один таких графов представлен на рис. 1), где кружкам обозначаются состояния системы, дуги обозначают переходы из одного состояния распознающей системы в другое, прямоугольниками – действия, выполняемые при переходе из состояния в состояние.

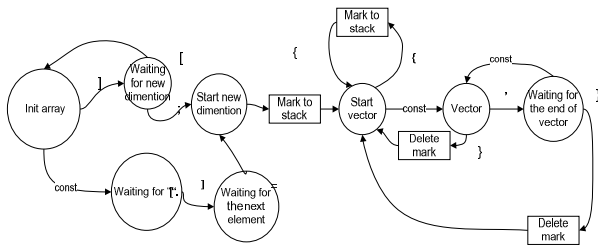


Рис. 1. Синтаксическая диаграмма разбора конструкции языка параллельного программирования

2. Реализация новой версии языка параллельного программирования: описание синтаксиса языка параллельного программирования на ОА-языке. Перевод синтаксического графа на ОА-язык происходило по следующей схеме: вначале в среде ОА-программирования (рис. 2) с каждой вершиной синтаксического графа ассоциируется свое функциональное устройство (ФУ). Затем осуществляется настройка ФУ с тем, чтобы заложить в них алгоритм обработки приходящих к ним лексем: ФУ распознает лексему, соответствующим образом её обрабатывает (или производит другие действия) и перенастраивает другие ФУ распознающей системы для обработки следующей лексемы. Вся распознающая система представляет собой совокупность ФУ, обменивающихся между собой сообщениями. Такой подход полностью соответствует парадигме dataflow. После реализации данного этапа работ был получен язык параллельного программирования ОА-ВС, реализующий базовые синтаксические конструкции.

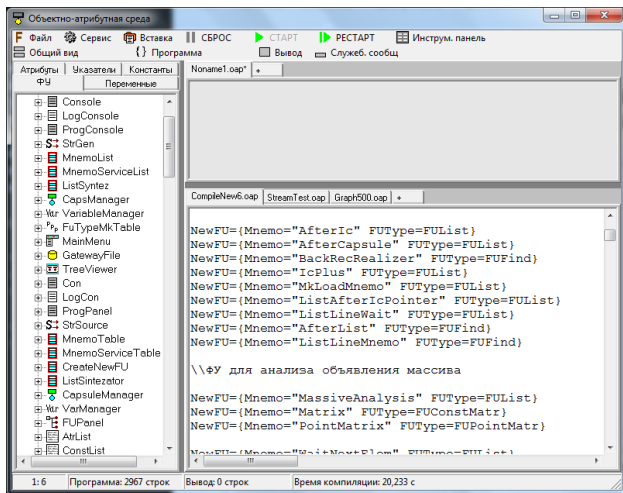


Рис. 2. Среда ОА-программирования для создания компилятора языка для суперкомпьютера

3. Расширение возможностей языка параллельного программирования: а) работа с массивами, б) арифметические выражения, в) эмуляция работы с командами языка Си. Из предполагаемых работ были реализованы пункт а и б, остальные работы, ввиду ограниченного времени выполнения НИР, не были выполнены и требуют своего завершения. В частности для распознавания арифметических выражений были применены известный метод распознавания арифметических выражений с двумя стеками (стек операндов и стек операций). Метод пришлось значительно модернизировать для реализации в ОА-компиляторе: в стеках вместо операндов используется набор милликоманд (милликоманда – это совокупность данных и указателя на информационную конструкцию

атрибута по которому ФУ идентифицирует их. В процессе распознавания выражений происходит формирование последовательности милликоманд (миллипрограммы) для ФУ арифметико-логического устройства (АЛУ) по вычислению заданного в программе арифметического выражения. На рис. 3 представлена схема формирования миллипрограммы из арифметического выражения: в правый стек помещаются распознаваемые операции, которые представляются в виде милликоманд, где в атрибуте задается операция (операция Set обозначает запись первого операнда в АЛУ, Pop – выдачу (запись в ячейку памяти) из АЛУ вычисленного значения; в левый стек – уже сформированные части миллипрограммы (миллипрограмма на рисунке обозначается овалом). В конце преобразования получается одна миллипрограмма, задающая алгоритм вычисления арифметического выражения. Ячейка оперативной памяти, где хранится значение переменной на рисунке обозначается словом Variable, указатель на ячейку памяти обозначается стрелкой.

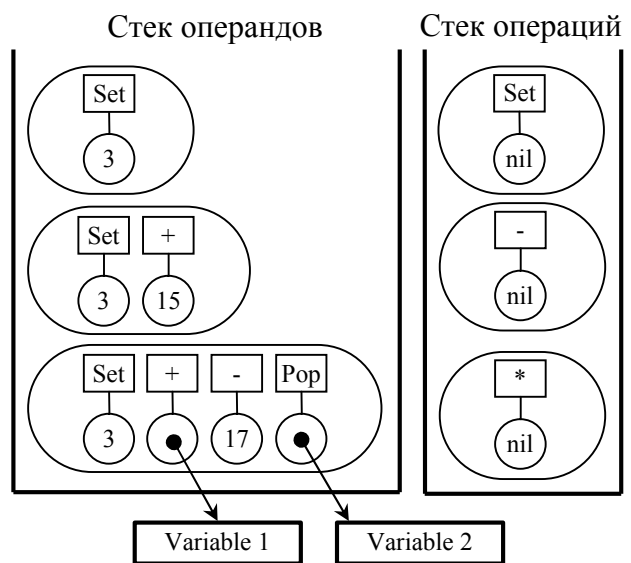


Рис. 3. Схема формирования миллипрограммы из арифметического выражения

4. Подготовка программной документации для среды ОА-программирования и моделирования. Для описания работы с ОА-средой программирования и моделирования были подготовлены следующие программные документы: описание применения, руководство системного программиста, руководство оператора, описание программы. Подготовленная документация позволит программисту освоить среду программирования и язык параллельного программирования в том числе.

Масштаб проделанной в рамках НИР работы можно оценить по следующим моментам:

- составлены синтаксические графы разбора языка параллельного программирования, содержащие порядка 100 вершин;
- объем программного кода компилятора языка параллельного программирования на ОА-языке составляет около 3000 строк;
- объем программной документации – 150 листов;
- работа приводилась в течение 7 месяцев (с января по август 2012 года).

Заключение

В результате проделанной в ходе НИР работы была создана новая версия ОА-компилятора, обладающая следующими возможностями:

- быстрый запуск компилятора;
- быстрый (по сравнению со старой версией) процесс компиляции;
- больше количество распознаваемых синтаксических конструкций языка;
- более развитая система сообщений об синтаксических ошибках в программе.

Подробное описание работ, проводимых в рамках НИР приведено в [4].

В дальнейшем планируется расширение параллельного языка программирования возможностью применения команд языка Си, что значительно упростит написание фрагментов программ, выполняемых в последовательном стиле.

Также планируется и создание на основе ОА-архитектуры системы семантического (смыслового) распознавания естественного языка [5]. Работа по этой тематике будет проводиться в рамках НИР при финансовой поддержке центра фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Список литературы:

1. А.Ю. Евтеева Компилятор, построенный по объектно-атрибутному принципу // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ 2012
2. А. Ахо, Дж. Ульман. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. М.: Мир, 1978
3. Салибекян С.М., Панфилов П.Б. Анализ языка с помощью вычислительной системы объектно-атрибутивной архитектуры. // Объектные системы - 2012: материал VI Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 10-12 мая 2012 г.) / Под общ. ред. П.П. Олейника. - Ростов-на-Дону: ШИ ЮРГТУ (НПИ), 2012. - С. 31-37 URL: http://objectsystems.ru/files/2012/Object_Systems_2012_Proceedings.pdf
4. Сайт НИР «Исследование и разработка архитектуры и среды программирования перспективной суперкомпьютерной системы на основе динамической модели вычислений с управлением потоком данных». URL: dataflow.miem.edu.ru
5. Салибекян С.М., Панфилов П.Б. Объектно-атрибутивный подход к построению интеллектуальных систем // Нейрокомпьютеры: разработки и применение. 2011, №11 – с. 9-17

ВЫДЕЛЕНИЕ ГРУПП ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ВЕБ-САЙТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

О.В. Новиков

факультет Прикладной математики и кибернетики

Рассматривается способ улучшения производительности рекомендательных систем при помощи предварительного выделения групп пользователей с похожим поведением. При этом дистанция между двумя пользователями, входящими в разные группы, считается бесконечной, что позволяет значительно сократить число операций по сравнению пользователей.

Персонализация стала необходимой функцией для самых различных веб-сайтов. Качество рекомендательной системы определяет, заинтересует ли сайт посетителей, станут ли они покупателями или постоянными пользователями. Генерация рекомендаций в реальном времени на основе пользовательских данных является очень ресурсо-

емкой задачей, что особенно актуально для высоконагруженных веб-сайтов.

Коллаборативная фильтрация по пользователям является одним из наиболее эффективных алгоритмов для рекомендательных систем, но обладает рядом недостатков, основным из которых можно назвать плохую масштабируемость[1]. Для использования коллаборативной фильтрации на высоконагруженных сайтах с большим количеством страниц целесообразно производить предварительное выделение групп пользователей с похожим поведением.

Для получения рекомендаций при использовании коллаборативной фильтрации по пользователям требуется сравнить данные о поведении пользователя с данными о поведении всех остальных пользователей, которые посещали веб-сайт. Одним из способов решения этой проблемы является переход от персональных рекомендаций к групповым, когда пользователи заранее (например, раз в сутки) распределяются по кластерам. При этом рекомендации делаются уже не для каждого конкретного посетителя, а для группы. Таким образом, нового посетителя нужно сравнивать не со всеми пользователями, о которых есть информация, а с группами, которых значительно меньше. Такой подход снижает точность рекомендаций, но позволяет сильно снизить нагрузку. Кроме того, появляется возможность кеширования рекомендаций, т.к. одни и те же рекомендации будут запрашиваться многократно разными пользователями.

Развитием этой идеи является использование коллаборативной фильтрации совместно с выделением групп пользователей. Данные о поведении посетителей по-прежнему должны быть кластеризованы, но рекомендации будут сгенерированы специально для конкретного человека. Для этого сначала определяется наиболее подходящая группа пользователей, а затем используется коллаборативная фильтрация, но сравнение производится только с пользователями, входящими в эту группу[2].

Алгоритм составления рекомендаций может быть представлен следующим образом:

- 1) Выделить группы пользователей
- 2) Для текущего пользователя определить наиболее близкую ему группу
- 3) Среди пользователей, входящих в эту группу, определить n наиболее похожих на текущего пользователя
- 4) Среди всех тегов, материалы по которым просмотрели данные пользователи, выделить те, контент по которым пользователь еще не видел

Кластеризация пользователей с помощью алгоритма k -средних

Алгоритм k -средних разбивает множество элементов векторного пространства на заранее известное число кластеров k . Действие алгоритма таково, что он стремится минимизировать среднеквадратичное отклонение на точках каждого кластера. Основная идея заключается в том, что на каждой итерации вычисляется центр масс для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге, затем векторы разбиваются на кластеры вновь в соответствии с тем, какой из новых центров оказался ближе по выбранной метрике. Алгоритм завершается, когда на какой-то итерации не происходит изменения кластеров. К недостаткам данного алгоритма можно отнести то, что необходимо заранее знать количество кластеров. Кроме того, алгоритм очень чувствителен к выбору начальных центров кластеров.

Алгоритм получает данные о поведении пользователей в виде векторов и число кластеров k . Первым шагом первые k пользователей выбираются в качестве центроидов кластеров. Затем, для каждого из оставшихся пользовате-

лей определяется ближайший центроид. После этого, значения центроидов рассчитываются заново, как среднее арифметическое по координатам векторов, входящий в каждый кластер.

В каждой итерации алгоритма требуется совершить N операций сравнения векторов, где N - число пользователей. Таким образом, вычислительная сложность алгоритма $O((k^2)*N)$. Схожесть двух пользователей определяется коэффициентом корреляции Пирсона.

Определение центроидов для алгоритма k -средних

Алгоритм Сапору позволяет значительно сократить число операций по вычислению расстояния между элементами, разделив исходные данные на пересекающиеся подмножества, после чего расстояние рассчитывается только между элементами, входящими в одно подмножество. Для кластеризации сначала используется быстрая и неточная метрика измерения расстояния, а затем более сложная [3].

На первом шаге создаются подмножества элементов, которые удалены от центра кластера не дальше, чем какое-то заранее известное пороговое значение. При этом один и тот же элемент может входить сразу в несколько таких подмножеств, и каждый элемент входит как минимум в одно подмножество.

Предполагается, что элементы из разных подмножеств достаточно удалены, чтобы не оказаться в одном кластере. При использовании быстрой и неточной меры расстояния это свойство может не выполняться, но т.к. подмножества могут пересекаться, а пороговое значение может быть выбрано достаточно большим, можно считать данное предположение истинным. После этого может быть выполнен алгоритм k -средних с более точной мерой для измерения расстояния между пользователями. При этом расстояние между двумя элементами, входящими в разные подмножества, может быть принято за бесконечность. Если же все пользователи окажутся достаточно похожими и окажутся в одном подмножестве, то по сути, будет выполнен обычный алгоритм k -средних.

Таким образом, алгоритм Сапору позволяет решить сразу несколько проблем алгоритма k -средних - определяются число кластеров и расположение начальных центроидов, а также значительно сокращается время выполнения.

При этом, предварительное разбиение данных на подмножества не изменит итогового результата кластеризации. В случае алгоритма k -средних, где расстояние до кластера измеряется как расстояние до его центроида, точность кластеризации сохранится если для каждого итогового кластера найдется такое подмножество, в которое будут входить все элементы итогового кластера. В качестве меры расстояния для первого шага кластеризации должна быть выбрана метрика, время на вычисление которой минимально. При анализе поведения пользователей веб-сайта такой метрикой может быть, например, число общих тегов, материалы по которым просмотрели пользователи.

Распределенная кластеризация пользователей

MapReduce — модель распределённых вычислений, предназначенная для параллельных алгоритмов, работающих с большими объемами данных. Любой алгоритм в MapReduce состоит из двух шагов: Map и Reduce. На первом шаге происходит предварительная обработка входных данных на нескольких Map-узлах. На Reduce-шаге происходит свёртка предварительно обработанных данных. Reduce-узел получает ответы от Map-узлов и выдает результат.

MapReduce подход позволяет распределенно производить операции предварительной обработки и свертки. Операции предварительной обработки работают независимо друг от друга и могут производиться параллельно. Так, MapReduce может быть использован для сортировки петабайта данных, что займет всего лишь несколько часов.

Обычная версия алгоритма k -средних работает следующим образом:

- 1) K точек выбираются в качестве центроидов
- 2) Для каждого элемента вычисляется ближайший центроид
- 3) Вычисляются новые центроиды, как среднее арифметическое по координатам элементов оказавшимся в одном кластере на предыдущем шаге
- 4) Процесс повторяется до тех пор, пока центроиды изменяются или пока изменение не станет меньше заданного значения

Исходные данные могут быть распределены по нескольким серверам, при этом каждый из них должен иметь возможность получить центроиды кластеров из предыдущей итерации чтобы определить ближайший кластер для каждого из своих элементов. Каждый процесс вычисляет новые центроиды для своих данных, а координаты итоговых центроидов вычисляются как среднее арифметическое всех полученных центроидов. Таким образом, нет необходимости хранить все данные вместе, или передавать координаты всех элементов между разными процессами.

Необходимо, чтобы все процессы имели доступ к файлу с информацией о центроидах. В нем должна содержаться информация о номере итерации, номере кластера, координатах его центроида, числе элементов, входящих в кластер.

Map-функция считывает из файла центроиды предыдущей итерации, а затем считывает данные о пользователях и для каждого из них вычисляет ближайший кластер. Про каждого пользователя записывается номер кластера и вектор его поведения. В итоге получается довольно большой объем информации. Передавать файл, число строк в котором равно числу пользователей, в reduce-узел не рационально. Чтобы уменьшить объем передаваемых данных вычисляются средние координаты для каждого кластера и количество входящих в них элементов. В результате передаются следующие записи: номер кластера, число входящих в него элементов, среднее значение их координат. Таким образом, число строк передаваемого файла сокращается до числа кластеров и практически не зависит от количества пользователей.

Reduce-функция вычисляет среднее значение данных, поступивших от map-процессов. В результате получаются следующие данные: номер итерации, номер кластера, координаты центроида, число элементов кластера.

Процесс разбиения пользователей на группы может быть сильно ускорен при решении основных проблем алгоритма кластеризации K -средних, связанных с выбором начальных центроидов и количества кластеров. Для этого может быть использован алгоритм Сапору, который разделяет исходные данные о пользователях на пересекающиеся подмножества. Кластеризация может выполняться параллельно в несколько потоков, что позволяет решить основную проблему алгоритмов коллаборативной фильтрации — плохую масштабируемость и невозможность использования на высоконагруженных веб-сайтах.

Список литературы:

1. Gabor Takacs, Istvan Pitaszy, Bottyan Nemeth, Domonkos Tikk. Scalable Collaborative Filtering Approaches for Large Recommender Systems. Journal of Machine Learning Research, 2009.
2. Новиков О.В. Сегментация пользователей веб-сайта на основании данных о их поведении. Ежегодная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. Тезисы докладов. МИЭМ, 2010.
3. Andrew McCallum, Kamal Nigam, Lyle H. Ungar. Efficient clustering of high-dimensional data sets with application to reference matching. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA, 2000.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ СЕГМЕНТИРОВАННЫХ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ

Н.А. Федин

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В настоящей работе описываются экспериментальные исследования возможностей программной реализации нейросетевой системы распознавания сегментированных символов алфавита русского языка (кириллицы). Приводятся результаты экспериментов и соответствующие им значения параметров нейронной сети. На основании полученных результатов делаются выводы о применимости рассматриваемой конфигурации нейронной сети к задаче классификации рукописных сегментированных символов кириллицы, значениях параметров, обеспечивающих высокую точность классификации и о направлениях дальнейшего улучшения классификаторов рукописных символов, построенных на базе нейросетевой технологии.

Введение

Целью настоящей работы является экспериментальное определение параметров и конфигурации нейросетевой системы распознавания, обеспечивающей наименьшую ошибку на тестовой выборке, и определение величины этой ошибки. В качестве базовой парадигмы использовался многослойный перцептрон.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач: создать базу рукописных сегментированных символов кириллицы, определить набор извлекаемых из изображений признаков, выбрать метод обучения нейронной сети и разработать программную реализацию системы распознавания.

В первом разделе описывается реализация нейросетевой системы и её параметры, изменяемые в ходе эксперимента.

Во втором разделе описываются результаты проведённых экспериментов.

Реализация нейросетевой системы

Для обучения трёхслойного перцептрона используется собранная нами база из 17 920 рукописных символов, из которой 11 946 элементов используется для обучения, а 5 974 для тестирования. Образ каждого символа является бинарным (чёрно-белым) файлом формата PNG и имеет размер 20x20 пикселей. Символы каждого класса из 32 (буква «ё» рассматривается как «е») представлены в базе одинаковым числом образцов (560 образов).

На входы перцептрона подаются значения признаков, извлечённых из изображения. Извлечение признаков представляет собой отображение из пространства состояний всех пикселей изображения в пространство признаков, как правило, меньшей размерности. Построение системы признаков, сохраняющей существенную для распознавания информацию в случае конкретного классификатора, является сложной задачей, которая до сих пор не имеет окончательного решения. В работах [1-3] описываются различные системы признаков, ориентированные на различные типы классификаторов. Для оценки возможностей классификации рукописных символов трёхслойным перцептроном без учёта влияния системы признаков на точность распознавания, в качестве входных данных были выбраны значения пикселей бинаризованного изображения символа.

Входной слой перцептрона состоит из 400 нейронов, каждый из которых имеет 401 аксон (один аксон используется для сигнала смещения). На слой подаётся изображение символа, преобразованное в вектор путём конкатенации

строк изображения, а также смещение, равное единице. Число нейронов во втором слое определяется экспериментально и изменяется в диапазоне от 200 до 400. Третий слой является выходным и состоит из 32 нейронов.

Обучение перцептрона производится методом обратного распространения ошибки [4]. Использовалась сигмоидная функция активации. Интенсивность обучения изменялась в диапазоне от 0,2 до 0,7. Обучение завершалось при достижении заданного количества эпох. Количество эпох выбиралось с целью избежать переобучения нейронной сети.

Результаты экспериментов

Таблица 1. Условия и результаты экспериментов.

Интенсивность обучения	Количество эпох	Нейронов в скрытом слое	Доля правильно распознанных образов, %
0,2	50	200	83
0,3	50	200	90
0,35	50	200	89
0,5	50	200	21
0,2	80	200	84
0,35	80	200	89
0,4	80	200	93
0,5	80	200	63
0,2	80	400	70
0,3	80	400	46
0,35	80	400	38
0,4	80	400	33
0,5	80	400	14
0,7	80	400	5

Заключение

Результаты эксперимента показывают, что при соответствующем выборе параметров рассматриваемая система обеспечивает точность распознавания около 93%. Полученный результат является высоким для экспериментальной системы, но для практического использования необходимо повышение точности распознавания. Другим выявленным недостатком изучаемой системы является большой объём занимаемой памяти. Перспективным направлением преодоления выявленных недостатков мы считаем переход к представлению распознаваемого образа на основе системы признаков. Полученная в эксперименте точность распознавания может служить ориентиром при оценке адекватности системы извлечения признаков в реализациях нейросетевой парадигмы распознавания рукописных символов на базе трёхслойного перцептрона.

Список литературы:

1. Багрова И. А., Грицай А. А., Сорокин С. В., Пономарев С. А., Сытник Д. А. Выбор признаков для распознавания печатных кириллических символов // Вестник Тверского Государственного Университета, 2010 г., 28, стр. 59-73.
2. Прохоров В.Г. Распознавание графических образов текстовых символов, представленных в виде характеристических векторов. //Проблемы программирования, 2007 г., 3, стр. 97-106.
3. Ян Д.Е., Анисимович К.В., Дерягин Д.Г., Никитов С.А. Исследование новой системы признаков, основанной на векторном изображении при распознавании рукописных символов // Радиотехника и электроника -2003.—Т.48. Вып. 3 - стр. 310-317.
4. Хайкин, Саймон. «Нейронные сети: полный курс», 2-е изд., испр. (2006)

ЗАДАЧА ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО СТОКА В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ СБОРА ДАННЫХ И МЕТОД ЕЕ РЕШЕНИЯ

С.Г. Ефремов

факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

Аннотация

В статье рассматриваются беспроводные сенсорные сети с автономными источниками питания, в которых центральный узел сбора данных (сток) меняет свое положение с целью выравнивания нагрузки на элементы сети. Дается общая постановка задачи планирования движения стока, ее приведение к оптимизационной задаче линейного программирования, описывается один из возможных методов ее приближенного решения.

Введение

В предыдущих работах по тематике исследования [1,2] была рассмотрена проблема неравномерного расхода энергии в беспроводных сетях сбора данных, состоящих из миниатюрных автономных вычислительных модулей с датчиками. В ряде работ [1,4] было показано, что потенциально наилучшие возможные результаты может дать использование управляемого мобильного центрального узла – стока.

Основная идея использования мобильности состоит в периодическом изменении топологии сети с целью перераспределения основной нагрузки по ретрансляции данных, которая обычно ложится на соседние со стоком узлы, по всем элементам сети.

Для начала приведем две основные классификации мобильности в сенсорных сетях [3], для четкого определения предмета исследования. Первая классификация различает несколько видов мобильности:

1. Случайная – рассматривается только в том случае, когда нет устойчивых закономерностей в движении мобильного агента(ов).
2. Предсказуемая – в этом случае существует некоторый шаблон движения мобильных элементов, но он никак не управляется сетью сбора данных.
3. Управляемая – в данном варианте сама сенсорная сеть управляет движением мобильного агента, который является неотъемлемой ее частью.

С точки зрения алгоритмов сбора данных выделяют два основных случая:

1. Система с мобильными узлами промежуточной буферизации [4]. При таком подходе любой узел сети передают свои данные, только когда мобильный агент находится в зоне покрытия его приемопередатчика. Фактически при таком подходе отсутствует связанная сеть.
2. Полноценная сеть с мобильным центром [5]. Данный сценарий предполагает использование неограниченного в ресурсах передвижного элемента, управляемого самой сетью таким образом, чтобы оптимизировать некоторые параметры ее функционирования.

В настоящей статье будут рассматриваться сети с управляемой мобильностью центрального узла, направленной на увеличение времени их автономной работы.

Постановка задачи

Рассмотрим дискретную задачу планирования движения стока (ПДС), то есть сценарий, когда имеется некоторое конечное число позиций m , которые он может занимать. Учитывая, что в реальных условиях на перемещения стока накладываются ограничения, связанные с конечной физической скоростью его движения, логично представить позиции стока в виде графа $G_s = (V_s, E_s)$, где $V_s =$

$\{1, 2, \dots, m\}$. Например, на рисунке 1 граф позиций стока организован в виде решетки 4×4 .

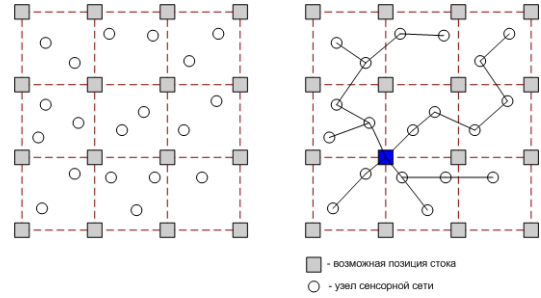


Рис. 1. Граф позиций стока и граф сети.

Для каждой позиции стока k сенсорная сеть из n узлов имеет свою топологию, задаваемую графом сети $G_n(k) = (V_n, E_n(k))$.

Также предположим, что для каждого узла i есть информация о его начальном запасе энергии E_i . Зная для каждой позиции стока k граф сети $G_n(k)$, а также собственный трафик, генерируемый каждым ее элементом, можно для любого узла i вычислить величину p_i^k – мощность, потребляемую i -м узлом при нахождении стока на позиции k . Подробная методика расчета приведена в статье [2].

Требуется определить последовательность $(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_q)$ смены позиций стока и для каждой позиции $\pi_i, i \in [1..q]$ найти время t_{π_i} нахождения стока на ней таким образом, что общее время автономной работы сети будет максимальным.

Приведение к задаче линейной оптимизации

Для того чтобы свести задачу ПДС к оптимизационной задаче частично-целочисленного линейного программирования (ЧЦЛП), требуется принятие ряда допущений:

1. Временем автономной работы считается время до выхода из строя первого по счету элемента сети.
2. Величины p_i^k являются неизменными в течение всего времени автономной работы.
3. При перемещении стока передача данных не ведется, дополнительная энергия не затрачивается.

Пусть $D = [d_{ij}]$ – матрица смежности графа G_s . Тогда постановка задачи в терминах ЧЦЛП будет выглядеть следующим образом:

$$\max T = \sum_{k=1}^m t_k \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{k=1}^m p_i^k t_k \leq E_i, (i = \overline{1..n}) \quad (2)$$

$$T_{min} y_k \leq t_k \leq T_{max} y_k, (k = \overline{1..m}) \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{0j} = 1 \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{j,m+1} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{j=0, j \neq k}^m x_{j k} = \sum_{j=1, j \neq k}^{m+1} x_{k j}, (k = \overline{1..m}) \quad (6)$$

$$\sum_{j=0}^m x_{j k} = y_k, (k = \overline{1..m}) \quad (7)$$

$$u_j - u_k + m x_{j k} \leq m - 1, \forall j, k \in [1..m] \quad (8)$$

$$x_{j k} \leq d_{j k}, \forall j, k \in [1..m] \quad (9)$$

$$x_{j k}, y_k \in \{0, 1\}$$

Целевая функция T максимизирует суммарное время пребывания стока на всех позициях, что является общим временем автономной работы сети при условии, что общая энергия, затраченная каждым узлом в течение всех перемещений стока, не превысит его исходной энергии. Последнее гарантируется набором ограничений (2). Ограни-

чения (3) связывают каждую вещественную переменную t_k с двоичной переменной y_k . T_{max} и T_{min} представляют собой верхний и нижний пределы времени нахождения стока на любой из позиций.

Для построения маршрута в задачу введены двоичные переменные x_{ij} , которые после ее решения примут следующие значения:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если ребро } (i - j) \text{ входит в маршрут} \\ 0, & \text{обратном случае} \end{cases}$$

Так как движение стока может начинаться с любой точки, в граф позиций добавляются виртуальные вершины -0 и $m+1$, чтобы зафиксировать начало и конец маршрута. Генерация маршрута обеспечивается ограничениями (4) - (8). Для выполнения равенства (4) происходит установка в 1 одной из переменных $x_{0,k}$ - так задается начало маршрута. Аналогично окончание маршрута фиксируется установкой в 1 одной из переменных $x_{k,m+1}$ для выполнения равенства (5). Чтобы в каждую вершину k , для которой $t_k > 0$, входила только одна дуга, используются ограничения (7). Набор равенств (6) выравнивает входящий и исходящий потоки для каждой посещаемой вершины. Для предотвращения возникновения циклов, не связанных с основным маршрутом, в модель вводится дополнительное ограничение (8), аналогичное тому, что применяется в известной задаче коммивояжера и ее постановке в виде задачи ЦЛП [6].

Метод решения задачи ПДС

Очевидно, что задача (1) в общем виде является NP-сложной и не может быть решена за допустимое время для больших значений m даже на самых мощных вычислителях. Сложность обусловлена наличием целочисленных переменных и, как следствие, комбинаторным характером общих приемов решения подобных задач. Однако можно существенно упростить решение, приняв во внимание некоторые особенности рассматриваемой предметной области.

В частности, поиск кратчайшего маршрута не является целью задачи оптимизации. Следовательно, необязательно искать путь, проходящий через каждую вершину один раз. Фактически единственной причиной, по которой в модель включаются двоичные переменные x_{ij} , является матрица смежности D , и связанные с ней ограничения (9), исключающие некоторые маршруты.

Разделим задачу (1) на два шага. На первом будет решаться задача линейного программирования (подзадача LP), включающая только набор ограничений (2), на втором - по множеству найденных вершин, для которых $t_k > 0$, будет некоторым образом строиться маршрут (подзадача ROUTE). Для решения второй подзадачи за полиномиальное время можно использовать эвристики, например «на каждом шаге идти в ближайшую непосещенную вершину».

Однако заметим, что поскольку подзадача LP не учитывает ограничения (9), маршрут в ряде случаев не может быть построен. Поэтому окончательное решение представляет собой итерационный процесс. Если вторая подзадача не имеет решения, из рассмотрения исключаются одна или несколько вершин, после чего происходит возврат к первому шагу.

Недостатком описанного выше подхода является то, что происходит последовательное удаление от верхней границы T , которая вычисляется на первой итерации. Поэтому возможен и обратный алгоритм, когда изначально множество V состоит из единственной вершины и последовательно увеличивает свой размер.

Алгоритм 1 Алгоритм решения задачи ПДС

Входные данные: $G_s = (V_s, E_s)$, $G_n = \{G_n(1), G_n(2), \dots, G_n(m)\}$, $P = [p_i^k]$

Выходные данные: Маршрут движения стока

```

1:  $V \leftarrow V_s$ 
2: цикл
3:    $\tilde{V} \leftarrow LP(V, G_n, P)$ 
4:    $f \leftarrow ROUTE(\tilde{V}, E_s)$ 
5:   если  $f = false$ 
6:     Выбрать  $V' \subset \tilde{V}$ 
7:      $V \leftarrow V - V'$ 
8:   конец если
9: пока  $f = false$ 

```

Ключевым звеном приведенного выше алгоритма является процедура выбора множества вершин V' с целью следующего исключения его из рассмотрения (строка 6). Приведем возможные эвристики для данного выбора:

- Удалить одну вершину k , имеющую наименьшее время t_k .
- Исключить изолированный подграф, имеющий наименьшее суммарное время $T' = \sum_{k \in V'} t_k$.
- Исключить изолированный подграф, наиболее удаленный от всех остальных.

Очевидно, что алгоритм выполняется конечное число итераций: на каждом шаге из множества рассматриваемых вершин удаляется по крайней мере одна, следовательно в худшем случае цикл выполнится m раз. На последней итерации останется единственная вершина.

Заключение

В работе была рассмотрена задача планирования движения мобильных агентов в сенсорных сетях сбора информации. Решение направлено на увеличение времени их автономной работы. Была приведена постановка задачи в терминах частично-целочисленного линейного программирования, рассмотрен один из возможных методов ее решения.

Следующим логическим этапом исследования является имитационное моделирование с целью получения количественных оценок для различных вариаций предложенного метода.

Список литературы:

1. Ефремов С. Г. Применение энергетической балансировки в беспроводных сенсорных сетях // Тезисы докладов научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ 2012. М.: МИЭМ, 2012. С. 78–79.
2. Ефремов С. Г., Восков Л. С. К вопросу о времени автономной работы сенсорных сетей // Качество, Инновации, Образование. 2012. Т. 7. С. 61–67.
3. Vljajic N., Stevanovic D. Sink mobility in wireless sensor networks: a (mis)match between theory and practice // Proceedings of the 2009 International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing: Connecting the World Wirelessly. IWCMC '09. New York, NY, USA: ACM, 2009. P. 386–393.
4. Shah R. C., Roy S., Jain S., Brunette W. Data MULEs: Modeling a three-tier architecture for sparse sensor networks // Proceedings of the First IEEE International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications, SNPA 2003. Anchorage: 2003. P. 30–41.
5. Wang Z. M., Basagni S., Melachrinoudis E., Petrioli C. Exploiting sink mobility for maximizing sensor networks lifetime // Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii: 2005. P. 287.
6. C.E. Miller, A.W. Tucker and R.A. Zemlin, Integer programming formulation of traveling salesman problems, Journal of the ACM 7(4) (1960) 311–325.

ОПЫТ РАБОТЫ С УЧЕБНЫМ МАТЕРИАЛОМ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННОЙ НА ТЕХНОЛОГИЯХ SEMANTIC WEB

С.С. Заика

факультет Прикладной математики и кибернетики

Данная статья рассматривает опыт построения онтологии предметной области для экспертно-обучающей системы, основанной на онтологическом подходе, реализуемой в рамках стека технологий Semantic Web.

Согласно [3], создание онтологии процесс итеративный и творческий. Вместе с тем, выдвинем ряд требований:

1. Онтология должна охватывать предметную область на уровне одного учебного курса ВУЗа, содержать основные понятия и отношения между ними и предоставлять теоретические и практические группы знаний предметной области.

2. Онтология должна разрабатываться с учетом её целевой аудитории, куда входят в первую очередь студенты ВУЗа, имеющие в программе учебный курс, для которого составлена онтология, а также студенты дистанционного изучения. Такая целевая аудитория определяет два основных способа использования онтологии: во-первых, в качестве учебного пособия (для самостоятельной работы студента), во-вторых, в качестве информационной поддержке лекционных и практических занятий.

3. Глубина проработки информации должна отвечать основной задаче онтологии – формированию целостного взгляда на предметную область у целевой аудитории

4. Онтология должна быть представлена на каком-либо языке описания онтологий, поддержанном прикладными инструментальными средствами.

Экспертные-обучающие системы исследуются достаточно давно, за это время разработано множество различных программных комплексов для построения баз знаний экспертных систем [1]. К сожалению, они не применимы в данном проекте, так как требуется поддержка стандартов и технологий Semantic Web. Выбор был остановлен на свободно распространяемом приложении, Protégé[3].

Так как составление онтологии представляет собой длительный процесс, а язык OWL не предназначен для интерпретации с естественного языка, существует необходимость в промежуточных моделях. Для выбора этих моделей были задействованы современные методики визуального представления знаний. В качестве промежуточной модели: mindmap (карта памяти).

В процессе построения онтологии можно выделить 4 этапа работы с материалом: конспектирование, формализация, рефакторинг, объединение. В случае необходимости, каждый этап может быть выполнен повторно, но с соблюдением последовательности.

Первым этапом построения онтологии стало ознакомление с учебным пособием и составлением карты памяти, кратко отражающей содержание. В качестве примера выбрано учебное пособие по обучению парадигме ООП на примере Smalltalk Squeak. Полученную карту памяти вы можете видеть на рисунке:

В результате дальнейшей обработки и формализации была получена структура понятий учебного пособия. Каждая стрелка обозначает отношение contains_of. Подобная структура хорошо отражает таксономию терминов, но совершенно не отражает связи другого рода.

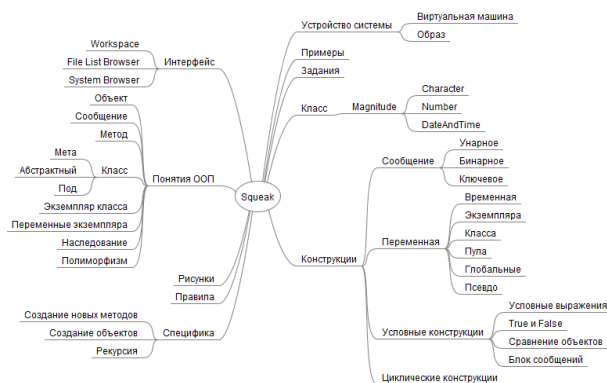


Рис. 1. mindmap предметной области

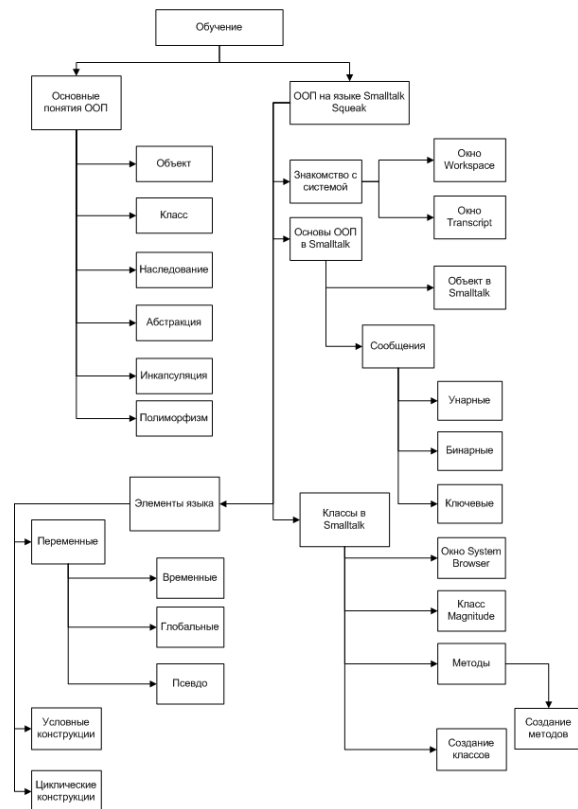


Рис. 2. Схема понятий раздела Обучение

Полученные схемы облегчают процесс формализации относительно небольших учебных пособий. С увеличением масштаба наглядность снижается.

В настоящее время ведутся работы по формализации остальных участков учебного пособия, рефакторингу и объединению.

Список литературы:

1. Экспертно-обучающие системы Петрушин В.А.; Отв. ред. А.М. Довгялло; АН УССР. Ин-т кибернетики. - Киев: Наук. думка, 1992. - с.196. ISBN 5-12-002763-6.
2. Базы знаний интеллектуальных систем. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. СПб: Питер, 2001. ISBN 5-272-00071-4.
3. Protege user documentation – электронные текстовые данные <http://protege.stanford.edu/doc/users.html>
4. Combining Ontology Development Methodologies and Semantic Web Platforms for E-government Domain Ontology Development - Jean Vincent Fonou-Dombeu and Magda Huisman, International Journal of Web & Semantic Technology (IJWesT) Vol.2, No.2, April 2011.

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРЫ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

М.Б. Дуэль

факультет Прикладной математики и кибернетики

В данной работе был проведён анализ основных алгоритмов построения структуры инженерных сетей, на примере систем для энергоснабжения. В результате изучения и сравнения были сделаны выводы и оценки производительности алгоритмов.

В рамках проектирование и разработки интеллектуальной инженерной сети

необходимо решить следующие задачи:

- Обеспечить управление, поддерживающее параметры системы в пределах установленных стандартов (таких как ГОСТ 13109-97.)

- Оптимизировать перетоки в сети.
- Максимизировать запас по статической и динамической устойчивости.
- Быть ориентированной на сетевую архитектуру ИС.
- Обладать достаточной для электросетей скоростью работы.

- Необходимо рассмотреть и оценить различные алгоритмы и модели данных на предмет возможности их использования в данных условиях.

- Обладать алгоритмами для разделения задач по приоритетам.

Таким образом была сформулирована задача построения и основные требования к математической модели, на основе которой будет реализована интеллектуальная система.

При построении математической модели были определены :

- *Основные используемые понятия и определения:* Граф электрической цепи - условное изображение схемы электрической цепи, в котором каждая ветвь заменяется отрезком линии, а соединение линий - узлом. Если между любой парой узлов графа существует связь, то граф называют связным. Большинство электрических цепей в нормальных условиях (отсутствие аварийных ситуаций) не представляют собой связные графы, что поднимает проблему маршрутизации.

Элемент ИС – объект, баланс мощности или способность генерировать управляющее воздействие которого представляет интерес. Потребитель (электроприемник) - элемент ИС, обладающий способностью самопроизвольно потреблять определенную мощность

Генератор (источник) - элемент ИС, позволяющий генерировать эл.т. в системе.

Ребро ИС (линия/ветвь) – связь между двумя узлами, обладающая возможностью передавать поток электроэнергии.

Участок ИС – это подмножество ИС соответствующее подграфу, характеризуемое некоторыми общими свойствами и удобное для рассмотрения, но имеющее хотя бы одну вершину, связанную с ИС вне участка.

Путь – это упорядоченная последовательность ветвей, в которой каждые две соседние ветви имеют общий узел, причем любая ветвь и любой узел встречаются на этом пути только один раз. Таким образом, путь – это совокупность ветвей, проходимых непрерывно.

Контур - это замкнутый путь, в котором начальный и конечный узел являются одним и тем же узлом.

Также называется кольцом.

Дерево– это связный подграф, содержащий всё множество узлов изначального графа, но ни одного контура.

Ветви связи (дополнения дерева) – это ветви графа, дополняющие дерево до исходного графа.

Сечение графа - множество ветвей, удаление которых делит граф на два изолированных подграфа, один из которых, в частности, может быть отдельным узлом.

И тд.

- *Статическая модель: Состояние ИС* – вектор переменных, характеризующий функционирование ИС:

Напряжение в узлах, токи в ветвях, проводимость ветвей, состояние вкл/выкл. выключателей и активных элементов (выключатели, разъединители, заземлители, реле и т.п.), ориентация ветвей.

Модель элемента – система управлений, связывающих параметры и переменные состояния элемента, например, соотношения, устанавливающие связь между потоком электроэнергии и потреблением на конечном узле.

Результаты измерений , Вектор мгновенных значений фазного напряжения в узлах , Матрица направлений токов , Матрица мгновенных значений тока в ветвях , Вектор среднеквадратичных (действующих) значений , Вектор расчетных параметров ИС , Матрица среднеквадратичных (действующих) значений активной мощности , Вектор входных параметров ИС , Балансная модель , Узловая матрица (матрица соединений) , Контурная матрица (матрица контуров) , Матрица сечений, баланс мощностей, Вектор максимальной мощности потребления ИС, Вектор максимальной генерируемой мощности источников ИС

В соответствии с поставленной задачей была введена аксиоматика интеллектуальной сети, включающая основные определения, понятия.

Учитывая, что разрабатываемая ИС построена на сетевой и децентрализованной структуре , построении алгоритмической модели были рассмотрены :

- Алгоритмы поиска кратчайших путей на графе: Алгоритм Дейкстры , Алгоритм Левита , Алгоритм A* , Алгоритм Флойда-Уоршелла , Алгоритм Джонсона , Двухнаправленный поиск пути

- Алгоритмы определения изолированных подграфов ИС: Определение по транзитивному замыканию , Использование алгоритма Дейкстры , Использование алгоритма Левита , использование прочих алгоритмов поиска на графе

- Алгоритмы обмена сообщениями и маршрутизации в ИС: Изолированный алгоритм Backward learning , Распределенный дистанционно-векторный алгоритм , Распределенный алгоритм Shortest Path Routing (маршрутизации по кратчайшему пути)

- Алгоритм приоритизации обработки событий ИС

Ключевым параметром для работы алгоритмов в электросетях является минимизация времени и сложности алгоритма. Рассмотрев основные наиболее популярные алгоритмы, делается вывод о нерациональности их использования без модификации. Наиболее удачными для модели электросети по оценкам сложности выглядят алгоритм Джонсона, с использованием алгоритма Дейкстры или Левита, в зависимости от разреженности графа. Использование данных алгоритмов позволит свести сложность алгоритма поиска всех кратчайших путей в графе для каждой вершины к $O(n^2 \cdot \log(n))$. Использование алгоритма двухнаправленного поиска позволит существенно ускорить даже эту оценку.

Но есть и более эффективные методы.

Поскольку разрабатываемая ИС построена на сетевой и децентрализованной структуре, то гораздо разумнее использовать параллельные алгоритмы - алгоритмы, которые могут быть реализованы по частям на множестве различ-

ных вычислительных устройств с последующим объединением полученных результатов и получением корректного результата. Возможна как модификация последовательных готовых алгоритмов, так и использование существующих готовых алгоритмов, таких как параллельные алгоритмы Флойда-Варшалла, Джонсона. Прирост скорости параллельных алгоритмов при правильной реализации линейно зависит от числа потоков, на которые разбивается алгоритм. Таким образом, используя параллельный алгоритм на n узлах, прирост скорости в среднем будет в n раз без учета накладных расходов, возможная итоговая скорость просчета кратчайших путей будет $O(m \cdot \log(n))$.

Для дополнительного ускорения данных алгоритмов можно использовать специализированные модели хранения данных. Самым лучшим вариантом с точки зрения скорости работы является представление очереди вершин в виде фибонначиевой кучи. Однако, это нежелательно по причине сложности её аналитического понимания и использования. На замену фибонначиевой кучи предлагается использовать бинарные кучи.

Биномиальная куча — это набор биномиальных деревьев, узлам которых приписаны элементы взвешенного множества в соответствии с кучеобразным порядком, при котором вес элемента, приписанного узлу, не превосходит весов элементов, приписанных его потомкам.

Рассмотрев основные алгоритмы маршрутизации, можно сделать вывод, что наиболее подходящим алгоритмом для ИС будет распределенный алгоритм маршрутизации по состоянию канала, который рассчитан на быстро изменяющиеся сети. Однако с учетом ориентированности ребер ИС стоит доработать данный алгоритм, ввести понятия «дочерних» и «родительских» узлов для сокращения вычислительных затрат.

Классическим способом задания приоритета является система вида «конечный автомат». Согласно ей, сеть в каждый момент времени работает строго в пределах одного уровня L . Все поступающие задачи обрабатываются с этим приоритетом, с ориентировкой на задачи уровня L . Однако данный вариант представляется нерациональным в модели ИС. Более удобным представляется одновременная работа в системе нескольких уровней с разной частотой опроса на наличие сообщений/запросов к определенному уровню ИС. В аварийной ситуации частоту работы приоритетных уровней можно повысить в несколько раз. В случае регулируемой частоты, она является дополнительным параметром каждого изолированного участка ИС.

МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ ПРОТЕКАНИЯ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Е.А. Талыгин

факультет Прикладной математики и кибернетики

Техническая документация, участвующая в документообороте не промышленном предприятии, претерпевает конечное число операций над собой. Можно утверждать, что у каждого технического документа есть некий жизненный цикл, состоящий из конечного числа этапов. Состав этих этапов определен государственным стандартом.

Техническая документация является главным результатом производственной деятельности промышленного предприятия. Каждый проект, выполняемый на таком предприятии, сопровождается выпуском большого количества технической документации. Для промышленных предприятий одной из главных задач является правильное

и своевременное прогнозирование сроков реализации проектов.

К основным этапам жизненного цикла технической документации можно отнести:

- выпуск;
- согласование;
- утверждение;
- архивный учет;
- хранение;
- аннулирование;

Каждый этап жизненного цикла конкретного взятого документа характеризуется рядом параметров (временной интервал, содержание документа, учетные реквизиты и т.д.). Значения этих параметров, собранных в базе данных, отражают опыт предприятия, накопленный в предыдущих работах. Не снижая общности, рассмотрим параметр-временной интервал протекания этапа.

Каждый этап жизненного цикла технического документа характеризуется определенным временем выполнения, таким образом, жизненный цикл каждого конкретного документа однозначно описывается вектором

$$(t_1, \dots, t_n),$$

где t_i — время протекания определенного этапа жизненного цикла, n — общее количество этапов жизненного цикла. Пусть тогда $x(p_1(t), \dots, p_n(t))$ — электронный документ, где $p_i(t)$ — функция, значение которой в каждый момент времени является реквизитом учетной карточки документа.

Представим для наглядности, что в учетной карточке имеется 2 этапа:

- Объем документа в листах
- Формат документа

Пусть v — объем документа в листах, f — его формат. Для численного выражения формата документа можно, например, принять формат документа А5 за 1, тогда формат А4 будет равен 2 и т.д.

Примем v_1, f_1 — параметры одного документа, v_2, f_2 — параметры другого.

Назовем 2 документа однотипными, если

$$\begin{cases} |v_1 - v_2| \leq \varepsilon_1, \\ |f_1 - f_2| \leq \varepsilon_2, \end{cases}$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ — некие заранее определенные числа, выбираемые для конкретных условий

На промышленно предприятии всегда имеется некая база знаний, в которой хранится информация о предыдущем опыте выполнения проектов. В ней хранится статистическая информация о времени протекания этапов жизненного цикла документации, которая изготовлялась ранее. Эту информацию удобно использовать для построения математических моделей оценки времени выполнения новых проектов.

Удобно представить документооборот на предприятии следующим образом:

$$x(t) \rightarrow f_1(x) \rightarrow \dots \rightarrow f_m(x) \rightarrow y(t)$$

Каждое действие над документом представляет собой функцию $f_i(x)$.

Учитывая, что в нашем распоряжении имеются эмпирические данные о прошлых проектах, очевидно, что в качестве $f_i(x)$ удобно взять статистическую функцию, параметры которой определяются на основе выборки эмпирических данных об однотипных документах из базы знаний.

Таким образом, сроки реализации проектов могут быть определены еще до начала их реализации. Немаловажно, что моделирование жизненного цикла документации происходит на основе эмпирических данных, накопленных в

результате работы предприятия в прошлом, а, следовательно, учитывают особенности конкретного предприятия.

Список литературы:

1. А. А. Емельянов, Е. А. Власова, Р. В. Дума – Имитационное моделирование экономических процессов, 2009 г, 416 с.

2. Арлазаров В.Л., Емельянов Н.Е. (Ред.) – Документоборот. Концепции и инструментарий, 2004 г, 208с.

3. Г. Н. Калянов – Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация, 2006 г, 240 с.

4. П. Н. Коробов – Математическое программирование и моделирование экономических процессов, 2006 г, 376 с.

МЕТОД ГЕНЕРАЦИИ СЕТОК КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.С. Чуданов

*факультет Информационных технологий
и вычислительной техники*

Конструкции современной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) часто эксплуатируются в условиях повышенных уровней внешних механических воздействий: вибраций, ударов, линейных ускорений и акустического давления. Для того чтобы определить механические режимы конструктивных и электронных элементов необходимо на этапе проектирования РЭА произвести расчет механических напряжений и перегрузок элементов конструкции РЭА. Для расчетов конструкций широко применяется метод конечных элементов.

Метод конечных элементов является одним из наиболее распространенных методов решения задач математической физики. Это связано с большой универсальностью метода, сочетающего в себе лучшие качества вариационных и разностных методов. К его несомненным достоинствам относятся возможность использования разнообразных сеток, сравнительная простота и единообразие способов построения схем высоких порядков точности в областях сложной формы.

Современные конструкции РЭА чаще всего представляют собой конструкции пластинчато-стержневого типа. Пластины - это печатные платы и элементы корпуса, стержни – это элементы стоек, на которых устанавливаются платы, и крепежные элементы.

При составлении расчетной схемы анализа конструкции, последняя расчленяется на подконструкции: каркас, печатные узлы, блоки (приборы), кожухи и т.п. Отдельные подконструкции расчленяются на простейшие конечные элементы: несущий каркас - на стержневые элементы, локальные массы; пластинчатые элементы – на треугольные или прямоугольные конечные элементы. Соединение конечных элементов и подконструкций производится через узлы конечных элементов.

Для автоматизации составления конечно-элементной математической модели необходимо использовать генераторы сеток конечных элементов, которые позволяют автоматически разбить заданную область конструкции на конечные элементы.

В работе разработан алгоритм реализующий разбиение области конструкции на плоские треугольные конечные элементы. В качестве алгоритма был выбран алгоритм Делоне. Данный алгоритм основан на стандартной для многих алгоритмов методике сведения сложной задачи к более простым.

Алгоритм выглядит так:

1. Разбиение исходного множества на более мелкие множества. Для этого мы проводим вертикальные или горизонтальные прямые в середине множества и уже относительно этих прямых разделяем точки на две части примерно по $N/2$. После для каждой группы точек рекурсивно запускаем процесс деления в зависимости от их количества:

- Если число точек $N > 12$, то делим множество с помощью прямых.

- Если число точек $N \leq 12$, то делим множество на 3 и $N-3$ точек.

- Если число точек $N=8$, то делим множество на 2 группы по 4 точки. Деление продолжается до тех пор, пока не останется 3 или 4 точки.

2. Построение триангуляции для множеств из 3 или 4 точек. Для трех точек триангуляция очевидна — просто соединяем попарно точки отрезками. Для четырех точек возможны два варианта:

- Если точки образуют не выпуклый четырехугольник, то просто соединяем все 4 точки отрезками.

- Если точки образуют выпуклый четырехугольник, то берем любые 3 точки и проверяем положение четвертой точки относительно окружности, описанной вокруг первых трех точек. Здесь возможны три варианта:

- Точка лежит за пределами окружности. Данная триангуляция оптимальна, строим треугольник из первых трех точек и соединяем с четвертой ближайшие к ней 2 точки.

- Точка лежит внутри окружности. В этом случае нарушается условие триангуляции Делоне, и отрезками соединяются четвертая точка со всеми остальными точками, а также те точки, отрезки между которыми не создадут пересечений с уже проведенными отрезками.

- Точка лежит на окружности. В этом случае любая триангуляция оптимальна.

3. Объединение оптимальных триангуляций. Сначала находят две пары точек, отрезки которых образуют в совокупности с построенными триангуляциями выпуклую фигуру. Они соединяются отрезками, и один из полученных отрезков выбирается как начало для последующего обхода. Обход заключается в следующем: на этом отрезке мы как будто «надуваем пузырь» вовнутрь до первой точки, которую достигнет раздувающаяся окружность «пузыря». С найденной точкой соединяется та точка отрезка, которая не была с ней соединена. Полученный отрезок проверяется на пересечение с уже существующими отрезками триангуляции, и в случае пересечения они удаляются из триангуляции. После этого новый отрезок принимается за начало для нового «пузыря». Цикл повторяется до тех пор, пока начало не совпадет со вторым отрезком выпуклой оболочки.

4. Если форма треугольника не обеспечивает заданной точности аппроксимации формы, то проводим разбиение более мелкими треугольниками

В качестве языка программирования был выбран язык C++.

Актуальность работы заключается в том, что мы имеем непосредственно код программы и можем использовать его при формировании конечно-элементных математических моделей для расчета и оптимизации конструкций РЭА.

Список литературы:

1. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике: Пер. с англ. - М.: Мир, 1975. - 541с.

2. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы/ Пер. с англ. - М.: Мир, 1984. - 428 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОДНОСЛОЙНОЙ ПЕРЕХОДНОЙ НАНОСТРУКТУРЫ ИЛИ-НЕ ДЛЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ

А.В. Еролаев

*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

В данной работе рассматриваются основные тенденции развития вычислительной техники, логическая функция ИЛИ-НЕ и схемы, реализующие эту функцию.

Введение

С помощью нанотехнологий можно уменьшить размеры данной схемы в несколько сотен или даже тысяч раз, при этом улучшится быстродействие схемы.

Задача данной работы заключается в разработке более быстродействующей и более выгодной по стоимости схемы НСТЛ не только для рынка России, но и для мирового рынка.

Обзор аналогов

Чаще всего современная вычислительная техника реализуется с помощью транзисторов МОП, но мы рассмотрим схему с биполярными транзисторами реализующую логику ИЛИ-НЕ. Основные схемы ИЛИ-НЕ – это схемы НСТЛ (которая рассмотрена ниже), ЭСЛ, МЭСЛ.

НСТЛ

Достоинства:

- Возможность реализовать сколь угодно сложные логические схемы.

Недостатки:

- Низкий запас помехоустойчивости по отрицательной помехе при наличии нагрузки.
- Низкая информационная плотность.
- Чем больше входов имеет вентиль, тем больше его задержка.

ЭСЛ

Достоинства:

- Реализация дополнительной полной функции ИЛИ-НЕ-М_{или}.

Недостатки:

- Низкая информационная плотность.

МЭСЛ

Достоинства:

- Реализует по выходу 1 – ИЛИ-НЕ, а по выходу 2 – ИЛИ.

Недостатки:

- Высокое выходное сопротивление.

Разработка и проектирование модели

Для проектирования схемы нужно для начала разработать математическую модель. Разрабатываем математическую модель, на основе которой можно сгенерировать структурную формулу математической модели, где присутствуют два входа, выход, питание, два транзистора и один диод.

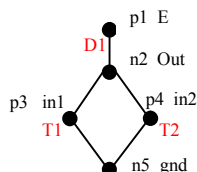


Рис. 1. Структурная формула

После того как была получена структурная формула можно приступить к проектированию 3D модели с помощью программы Synopsys.

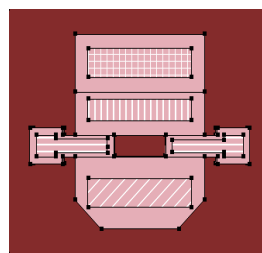


Рис. 2. 3D модель

Для того чтобы схема работала, необходимо задать ее параметры: концентрации, напряжения, нагрузочное сопротивление.

На рисунке 3 показаны результаты физического моделирования:

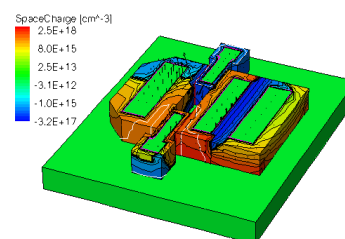


Рис. 3. Результаты физического моделирования

На рисунке 4 показаны результаты электрического моделирования:

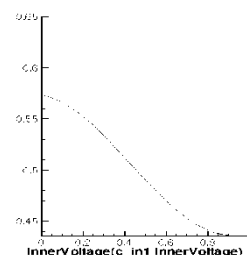


Рис. 4. Результаты электрического моделирования

По графику переходной характеристики:

$$U_{лог1} = 0,575В; U_{лог0} = 0,435В.$$

Заключение

В результате проведенной работы была разработана схема, подобная НСТЛ, имеющая преимущества:

- новая оптимальная переходная схемотехника (уменьшение объема элементов);
- проектная норма 10 нм. В 1 см² можно поместить до 3.3e12 элементов. Повышенная информационная плотность;
- увеличено быстродействие за счет уменьшения суммарной паразитной емкости;
- уменьшена стоимость за счет уменьшения количества технологических операций и объема элемента;

Список литературы:

1. Рахман Ф. «Наноструктуры в электронике и фотонике» Техносфера, 320с.
2. Трубочкина Н.К. «Моделирование 3D наносхемотехники» Бином. Лаборатория знаний, 2012г, 499 стр.
3. J. Chem. Educ., 1996, 73 (4), стр. 382
Публикация (Web): 1.04.1996 (Letter).

МЕТОДЫ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПОДСИСТЕМЫ ВЕРИФИКАЦИИ В РЕАЛИЗАЦИИ SWI-PROLOG

А.И. Пармонов

факультет Прикладной математики и кибернетики

Одной из главных задач построения интеллектуальных систем обучения программированию, является разработка системы верификации программ, написанных обучаемым в процессе решения задач, получившей особую актуальность благодаря распространения дистанционного обучения в ВУЗах.

Задачу верификации логических программ рассмотрим на примере языка Prolog. Под задачей верификации понимается задача доказательства правильности программ при всех входных данных, удовлетворяющих поставленной задаче. Результатом верификации является вывод о правильности программы, а также отчет о диагностике ошибок в случае, если программа распознаётся неверной.

В существующих системах обучения программированию процесс верификации или проверки правильности программы понимается как установление её соответствия (эквивалентности) одной из известных системе эталонных программ, являющихся решениями соответствующей задачи. Кроме корректности, верифицированная программа обладает и другими характеристиками, такими как отсутствие ошибок во время выполнения, корректность типов и завершение. Сложность проверки правильности программ связана с тем, что даже для несложных задач число различных решений одной и той же задачи (вариантов программ) достаточно велико. Причём эта вариативность резко увеличивается с ростом сложности программ.

С учетом сложности построения подобных систем, а также высокой размерности самих данных особую остроту приобретают вопросы эффективной реализации и адекватного использования методов верификации задачи. Поиск решения задачи реализует сама система Prolog.

В основу системы верификации, разрабатываемой для электронного учебника, положен трансформационный подход. Это позволяет строить классы эквивалентности программ, являющихся правильным решением с точностью до некоторых несущественных характеристик.

Системы верификации, основанные на трансформационном подходе, преобразуют Prolog-программы в Prolog-программы. Таким образом, они не требуют таких серьезных затрат по времени и объему затрачиваемой вычислительной мощности. Кроме того, преобразования выполняются над программами, записанными в нормальных формах для их дальнейшего сопоставления с программой обучаемого, что позволяет более эффективно обнаруживать ошибки в программах обучаемого и производить необходимые пояснения.

Основу трансформационного подхода составляют операции развёртки/свёртки, аккумуляторное и обратное преобразование, ассоциативное правило преобразования.

С помощью операции развёртки клозов устраняется косвенная рекурсивность предикатов. Затем выбирается наиболее близкая к программе обучаемого программа в нормальной форме из библиотеки эталонных программ по следующим критериям:

- 1) количество аргументов в главном предикате;
- 2) количество предикатов в теле клоза главного предиката.

В том случае, если программа обучаемого обрабатывает входные аргументы с конца, применяется обратное преобразование. Используя развёртку рекурсивных клозов система добивается сравнения числа клозов в программе обучаемого и в эталонной программе. Далее, если программа обучаемого за один проход убирает больше, чем один элемент из рекурсивного клоза, применяется развёртка соответствующего клоза в эталонной программе, или обратное преобразование. Далее проверяется направление обработки выходных аргументов программы обучаемого и эталонной программы; если они не совпадают, применяется аккумуляторное преобразование. Наконец, осуществляется сопоставление клозов в программе обучаемого и в эталонной программе, при этом, по мере необходимости, производится перестановка клозов и подцелей, применяется ассоциативное правило преобразования.

Для распознавания ошибок система верификации использует подход библиотеки ошибок. Все ошибки подразделяются на три типа: вызванные спецификой задачи, вызванные спецификой реализации и вызванные спецификой языка.

Трансформационный подход к верификации логических программ обладает следующими преимуществами. *Во-первых*, благодаря эквивалентным преобразованиям над программами, записанными в нормальной форме, система верификации существенно ограничивает число эталонных программ, хранимых в библиотеке планов, и способна распознать гораздо большее число правильных решений. *Во-вторых*, она способна выявлять заикливание программы на начальном этапе работы благодаря проверке программы на структурную рекурсивность. *В-третьих*, в отличие от подхода обычной библиотеки ошибок, система обеспечивает более подробное описание ошибок благодаря их разделению на три типа.

Разработка данной системы верификации ведется на открытой программировании Prolog – SWI-Prolog. Эта реализация представляет богатый набор возможностей, библиотеки для constraint logic programming, многопоточности, юнит-тестирования, GUI, интерфейс к языку программирования Java, ODBC, поддерживает литературное программирование, содержит реализацию веб-сервера, библиотеки для SGML, RDF, RDFS, средства разработчика (включая IDE с графическими отладчиком и профилировщиком), и обширную документацию. SWI-Prolog работает на платформах Unix, Windows, и Macintosh.

Реализации SWI-Prolog позволяют использовать кириллицу в константах, именах переменных и в структурах. По сравнению с эдинбургским стандартом содержит дополнительно графические предикаты и вещественную арифметику. Может работать как с английским, так и с русским вариантами встроенных предикатов. Обеспечивает как режим поиска всех решений, так и режим одного решения. Поддерживает динамические базы, позволяет добавлять и удалять не только факты, но и правила. Многооконная оболочка поддерживает окна структурного редактора, контекстного комментария, подсказки и диалога.

Структурный редактор позволяет кроме стандартных функций по вводу и редактированию Prolog-программ проводить проверку правильности синтаксиса и давать контекстную подсказку по встроенным предикатам.

Также SWI-Prolog совместим с графической библиотекой XPCЕ, которая поддерживает кнопки, меню, слайдеры, вкладки и другие базовые GUI виджеты. XPCЕ доступен на всех платформах, поддерживаемых SWI-Prolog'ом.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ БИНАРИЗАЦИИ ГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С.А. Булгаков

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В работе проводится сравнение основных подходов к пороговой бинаризации графических изображений. Рассматриваются традиционные методы бинаризации, применительно к произвольному изображению, а так же приводится сравнение результатов их применения.

Введение

В задачах распознавания графических образов часто возникает необходимость в сегментации исходного изображения [3,6]. Традиционные методы сегментации основываются на пороговой бинаризации и не всегда позволяют добиться приемлемого результата.

В работе оценивается эффективность сегментации произвольных графических изображений классическими методами, и предлагаются рекомендации к выбору решения.

Бинаризация

Бинаризация применяется для преобразования цветного или полутонового графического изображения к монохромному представлению. Как правило, для этого используется пороговое значение яркости: всем пикселям, яркость которых меньше порога, назначается минимальная яркость, а всем пикселям яркость которых больше, максимальное. Обычно пиксели с минимальным значением яркости относят к фону, а с максимальным, к переднему плану.

Выбор порогового значения яркости можно вычислять различными методами [4,5,6], в связи с чем, предлагается опираться на классификацию [1] подходов на: гистограммный, энтропийный, локальный адаптивный, кластеризационный, пространственный и объектный. Анализ литературных источников [1,4,5,6] показал, что характерными представителями являются: метод Оцу (кластеризационный), метод треугольника (гистограммный), метод Хуанга (энтропийный), метод Ниблака (локальный адаптивный) (пространственный и объектный подход в работе не рассматриваются).

При выполнении бинаризации обрабатывается произвольное графическое полутоновое изображение X , размерами $M \times N$, с количеством тонов L .

Сравнение методов бинаризации

В качестве сравнительных критериев работы методов рассматриваются среднеквадратическая ошибка (СКО) и пиковое отношение сигнал/шум (ПОСШ), которые вычисляются по следующим формулам:

$$СКО = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^{M \times N} |x_i - \tilde{x}_i|^2,$$

$$ПОСШ = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{L}{\sqrt{СКО}} \right),$$

где x_i и \tilde{x}_i - значения яркости исходного и обработанного изображений, соответственно.

Тестовое изображение: полутоновое ($L = 255$) размерами 400x400 пикселей рис. 1(а). Эталон: цвет фона белый, объекта – черный (изображение однородное).

Результаты бинаризации: Оцу (достигнут критерий остановки, не представлен на рисунке); треугольник рис.1(б) (порог 188); Хуанг рис.1(в) (порог 225); Ниблак (окрестность 15x15 не представлена) рис.1(г) (окрестность 256x256) [2].

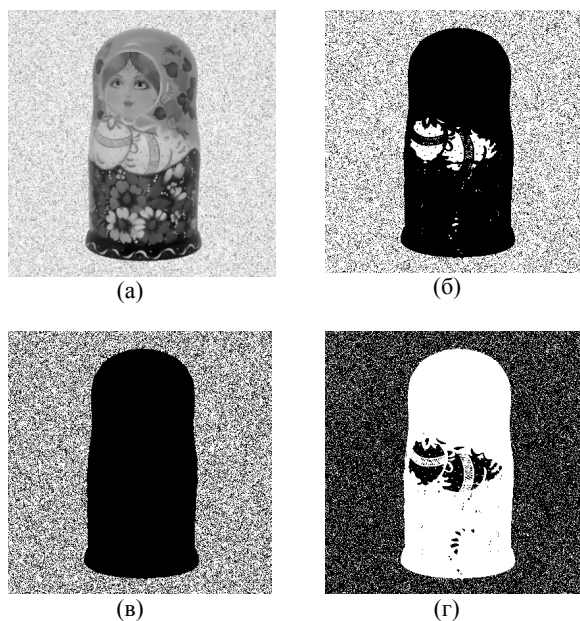


Рис. 1. (а) исходное изображение 400x400 пикселей; (б) метод треугольника (порог 188); (в) метод Хуанга (порог 225); (г) метод Ниблака (окрестность 256x256)

Для обработанных изображений были вычислены значения СКО и ПОСШ, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные характеристики методов

Метод	СКО	ПОСШ
Эталон	16791.353581	5.879947
Оцу	39187.979481	2.199275
треуголь- ник	20951.248075	4.918705
Хуанг	24544.100856	4.231332
Ниблак (15)	38826.016544	2.239575
Ниблак (256)	40765.208669	2.027907

Заключение

В ходе экспериментальных исследований было выявлено, что метод Оцу не подходит для обработки произвольного изображения (порог не вычислен); метод треугольника выделил объект переднего плана в замкнутую область; метод Ниблака требует тщательного априорного выбора размера окрестности. Результат обработки методом Хуанга является наилучшим – четко выделен объект переднего плана.

Список литературы:

1. Sezgin M., Sankur B. Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation // Journal of Electronic Imaging.–2004.–Vol. 13,1.–p.146-165.
2. Булгаков С.А., Истратов А.Ю. К вопросу о бинаризации графических изображений//Высокие технологии. Сборник статей. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – Т2. с.18-22
3. Булгаков С.А. Разработка системы распознавания номерных знаков на графических изображениях // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. – 2010. – с. 225.
4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. –М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
5. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 928 с.
6. Bovik A. The Essential Guide to Image Processing.– Academic Press,2009.–672p.

ПАРКОВКИ ON-LINE

В.А. Ильичев, Н.А. Лукинов
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

Аннотация

В рамках работы проводится разработка беспроводной системы бронирования парковочных мест. Описываются функции разработанной системы бронирования парковочных мест. Приводятся аналоги разработанной системы. Рассматриваются перспективы развития разработки.

Введение

В настоящее время все больше внимания уделяется проблеме транспорта, так в России была принята федерально-целевая программа развития транспортной системы России 2010-2015 г., в мире в крупнейших мегаполисах существуют специальные программы развития транспортной системы. Однако, одним из основных показателей по данным программам является количество транспортных средств у населения. Данный показатель из года в год увеличивается, что порождает новые проблемы, в том числе, мест хранения транспорта. Возникает задача организации парковок и внедрения специализированных парковочных систем (перехватывающие парковки, парковочные зоны в спальных и жилых районах и др.).

Основная цель данной работы – это применение недорогой беспроводной современной технологии для учета и дальнейшего бронирования свободных парковочных мест в реальном времени.

Был разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий определять занятость парковочного места. Система определяет состояние парковочного места на схеме парковки, и помещает информацию на карту города, при помощи взаимодействия с глобальной сетью Internet для последующего бронирования свободных мест.

В программно-аппаратном комплексе используется технология измерения магнитного поля для определения занятости парковочного места, а также протокол для беспроводной передачи данных BitCloud между датчиками и шлюзом.

Аналоги разрабатываемой системы

В настоящее время существуют несколько основных видов систем бронирования парковочных мест с помощью:

- видеорекамер (одна или несколько видеорекамер, которым необходимы большие вычислительные мощности, для наблюдения и передачи информации о занятости парковочных мест);

- индукционного метода (в данном методе используются индукционные петли, которые монтируются в местах заезда автомобилей на парковку);

- ИК датчиков.

Основными недостатками таких систем являются:

- высокая стоимость;
- закрытость программного обеспечения;
- необходимость большого количества специальной аппаратуры;
- отсутствие прямой интеграции с IP-сетями;
- требуют использования проводов и проведения строительно-монтажных работ.

Измерение магнитного поля

Технология измерения магнитного поля использует магнитометр в составе устройства в рамках разрабатываемой системы.

Магнитометр – это прибор для измерения характеристик магнитного поля и магнитных свойств материалов.

В данной разработке магнитометр регистрирует изменение в шумовом магнитном поле наблюдаемого объекта, с предварительно установленным порогом срабатывания, и если произошло изменение в магнитном поле, то через шлюз отправляется информация о том, что парковочное место занято и, соответственно, наоборот.

Предлагаемое решение и его особенности

Аппаратная часть комплекса состоит из датчиков (узлов), оборудованных магнитометрами, которые необходимы для обнаружения металлических объектов на парковочном месте, и шлюза, передающего полученные данные в сеть Internet. Данные узлы работают в составе сети BitCloud.

Особенности протокола BitCloud:

- использует стандарт беспроводных сенсорных сетей IEEE802.15.4;

- предельно-высокая надежность работы в mesh-сетях;
- защищенный интерфейс программирования (API);
- поддержка больших сетей: в одном воздушном пространстве могут работать более 100 узлов;

- позволяет добиться сверхмалого энергопотребления за счет быстроты возобновления работы и перехода в экономичный режим;

- поддерживает топологии типа: шина, звезда, дерево;
- автоматическое формирование и исправление маршрута;

- сбалансированная загрузка сети;

- режим «сна» для увеличения срока службы устройств от автономных источников питания.

Программная часть состоит из программного обеспечения устройств парковочного места и программного обеспечения для шлюза, обеспечивающего территориальную расширяемость системы и взаимодействие с внешней инфраструктурой.

Основные преимущества разработки:

- отсутствие проводов;
- низкая стоимость;
- к разработке применима концепция «Интернета вещей»;
- взаимодействие с инфраструктурой;
- возможность организации автономной работы;
- возможность бронирования парковочного места в режиме реального времени через сеть Internet.

Недостатки разработки:

- использование автономных источников питания;
- первоначальная калибровка парковочных мест;
- влияние сторонних магнитных полей.

В рамках дальнейшего развития планируется добавление следующих функций:

- контроль доступа;
- универсальное платежное средство;
- идентификация автомобилей.

Заключение

Проведена разработка беспроводной системы бронирования парковочных мест на основе новой технологии. Описаны функции разработанной системы бронирования парковочных мест, приведены аналоги разработанной системы и рассмотрены перспективы развития разработки.

Список литературы:

1. http://www.kamami.pl/dl/atzb_24_a2_b0.pdf
2. http://www.vs.inf.ethz.ch/edu/HS2011/CPS/papers/kim09_viridiscopes.pdf
3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/RFID>

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГРЕССИОННОГО ТЕСТОВОГО НАБОРА И СОЗДАНИЯ ОТЧЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ПРОЦЕССУ ТЕСТИРОВАНИЯ

А.С. Мартюков
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

В настоящей работе рассматривается комбинированный метод формирования тестового набора для регрессионного тестирования программного обеспечения, а так же система, позволяющая автоматизировать это формирование и создание отчетной тестовой документации.

Из всех видов тестирования программного обеспечения в работе рассматривается процесс регрессионного тестирования. Регрессионное тестирование - это обобщенное название всех видов тестирования, которые выполняются для проверки корректности работы функционала, который уже тестировался ранее. Для проведения этого вида тестирования используются ранее созданные тестовые наборы. Когда на тестирование поступает новая версия программы, эти наборы анализируются и на основе этого анализа формируются новые тест-кейсы, которые направлены на тестирование только измененных элементов программы. Выделяют три основных типа регрессионного тестирования: регрессия ошибок, регрессия старых ошибок, регрессия побочного эффекта.

В данной работе рассматривается метод, формирующий новый тестовый набор для регрессии ошибок и побочного эффекта. Для проверки регрессии старых ошибок достаточно хранить и пополнять множество тестов, которые обнаруживали ошибки в предыдущих версиях программы.

Описание проектируемой системы

Важной частью процесса тестирования является его документирование. В тестовой документации описываются все тестируемые элементы, конфигурации тестового окружения, тесты, результаты выполнения тестов, а так же вся необходимая информация по провалившимся тестам (информация, которая необходима для локализации ошибки). В настоящей работе рассматривается документация по стандарту IEEE 829. По этому стандарту она состоит из: test Plan, test Design Specification, test Case Specification, test Procedure Specification, test Incident Report, test log, test Summary Report.

Применение данной структуры документов дает возможность:

- систематизировать данные по процессу тестирования;
- получить полную информацию по результатам тестирования;
- показать заинтересованным лицам в каком состоянии находится разрабатываемая система;
- формализовать процесс тестирования.

Формирование тестового набора

Для исследования предлагается новый метод регрессионного тестирования. Для формирования нового регрессионного тестового набора планируется использовать данные из входной тестовой документации, которые специально добавляются в стандартные документы по тестированию и исключать тесты, участки кода которых не были затронуты изменениями по исправлению найденных дефектов при первоначальном тестировании.

Для этого необходимо:

- внести изменения в структуру документов, прилагающуюся к процессу тестирования (в документ «Спецификация тестируемой функциональности»);
- при получении новой версии продукта на тестирование, описанные выше документы автоматически анализируются тестовым фреймворком;
- на основе данных из предыдущего пункта формируется файл, в котором указано множество тестов, которые необходимо выполнить для проверки корректности работы программы после внесенных изменений;
- если при работе по устранению найденных дефектов был затронут функционал, не связанный напрямую с этими дефектами, или были внесены изменения, не связанные с их исправлениями, то формируется отдельный файл с описаниями тест-кейсов, необходимых для их проверки.

Применение данного метода позволяет сократить время на анализ тестового набора и не пропустить тесты, которые могут обнаружить ошибку в новой версии программы. Но время отбора тестов по этому методу может занимать много времени и у тестировщика не всегда есть возможность для выполнения всех необходимых действий. Для решения этой проблемы предлагается автоматизированная система, позволяющая формировать новые регрессионные тестовые наборы и заполнять отчетную документацию по процессу тестирования.

Автоматизированная система

Система состоит из четырех модулей:

- Модуль управления. В нем находятся все входные данные для тестирования и настройки. Он организует работу всех остальных модулей.
- Модуль логирования. Он собирает и сохраняет все данные о выполнении автоматизированных тестов
- Модуль заполнения документации. Он заполняет определенные документы данными из модуля логирования.
- Модуль формирования тестового набора. Он формирует новый тестовый набор на основе данных полученных из модуля логирования и входной документации.

В начале тестирования модуль управления выкачивает последнюю версию всех входных данных (тесты, окружение, документация и т.д.) и запускает все необходимые тесты на тестовом сервере. Вместе с тестами запускается модуль логирования, который собирает и записывает всю информацию о ходе тестирования. После выполнения всех тестов сначала запускается модуль создания отчетной документации, который заполняет все необходимые документы по процессу тестирования, а потом модуль формирования регрессионного тестового набора, который на основе результатов тестирования и данных во входной документации отбирает тесты, которые необходимо будет выполнять при следующем тестировании.

Применение данной системы позволяет:

- сократить время на формирование тестового набора;
- создавать свой отчет по процессу тестирования;
- получать полную отчетную документацию;
- собирать всю необходимую информацию о провалившихся тестах.

ЗАДАЧИ ИМИТАЦИОННОГО ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И.В. Духан

факультет Прикладной математики и кибернетики

Первоначальной основой любого моделирования является собственное математическое моделирование [1]. Определим математическое моделирование как метод исследования процессов или явлений путём построения их математических моделей и исследования этих моделей. В основу метода положена идентичность формы уравнений и однозначность соотношений между переменными в уравнениях оригинала и модели, то есть их полные аналогии (нельзя путать математическое моделирование с теорией моделей, которая является пограничной между математической логикой и алгеброй и является довольно абстрактным инструментом). Появление математического моделирования, как самостоятельного раздела прикладной математики следует отнести к началу 60-х лет прошлого века. В первую очередь это следует объяснить появлением достаточно мощных вычислительных средств. Математическая модель определена как система математических соотношений, описывающих изучаемый процесс или явление. Для разработки математических моделей можно использовать любые математические средства – язык дифференциальных или интегральных уравнений, теорию множеств, абстрактную алгебру, математическую логику, теорию вероятностей и другое. Процесс разработки математической модели это и есть математическое моделирование. Это самый общий и наиболее употребляемый в науке метод исследования.

В свою очередь физическая модель позволяет более полно воспроизводить свойства исследуемых систем, чем математическая модель, опирающаяся, как правило, на идеализированные математические описания объекта. При этом условием реализации подобия является равенство соответствующих критериев, содержащих комбинации значений физических параметров, характеризующих исследуемый объект или процесс в природе и на модели. Физическое моделирование целесообразно использовать при исследовании таких сложных систем, для которых либо невозможно, либо очень сложно дать достаточно точное математическое описание их функционирования, а экспериментальное получение параметров невозможно (например, при исследовании систем на граничных режимах в условиях больших возмущений). Применительно к сетевой тематике под физической моделью следует понимать детальное описание топологии сложной сети (совокупность узлов, телекоммуникаций, алгоритмов управления, географического местоположения) интенсивность трафика, особенности аппаратных и программных решений и т.д. По-видимому, в рамках возможного необходимо использовать рациональную совокупность математической и физической моделей – комплексную модель.

Известно достаточно много комплексных моделей, таких как: экономическая модель, модель производства, модель систем массового обслуживания, модель распознавания образов и т.д. и т.д.[1].

Необходимо обозначить понятие имитационного моделирования как метода исследования, заключающегося в имитации на цифровой вычислительной системе процесса функционирования схем, алгоритмов или структур с целью определения правильности проекта и его качества. Сущность метода имитационного моделирования состоит в разработке алгоритма и кода программы процесса функционирования определённой структуры с учетом выбранного уровня детализации и его испытаний для получения нужных внутренних характеристик этой структуры. Ха-

рактерно, что получение формульных или графических зависимостей искомых параметров в данном случае (сетевые структуры) в условиях случайных изменений требует многократных испытаний, в результате чего необходимо переходить к так называемому вероятностно-статистическому моделированию.

Это означает, что-либо исследуемый процесс, либо возмущающее воздействие на него носит случайный (вероятностный) характер с, как правило, определенным вероятностным законом распределения. В таких условиях можно говорить только о статистических многократных испытаниях с определением искомых параметров в осредненном по всем испытаниям виде [2,3].

Поскольку вся эта модель реализуется в программном коде, то в качестве возмущающего воздействия используется датчик случайных чисел, который имеется практически в любой среде программирования (например, random в среде Pascal). Имитационная модель разрабатывается на основе математической и физической моделей и включает в наш случай имитацию работающей сложной компьютерной сети с переменной структурой. Число испытаний (набор статистики) задаётся программно в виде исходных данных. После ряда испытаний производятся необходимые расчёты, задаваемые математической моделью, производится интерпретация и визуализация результатов в виде численных значений, графиков и т.д.

Итак, при моделировании сложных динамических процессов, таким является процесс функционирования разветвлённой компьютерной сети, необходимо использовать комплексные имитационные, вероятностно-статистические модели, реализуемые с помощью цифровых вычислительных систем [4,5].

Такое моделирование необходимо в том случае, когда натуральный эксперимент невозможен, либо его проведение связано с большими финансовыми, временными, техническими и другими затратами. Например, при выборе оптимального варианта системы необходимо технически реализовать несколько вариантов этой системы, что приведёт к огромным затратам. Применение же вышеуказанного моделирования позволит выбрать оптимум в рамках прогона компьютерной программы, реализующей комплексную имитационную вероятностно-статистическую модель, в нашем случае это модель сложной компьютерной сети с изменяемыми параметрами [6,7].

Список литературы:

1. Энциклопедия кибернетики Т2 – Киев: 1975.-619 с.
2. Орлов А.И. Прикладная статистика. Учебник. –М.: Экзамен, 2006. – 671 с.
3. Дрейлер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия. –М.: Далека, 2007. – 912 с.
4. Senkerik R., Oplatkova Z., Zelinka I., Davendra D. – Synthesis of feedback controller for tree selected chaotic systems by means of evolutionary techniques./ Analytic Programming.// Mathematical in Power Control and Optimization. – 2012, vol. 57, p. 68-77.
5. Milani A.E., Haghifam M.R. An evolutionary approach for optimal time interval determination in distribution network reconfiguration under variable load. // Mathematical and Computer Modelling in Power Control and Optimization. – 2012., vol. 57, p. 68-77.
6. Фаттакова М.И. Анализ многопараметрической стратегии доступа в мультисервисных беспроводных сетях связи. // Электронное моделирование. – 2010., т. 32, № 1, с. 33-35.
7. Чернышев Ю.О., Венцов Н.Н. Генетический алгоритм решения задачи выбора оптимального порядка соединения распределённых отношений. // Электронное моделирование. – 2012., т. 34, № 3, с. 115-122.

АДАПТИВНАЯ ПОХОДКА ШЕСТИНОГО ШАГАЮЩЕГО РОБОТА

В.А. Луцкий

факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

Аннотация

В работе рассматривается актуальная на сегодняшний день задача адаптивного поведения шагающих роботов. Описывается устройство шестиного робота «Шестиног», созданного в Лаборатории Робототехники кафедры ВСиС МИЭМ НИУ ВШЭ и описываются эксперименты, выявляющие особенности адаптивной походки шагающих роботов.

Введение

Шагающие машины занимают значительное место в робототехнике в наши дни. Хотя колесные транспортные средства явно преобладают, известно, что при ходьбе по неподготовленной поверхности существенные преимущества имеют шагающие системы передвижения. Существует несколько определений шагающих механизмов. Если рассматривать механический конструктив, то под *Шагающим механизмом рассматривается как система многих тел, т. е. как система твердых тел, соединенных шарнирами и силовыми элементами*. Если рассматривать только сам процесс передвижения, то под *шагающим механизмом можно понимать механизм, оставляющий в процессе передвижения прерывный след*. Шагающий аппарат при движении использует для опоры лишь некоторые точки на поверхности в отличие от колесных и гусеничных машин, имеющих непрерывную колею. Кроме того, шагающий аппарат существенно меньше повреждает почвенный покров, что может оказаться важным для некоторых районов.

Шестиногий робот (англ. *hexapod*) – один из типов шагающих роботов. Как у большинства машин такого типа имеется “модель в природе” – таракан. Данная конфигурация значительно распространена в робототехнических кругах разработки в силу ряда причин

Шестиногая конструкция обладает симметричной формой и возможностью использования дополнительных опорных ног. Большое количество точек опоры позволяют надежнее удерживаться на неровных поверхностях и позволяют одновременно перемещать до трех ног. Недостатками шестиногой конструкции являются загруженность оборудованием, обслуживающим все шесть ног.

Алгоритмы походки шестиногого робота. Адаптивность

Существует несколько алгоритмов передвижения шестиногого робота. Наиболее распространенные из них :

Алгоритмы 3+3

- Инсектоподобный
- Животноподобный
- Комбинированный

Алгоритмы 4+2

- Инсектоподобный

Алгоритм 5+1 инсектоподобный

В качестве основного алгоритма в работе использован алгоритм Алгоритмы 3+3 «Инсектоподобный»

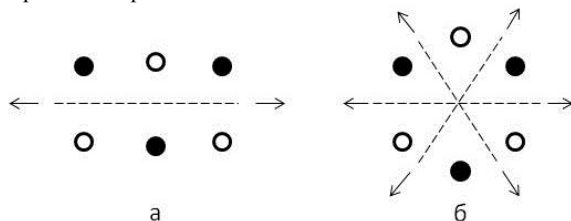


Рис.1. Схема перемещения конечностей при алгоритме 3+3 «Инсектоподобный»

Все классические алгоритмы походки подразумевают заданное заранее положение ног в определенный момент времени. Гораздо более устойчивого положения робота при передвижении и повышения проходимости робота через препятствия можно добиться при использовании адаптивного механизма походки .

Адаптивный алгоритм — алгоритм, который пытается выдать лучшие результаты путём постоянной подстройки под входные данные. Иными словами. Под адаптивным алгоритмом подразумевается алгоритм учитывающий изменение внешних параметров системы. Применительно к шагающей робототехнике существуют следующие группы адаптивных алгоритмов:

- *Алгоритмы, учитывающие изменение числа конечностей и их сочленений*

- *Алгоритмы с учетом неровностей и наклонов поверхности*

- *Самообучающиеся алгоритмы*

Адаптивные алгоритмы, такие как группа *fault tolerant gait* – “терпимые к неисправностям”, позволяют изменять последовательность действий робота при возникновении проблем с функционированием конечностей..

Алгоритмы для заданного числа конечностей описывают возможные действия для перемещения механизма с заранее известными параметрами робота. К таким параметрам относятся число ног робота, число степеней свободы и их направленность. Наличие определенных датчиков позволяет дополнять базовый алгоритм различными функциями и новыми действиями.

Разработка и реализация подобных алгоритмов не тривиальна , требует учета большого числа параметров, для чего необходимо большое число датчиков. Поэтому в данной работе будет рассматриваться передвижение шагающего робота по классическому алгоритму «3+3» Инсектоподобному с использованием двух элементов адаптивного поведения - выравнивания на месте и определения вертикального положения конечностей по датчикам касания.

Робот «Hexapod»

Для исследования адаптивной походки шестиного шагающего робота в Лаборатории Робототехники кафедры ВСиС МИЭМ НИУ ВШЭ был изготовлен шестиногий шагающий робот Hexapod.

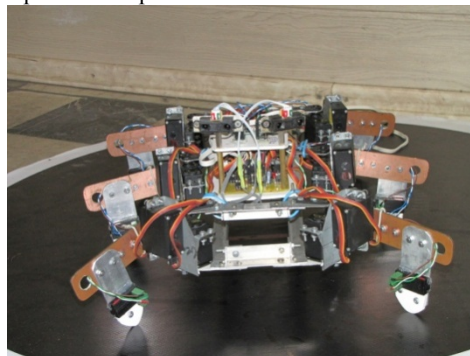


Рис.2. Робот “Hexapod”

Основа корпуса робота – 2 прямоугольные пластины из алюминиевого уголка размером 140x290 мм. К основе корпуса на гибких металлических скобах прикреплены 6 модулей конечностей. Модуль конечности состоит из двух сервоприводов, реализующих перемещение конечности по 2 степеням свободы и собственно конечности (ноги). Конечность представляет собой две пластины (алюминиевую и стеклотекстолитовую), соединенные под прямым углом двумя болтами с гайками. На концах каждой ноги закреплены кнопки - датчики касания.

Сверху на основе корпуса закреплены 2 платы а контроллеров и датчики- два датчика - дальномера и акселерометр.

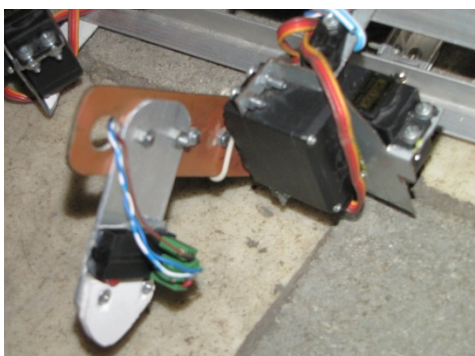


Рис.3. Модуль конечности

Режимы передвижения робота «Hexapod»

Для поведения экспериментов было реализовано 4 основных типа походок робота:

1) «Простая походка» - реализация классического алгоритма «3+3» с заранее заданными положениями ног по вертикали и горизонтали

Программа управления роботом последовательно читает из файла сценария макрокоманды с заранее прописанными положениями ног по вертикали и горизонтали, преобразует их в микрокоманды (в соответствии с протоколом прошивки МК) и отправляет на контроллер на выполнение.

2) «Простая походка с выравниванием» - реализация классического алгоритма «3+3» с заранее заданными положениями ног по вертикали и горизонтали и выравниванием положения робота по горизонтали по показаниям акселерометра перед каждым движением.

Перед каждым движением считываются показания акселерометра, и если ни выходят за порог равновесия, определенный по спецификации используемого акселерометра, то положение конечностей робота корректируется. До тех пор, пока по показаниям акселерометра не настанет положение равновесия робота. После этого корректирующее число для каждой ноги запоминается и при отправке соответствующей микрокоманды на контроллер, прибавляется к целевому положению ноги. В остальном алгоритм не отличается от «Простой походки»

3) «Адаптивная походка» - реализация алгоритма «3+3» с адаптивным определением положения ноги по вертикали.

В этом алгоритме горизонтальное перемещение ног происходит по описанному ранее способу. Вертикальное перемещение конечностей происходит адаптивно. При опускании конечности происходит считывание датчика касания поверхности. Если показания датчика = 0 (нет касания) происходит формирование микрокоманды опускания соответствующей ноги на минимальную величину коррекции, отправка микрокоманды на выполнение. Если показание датчика=1 (есть касание), то опускание конечности прекращается.

4) «Адаптивная походка с выравниванием» - алгоритм «3+3» с 2 элементами адаптивности- выравниванием положения на месте и адаптивным определением положения ноги по вертикали.

Эксперименты

Для проведения экспериментов был создан полигон с ровным участком и 2 типами препятствия- множеством небольших препятствий-кочек и длиной наклонной плоскостью

В каждом эксперименте было исследовано поведение робота при одном из 4 видов походок: «Простая походка», «Простая походка с выравниванием», «Адаптивная походка» и «Адаптивная походка с выравниванием».

В результате экспериментов было установлено:

1. Самой быстрой по скорости является Простая походка. Робот очень быстро преодолел ровный участок пути, однако потерял равновесие на наклонной плоскости и застрял (зацепился корпусом за препятствие) на кочках.

2. При Простой походке с выравниванием Робот быстро, но несколько медленнее чем в предыдущем эксперименте преодолел ровный участок пути, уверенно прошел наклонную плоскость, но опять не смог пройти кочки, сначала потеряв равновесие, а потом застряв на ордой из них.

3. При адаптивной походке робот довольно медленно прошел ровный участок, с небольшой потерей равновесия, прошел наклонную плоскость, после этого уверенно прошел первые 2 кочки, но потерял равновесие на последующих. Тем не менее, весь полигон был пройден.

4. Робот довольно медленно прошел ровный участок, уверенно преодолел наклонную плоскость и прошел почти все кочки, потеряв равновесие лишь в самом конце трассы. Весь полигон был пройден.

Заключение

Одной из главных задач шагающей робототехники является преодоление препятствий при передвижении по неровной поверхности. Как показали проведенные эксперименты, для лучшей проходимости следует применять адаптивные алгоритмы передвижения. Чем больше адаптивных элементов в алгоритме походки- тем лучше проходимость шагающего устройства.

Тем не менее адаптивные алгоритмы имеют и свои недостатки в виде не самой высокой скорости передвижения (по сравнению с неадаптивными алгоритмами) и сложной реализации.

Список литературы:

1. Amol Deshmukh under the guidance of Prof. C. Amarnath. B.Tech. Seminar Report Robot Leg Mechanisms. - Department of Mechanical Engineering Indian Institute of Technology, 2006
2. Медиапортал о робототехнике. – <http://asar.myl.ru/index/0-47>

ПЕРЕХОДНАЯ СХЕМОТЕХНИКА КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СХЕМ ПАМЯТИ С ПРОЕКТНЫМИ НОРМАМИ 10-20 НМ

И.П. Попович
факультет Информационных технологий и вычислительной техники

В данной работе описывается процесс разработки элементарной базы энергоэффективных схем памяти с применением переходной схемотехники.

Цель

Основная цель работы – повышение энергоэффективности структур быстродействующих схем памяти с нанометровыми размерами.

Актуальность

Научно-исследовательская работа соответствует приоритетному направлению федеральной целевой программы инновационной России «Национальная технологическая база», в частности подпрограмме «Развитие электронной

компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008-2015 годы.

Транзисторная схемотехника близка к застойной стадии, что означает необходимость поиска оптимальной замены, в роли которой с успехом может выступать переходная схемотехника.

Научная новизна и значимость

Беря за основу более рациональную и прогрессивную переходную схемотехнику, удалось получить бистабильные ячейки памяти, обладающие повышенными характеристиками. Проектирование на таких бистабильных ячейках позволяет уменьшить энергопотребление схем памяти, что в свою очередь способствует уменьшению теплоотдачи, позволяя сократить затраты на охлаждающие системы. Использование переходной схемотехники позволяет в среднем сократить на 30% количество полупроводниковых областей, полупроводниковых переходов и соединений (рис.1), тем самым избавляя бистабильную ячейку памяти от избыточности транзисторной схемотехники.

Слоистая реализация бистабильной ячейки памяти позволяет с небольшими затратами создавать промышленные образцы.

Практическая значимость

Малый топологический шаг и наилучшие способы компоновки логических частей на основе сгенерированной структурной формулы в переходной схемотехнике, позволяет получать схемы памяти с малым энергопотреблением

- информационная плотность более 10^{10} бит на квадратный сантиметр полупроводникового кристалла;
- линейные размеры наноструктуры $110 \times 30 \times 73$ нм³;
- средняя задержка записи/считывания 30-40 пс;
- рабочая частота матрицы памяти наноструктуры 10 ГГц;
- малослойность (1-3 слоя), что позволяет использовать нынешние технологические процессы для изготовления

Заключение

- Научно-исследовательская работа является частью направления по разработке элементной базы для компьютеров. Применение переходной схемотехники в проектировании позволяет заметно сократить отставание и даже вырваться в лидеры Российской Федерации в области разработки технологически сложных электротехнических устройств при наличии соответствующих производств.

- НОЦ N3D МИЭМ НИУ ВШЭ применяет новые идеи и концепции разработки элементной базы компьютеров и схем управления общего и специального назначения. Предлагает инженерно-научное сотрудничество для модернизации электронной промышленности с применением нанотехнологий и новых технических идей.

- Накопление опыта работы с переходной схемотехникой позволяет перейти на качественно новый уровень создания и анализа сложных электронных устройств, построенных на логических элементах и элементах памяти.

- Энергоэффективность повышается за счёт малых размеров структур, а так же меньшего количества соединений, p-n переходов и полупроводниковых областей. Учитывая количество элементов размещающихся в схеме это даёт значительное уменьшение энергопотребления по сравнению с транзисторной схемотехникой.

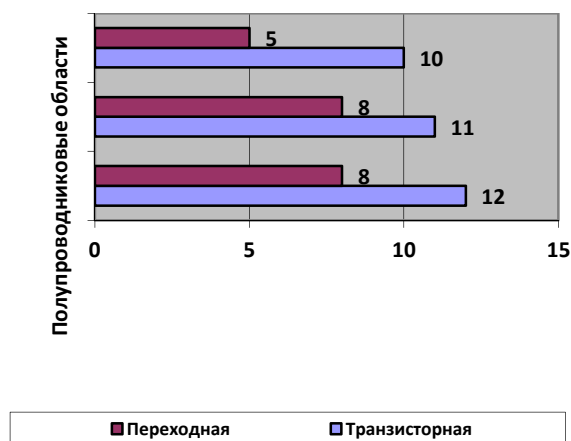


Рис. 1. Сравнение переходной и транзисторной схемотехник

Список литературы:

1. Заявка № 2010119999 от 19.05.2010 на изобретение. Федеральная служба по интеллектуальной собственности патентам товарным знакам Орлов П.В., Попович И.П., Трубочкина Н.К.
2. Трубочкина Н.К. Схемотехника ЭВМ. М: МИЭМ, 2008, 256с.
3. Трубочкина Н.К., Мурашев В.Н., Петросян Ю.А., Алексеев А.Е. Функциональная интеграция элементов и устройств. Электронная промышленность, 2000, № 4, с.70-88
4. Трубочкина Н.К. Переходная 3D наносхемотехника – новая концепция и новое качество в создании трехмерных интегральных схем. Качество. Инновации. Образование. М. 2009, вып.4.

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Д.А. Мурашев

факультет Прикладной математики и кибернетики

В рамках разработки автоматизированной системы управления технологического процесса ионно-плазменного напыления было разработано программное обеспечение, состоящее из базы данных и интерфейса пользователя, осуществляющее сбор, хранение, анализ, поиск и вывод информации о проведенных процессах ионно-плазменного напыления. Предложен алгоритм расчёта допустимых диапазонов изменения параметров технологического процесса.

Алмазоподобное покрытие может применяться в различных отраслях промышленности: от машиностроительной (жаропрочные покрытия для оборудования топливно-энергетического комплекса, автомобильной, авиационной, космической и судостроительной промышленности; износостойкие, антифрикционные покрытия для обрабатываемого и измерительного инструмента; многослойные покрытия для трубопроводов, листовых материалов в качестве защиты от коррозии; многослойные оптические покрытия для оптики, плоских экранов и т.д.) до медицинской (биосовместимые покрытия для имплантатов) и др.

Процесс напыления покрытий ионно-плазменным методом сложен и многогранен, требует дополнительных

исследований и обобщения опыта, накопленного в ходе экспериментов с различными объектами.

Технология ионно-плазменного нанесения покрытий относится к вакуумным технологиям, позволяющим получать покрытия с уникальными свойствами, недостижимыми при стандартных условиях, предполагает обработку покрытий пучком газовых ионов, модифицирующим состав и структуру напыленного слоя непосредственно в процессе нанесения покрытия. Обработка поверхности изделия низкоэнергетичным пучком газовых ионов обеспечивает высокую прочность сцепления покрытия с защищаемой поверхностью, увеличение износостойкости и коррозионной стойкости, что значительно расширяет область ее применения по сравнению с общепринятым методом вакуумно-плазменного напыления.

Результатами экспериментов для каждого типа объектов являются рекомендации определенных типов покрытий и стандартные алгоритмы их нанесения.

За время функционирования ионно-плазменной установки (ИПУ) было накоплено большое количество информации о ходе процесса напыления покрытия на объекты разных типов, однако до настоящего времени информация хранилась в недоступной для автоматизированной обработки и систематизации форме, вследствие чего возникла необходимость создания автоматизированной системы управления ионно-плазменной установкой.

Целью работы является создание программного комплекса, представляющего собой набор инструментальных средств сбора, хранения и анализа данных для системы автоматизации процесса ионно-плазменного напыления и в ходе ее выполнения решались следующие задачи в рамках разработки АСУ ИПУ:

- систематизация информации о процессах напыления и разработка структуры базы данных, предназначенной для хранения этой информации;
- разработка пользовательского интерфейса, реализующего возможность ввода пользователем опытных данных, поиск и вывод требуемой информации из базы данных;
- выбор статистического метода апостериорной оценки стабильности технологического процесса;
- разработка алгоритма и программы для расчета и визуализации характеристик безопасности технологических процессов в ИПУ;
- разработка алгоритма расчёта диапазонов изменения параметров процесса напыления с точки зрения обеспечения его стабильности;

В ходе выполнения были получены следующие результаты.

1. На основе проведенной систематизации информации о процессах напыления разработана структура базы данных, предназначенной для хранения этой информации;
2. разработаны и программно реализованы алгоритмы валидации введенных пользователем данных с целью поддержания корректности значений, хранящихся в базе данных;
3. разработан пользовательский интерфейс, реализующий возможность ввода пользователем опытных данных, поиск и вывод требуемой информации из базы данных;
4. на основе анализа статистических методов контроля качества технологических процессов разработаны алгоритм и программное обеспечение для апостериорной оценки стабильности технологического процесса и визуализации характеристик безопасности технологических процессов в ИПУ;
5. предложен алгоритм расчёта допустимых диапазонов изменения параметров процесса напыления с точки зрения обеспечения его стабильности.

Перспективной задачей является разработка алгоритмических методов выявления закономерностей (data mining) возникновения дефектов при определенных характеристиках процесса напыления с целью повышения его качества.

Список литературы.

1. Технология Вакуумного напыления. Современные возможности замещения (<http://www.tspc.ru/tech/VACUUM.php>)
2. Основные направления использования вакуумных технологий (<http://www.graton.su/vacuum15.html>)
3. Александров С.И. Устройство для получения алмазоподобного покрытия. Патент РФ № 2095466, 1997.
4. Александров С.И. Устройство для получения алмазоподобного покрытия. Патент РФ № 2105082, 1998.

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ОПИСАНИЯ ОШИБОК ЗАДАВАЕМЫХ ШАБЛОНАМИ

Д.В. Лукьянов
факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Аннотация

Введение: Целью работы заключается в построении методики автоматической генерации текста описания ошибок задаваемых шаблонами.

Метод определения и описания возможных причин вызова ошибки: Для начала необходимо найти шаблонное описание ошибки в исходном коде. Так как описываются, можно сказать, «неординарные» случаи в работе программы, то смело можно утверждать, что вызов функции с шаблонной ошибкой будет выделен в отдельный блок с условием ее вызова.

Если <условие> то { ... Ошибка ... }

Соответственно, для определения причины появления ошибки на экране пользователя необходимо проверить условие, при котором происходит вызов ошибки.

Для примера возьмем простейший случай «Если a>b тогда ...».

В данном случае, необходимо определить, по какой причине «a» может быть больше «b». Так же необходимо определить, места в коде, в которых приходит присвоение и изменение значений переменных «a» и «b».

Для того, что бы наглядно отслеживать возможные причины ошибок и не упустить что-нибудь из виду, попробуем создать пример простой программы, в которой встречается описанное выше условие. Для примеров будет использоваться язык C#.

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{ int a = 0;
  int b = 10;
  if (textBox1.Text != "") {
    try {
      a = Convert.ToInt32(textBox1.Text);
      if (a > 0) { a = (a + 2) / 5; } else a = 0;
      if (a > b) {
        MessageBox.Show("Ошибка: Введено слишком
        большое значение"); }
    }
    catch (Exception ex)
    { MessageBox.Show("Ошибка: Введен не корректный
    формат"); } }
    else { MessageBox.Show("Ошибка: Значение a пусто"); }
  }
}
```

Для определения возможных причин вызова ошибки необходимо проследить все возможные изменения переменной «а». Так как из примера видно, что операции с переменной происходят не линейно, нам необходимо построить граф, для отслеживания возможных изменений.

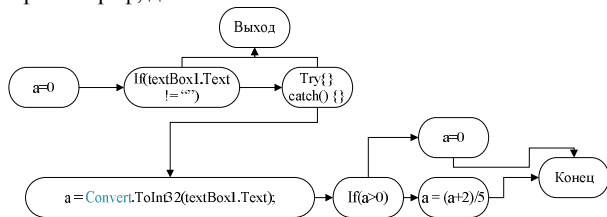


Рис. 1.

Как видно из данного примера, условие может быть как явным (if), так и не явным (try {} catch(Exception ex) {}). В целях экономии памяти, скорости работы и увеличения качества результата, попробуем оптимизировать полученный граф. Как видно из примера выше, существуют проверки, имеющие два или более дальнейших путей. Если один из существующих путей ведет к выводу ошибки, то данную проверку можно исключить из графа, так как, если ошибка была показана на экране, результат данной проверки известен по умолчанию.

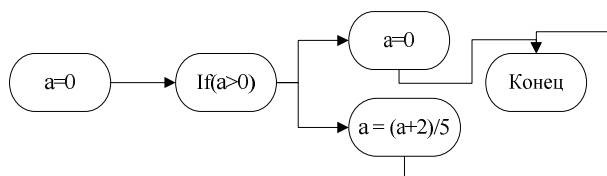


Рис. 2.

Так же попробуем описать возможные варианты развития событий в текстовом виде. Пути, не приводящие к вызову условия нас не интересуют, их описание можно опустить.

Путь 1. $a > 0 \Rightarrow a = (a+2)/5$

Путь 2. $a < 0 \Rightarrow a = 0$.

Если усложнить пример и выделить блок изменений переменной «а» в отдельные функции, то принцип построения графа останется неизменным, но добавление в описание названий функций и классов, в которых происходят изменения, будет полезным, так как чаще всего несет в себе дополнительную информацию о своем назначении.

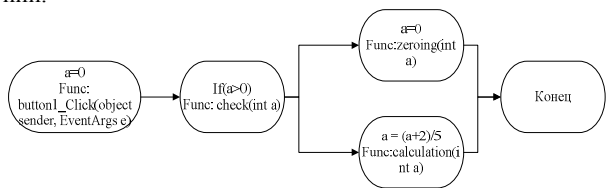


Рис. 3.

Заключение

Разработан общий метод получения описания ошибок задаваемых шаблонами, так же рассмотрен способ представления информации конечному пользователю.

Список литературы:

1. А. Хейлсберг, М. Торгерсен, С. Вилтаут, П. Голд - Язык программирования С# - 4 издание: изд. Питер
2. М. О. Асанов, В. А. Баранский, В. В. Расин - Дискретная математика. Графы, матроиды, алгоритмы: изд. Лань
3. С. И. Ожегов - Словарь русского языка: изд. Оникс
4. Л. Г. Гагарина, В. Д. Колдаев - Алгоритмы и структуры данных: изд. Инфра-М
5. Николаус Вирт - Построение компиляторов: изд. ДМК Пресс

ПОИСК НАИБОЛЕЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ДЕНОРМАЛИЗАЦИИ БД. РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДЕНОРМАЛИЗАЦИИ

Я.И. Безотосный

факультет Прикладной математики и кибернетики

Сегодня большая часть баз данных (БД) разрабатывается и проектируется исходя из принципов нормализации. И не смотря на то, что нормализация является нужным действием при проектировании БД, однако для некоторых систем, таких как, например веб-системы, нормализация вступает в противоречие с требованиями эффективности работы с базой данных. Ряд предыдущих исследований[2, 3] показывают, что для систем подобных веб-системам, денормализация помогает увеличить эффективность за счет ускорения извлечения данных из БД. Тем не менее, денормализованные отношения плохо поддерживают частое обновление данных и поэтому в большинстве систем для которых это может быть критично, денормализация не используется.

В настоящее время отсутствуют общие подходы и основанные на них методики, которые бы позволяли сделать анализ БД и на основе данного анализа подобрать наилучшую стратегию денормализации БД. Под наилучшей стратегией понимается, та стратегия, которая позволит преобразовать структуру БД к виду, при котором время отклика всех запросов будет минимальным. Для поиска наилучшей стратегии, разработчик еще на этапе проектирования должен сам принимать решения о проведении каждой денормализации, основываясь только на своих знаниях и опыте, не имея при этом никаких средств для оценки эффективности проведенной денормализации. Таким образом полученную стратегию нельзя считать оптимальной. Для поиска наилучшей стратегии необходимо определить критерии оценки каждой проведенной денормализации.

В рамках данной работы предлагается использовать следующую функцию $f = \sum v_i * t_i$, где v_i - частота запроса, t_i - время исполнения запроса. Для того чтобы стратегия денормализации была оптимальной, значение данной функции должно быть минимальным. Частота запроса, является весовым коэффициентом, показывает вклад каждого запроса в значение функции. Чем больше частота запроса, тем больше этот запрос нуждается в оптимизации. Частоты запросов берутся из статистических данных для данной системы.

В рамках данной работы предлагается следующий алгоритм поиска наилучшей стратегии денормализации БД. Для нахождения минимального значения предложенной функции первоначально необходимо выделить запросы извлечения данных, таких запросов в веб-системах будет большинство. Если запрос сложный, т.е. выполняется по более чем одному отношению, то можно провести денормализацию. И так проводя поочередно денормализацию для каждого из запросов извлечения, и высчитывая функцию для каждой из вариаций структуры БД, определим минимальное значение функции, и таким образом найдем оптимальную структуру БД.

Для больших систем, где количество отношений и запросов довольно велико, предложенный алгоритм будет крайне не эффективен. В рамках данной работы ведется поиск эвристических алгоритмов и приближенных методов вычисления, которые позволят находить наиболее оптимальное значения предложенной функции в разумное время. Так же ведется исследование вопроса о создании имитационной модели БД, которая может существенно облегчить поиск наилучшей стратегии денормализации БД. Суть

имитационной модели состоит в том, что она позволяет более точно измерять время исполнения запроса, в то время как в реальных системах управления базами данных (СУБД) время исполнения запроса может сильно меняться в зависимости от различных факторов, таких например, как загруженность СУБД, загруженность операционной системы. Такие погрешности в измерениях времени исполнения запроса могут сильно сказаться на поиске наиболее оптимального значения функции.

Параллельно с накоплением теоретических знаний проводится разработка программного продукта, реализовывающего разрабатываемые методы и алгоритмы поиска наиболее оптимальной стратегии денормализации. Программный продукт представляет собой подсистему СУБД, принцип работы которой заключается в собирании статистики исполнения запросов и вычислении наиболее оптимальной структуры БД. Таким образом разрабатываемая подсистема позволяет подстраивать структуру БД под испытываемую нагрузку.

В результате исследований планируется получить набор методов и алгоритмов, которые позволят находить наиболее оптимальную стратегию денормализации как для малых систем, так и для больших. Так же в результате будет описана имитационная модель БД, которая позволит избежать погрешностей в измерении времени выполнения запросов к БД. Впоследствии полученные теоретические результаты будут использованы в разрабатываемом программном продукте. Востребованность в разрабатываемой подсистеме будет велика, в следствие того, что она не только будет позволять находить наиболее оптимальную структуру БД, но и еще подстраивать эту структуру к изменениям нагрузки на БД.

Список литературы:

1. R. Barquin, Edelstein, H., Planning and Designing the Data Warehousing, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1997.
2. Кунгурцев А.Б., Анализ целесообразности реструктуризации базы данных методом введения нисходящей денормализации. Тр. Одесск. Политехн. Ун-та. Одесса, - 2006. - 1(25). - С.104-108.
3. Зиноватная С.Л. Анализ информационной системы для принятия решения о выполнении восходящей денормализации // Сборник научных трудов 4 семинара "Информационные системы и технологии", - Одесса, 2006 - с. 14-18.
4. Morteza Zaker, Somnuk Phon-Amnuaisuk, Su-Cheng Haw Hierarchical Denormalizing: A Possibility to Optimize the Data Warehouse Design // International journal of computers issue 1, volume 3, 2009
5. Heeseok Lee Justifying database normalization: a cost/benefit model // Information Processing & Management, Vol. 31, No. 1, pp. 59-67, 1995

РЕАЛИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ В УСЛОВИЯХ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

О.Р. Попова

факультет Электроники и телекоммуникаций

В статье рассматривается современное состояние информационных технологий в управлении промышленным предприятием. Основное внимание уделяется принципу формирования современной автоматизированной системы

управления предприятием, а также проблемам развития информационных технологий на российских предприятиях.

Современная эпоха развития производственной деятельности проходит под эгидой CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support - непрерывное сопровождение и поддержка жизненного цикла изделий) – концепции развития информационных технологий.

CALS - это стратегия повышения эффективности бизнес-процессов, выполняемых в ходе жизненного цикла (ЖЦ) изделия, за счет информационной интеграции, преемственности и обмена на всех стадиях ЖЦ. Цель концепции CALS - повышение конкурентоспособности изделия за счет его сопровождения на всех стадиях ЖЦ

Применение технологий CALS основано на использовании единого информационного пространства (ЕИП) для всех участников жизненного цикла изделия, включая потребителя (рис. 1).

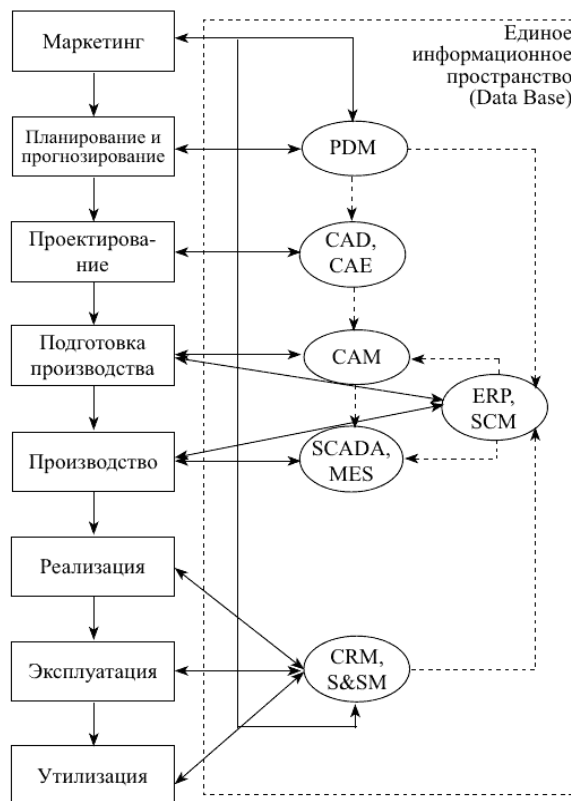


Рис. 1. Единое информационное пространство предприятия

ЕИП представляет собой совокупность распределенных баз данных, в которой действуют единые, стандартные правила хранения, обновления, поиска и передачи информации, через которую осуществляется безбумажное информационное взаимодействие между всеми участниками жизненного цикла изделия. При этом однажды созданная информация хранится в интегрированной информационной среде, не дублируется, не требует каких-либо перекодировок в процессе обмена, сохраняет актуальность и целостность.

ЕИП должно обладать следующими свойствами:

- электронное представление, основанное на принципах единой базы данных всего предприятия;
- комплексность, полная информация об изделии;
- исключение прямого обмена данными между участниками ЖЦ.

В России, в отличие от технологически развитых стран, существуют определенные особенности реализации информационной инфраструктуры, которые существенным образом замедляют внедрение CALS-технологий в управление бизнес-процессами:

- отсутствие отечественной нормативной базы, позволяющей перейти от традиционных процессов проектирования, производства, испытаний и т. д. к методам электронного взаимодействия и обмена данными;
- слабое понимание преимуществ и потенциального эффекта, достигаемого за счет использования CALS-технологий;
- низкая квалификация специалистов в области CALS-технологий;
- отсутствие развитого рынка услуг в области CALS-технологий;
- недостаток финансовых ресурсов на создание инфраструктуры для реализации CALS-технологий и отсутствие государственной поддержки;
- существенные различия в области отраслевых стандартов и др.

Показательно, что низкая эффективность использования CALS характерна для предприятий с разными финансовыми возможностями, как с высокой, так и с низкой вооруженностью современными средствами САПР/PDM/ERP. Общая ситуация с их применением за последние годы не стала лучше, несмотря на наработку определенного отечественного опыта, а также на наличие успешного опыта зарубежного машиностроения.

Российским предприятиям не остается ничего другого, как внедрять импортные информационные системы (ИС). Однако принимая во внимание, что средняя стоимость одного рабочего места в такой системе колеблется в диапазоне 10 000-35 000 долл., можно с уверенностью утверждать, что в обозримом будущем отечественные промышленные предприятия не будут иметь достаточных ресурсов для полномасштабного развертывания информационных систем. Поэтому для российских предприятий наиболее приемлемым будет постепенное наращивание уровня автоматизации управления.

Механизм разработки CALS-системы предопределяет эффективность внедрения CALS-технологий. Необходимо выделить следующие основные этапы внедрения CALS-технологий в деятельность предприятия:

1. Разработка концептуальной модели CALS-системы. Общие принципы идеологии CALS достаточно хорошо известны и описаны. Однако методология разработки и создания CALS-систем фактически отсутствует. Именно поэтому начинать необходимо с разработки концептуальной модели CALS-системы, учитывающей как системологию CALS, так и специфику бизнес- и информационных процессов на предприятии.

2. Разработка политики создания и внедрения CALS-системы, определяющей основные принципы внедрения и использования программно-технических средств и информационных компьютерных технологий всеми подразделениями предприятия.

3. Разработка и создание системы информационного обеспечения.

4. Создание структурного подразделения по CALS, непосредственно занимающегося реализацией всех CALS-проектов.

Процесс внедрения CALS-технологий (рис. 2) должен привести к созданию ЕИП предприятия, а интегрированная

информационная система будет являться материальным воплощением ЕИП и охватывать все этапы жизненного цикла изделия.

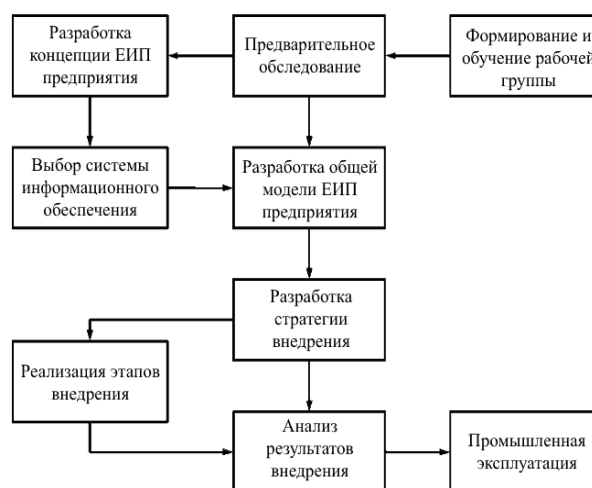


Рис. 2. Методика внедрения CALS-технологий

Создание изделий на принципах CALS позволит улучшить качество изделия, сократить материальные и временные затраты на проектирование и изготовление, снизить затраты на эксплуатацию, повысить ремонтпригодность, адаптировать изделие к меняющимся условиям эксплуатации и т. п., что в итоге приведет к росту конкурентоспособности производимой продукции, а также к повышению конкурентного статуса предприятия-изготовителя.

Список литературы:

1. Головки М. Эффективное использование CALS требует перехода от внедрения CALS-технологий к созданию CALS-систем: Материалы VI Международной научно-практической конференции «Компьютерные технологии сопровождения и поддержки наукоемкой продукции на всех этапах жизненного цикла», 28 ноября 2002 г. Москва.
2. Ковшов А. Н., Назаров Ю. Ф., Ибрагимов И. М., Никифоров А. Д. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы системы и технологии CALS/ИПИ: учеб. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 304 с.
3. Увайсов С.У., Попова О. CALS-современные технологии управления жизненным циклом продукта / В кн.: Надежность и качество-2012: труды Международного симпозиума: в 2-х т. / Под общ. ред.: Н.К. Юрков. Т. 2. Пенза: Пензенский государственный университет, 2012. С. 462-463.
4. Инновационные информационные технологии. Материалы международной научно-практической конференции / Отв. ред.: И. Иванов, Л. Агеева, Д. Дубоделова, В. Еремина; под общ. ред.: С.У. Увайсов. М.: МИЭМ, 2012.
5. Увайсов С.У. Применение ипи (CALS)-технологий для повышения качества и конкурентоспособности наукоемкой продукции / В кн.: Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: материалы международной научно-технической конференции / Отв. ред.: И.А. Иванов; под общ. ред.: С.У. Увайсов. М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2012. С. 214-215.
6. <http://www.cals.ru/>
7. <http://www.sapr.ru/>

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

И.С. Турунтаев

факультет Прикладной математики и кибернетики

Системы компьютерной алгебры давно стали неотъемлемой частью любой работы, так или иначе связанной с объемными вычислениями. Такие системы позволяют не только существенно сократить время, отводимое на непосредственные вычисления, но и структурировать и систематизировать их, быстро исправить результат в случае выявления логических ошибок и многое другое.

Особый интерес представляет использование систем компьютерной алгебры в качестве отдельного вычислительного модуля при разработке интерактивных систем обучения или тестирования. В данном случае к системам предъявляются определенные требования во многом определяемые конкретными необходимостями функционала. Все эти требования можно разделить на несколько групп:

- требования, связанные с доступностью данной системы компьютерной алгебры для большого числа пользователей (возможно, индивидуальных)
- требования к организации обмена информацией с системой
- требования к функционалу системы

В зависимости от области применения разрабатываемой системы соответствующим образом распределяются приоритеты между данными группами и внутри них. Практически всегда возникает вопрос о стоимости использования той или иной алгебраической системы. Подобного рода систем существует уже достаточно много, наиболее известные из них – Wolfram Mathematica, MatLab, Maple. Однако, указанные две системы требуют покупки лицензионного соглашения, дающего право использования системы в исследуемых целях. Так встает вопрос об альтернативах. И этот вопрос требует серьезного внимания. К примеру, Wolfram Mathematica — продукт, заслуживший хорошую репутацию, поддерживаемый группой разработчиков. Использование такого продукта более надежно, пользователь имеет некие гарантии, может надеяться на подробную документацию. В свою очередь продукты, распространяемые на бесплатной основе, зачастую не могут предоставить таких гарантий. С другой стороны, если система для вычислений выступает лишь в роли вычислительного модуля некоторого более общего разрабатываемого продукта, то целый ряд функциональных возможностей крупных систем, таких как Mathematica или MatLab, просто отпадает за не надобностью. Так, например, для данной задачи совершенно неважно, насколько удобен графический интерфейс системы, предоставляемый ею для общения с конечным пользователем, так как все общение с ней будет осуществляться на программном уровне.

В качестве альтернативных систем компьютерных вычислений предлагаются к рассмотрению системы Reduce Algebra и Sage. Данные программные продукты распространяются на бесплатной основе, по соответствующим лицензионным соглашениям. Обе эти системы покрывают многие области математики, среди которых — алгебра, матанализ, комбинаторика, вычислительная математика и пр. Тем не менее, каждая из них имеет свою направленность и лучше подходит для решения определенного класса задач.

В работе исследуется целесообразность использования той или иной системы компьютерной алгебры. Проведен сравнительный анализ систем Wolfram Mathematica,

Reduce Algebra и Sage. В рамках проведенного исследования интерес представляли следующие свойства систем:

- лицензия (возможность использования в качестве модуля интерактивной системы, доступ к которой может иметь некая группа пользователей или любой в сети интернет)
- способы программного взаимодействия (наличие библиотек, API, язык, используемый в системе)
- язык написания (в случае систем с открытым исходным кодом)
- наличие средств работы с изображениями и свойства этих средств
- форматы вывода данных (форматы TeX, MathML, Fortran и т. п.)
- поддерживаемость (регулярность выхода обновлений, bug fixes, документация и т. п.)
- скорость обработки определенных данных

Конкретной целью данного исследования являлось выявление альтернативы пакету Mathematica, наиболее подходящей для использования в интерактивных системах обучения. В процессе исследования выяснилось, что система Sage обладает рядом удобных свойств, среди которых — наличие полноценного интерфейса командной строки на основе python, соединение с базами данных, мощные графические средства. Тем не менее, Reduce оказался более подходящим для использования в системе обучения. Этот пакет обладает внушительным набором реализованных алгоритмов и в целом больше нацелен на производство вычислений, тогда как Sage уделяет больше внимания графической составляющей, что в данном случае является лишним. Как Reduce, так и Sage обладают некоторым недостатком — отсутствие готовой библиотеки для программного общения (хотя в пакете Mathematica таковая присутствует). Обе неспособны выводить данные в формате MathML, но способны в TeX; Reduce предоставляет возможность вывода (и ввода) в формате Fortran, что оказалось весьма полезным свойством. Несмотря на наличие ряда недостатков, использование Reduce в качестве вычислительного модуля системы обучения оправдывается, так как указанные проблемы ведут лишь к некоторому незначительному увеличению времени на разработку системы, но позволяют, в свою очередь, запустить ее в многопользовательском режиме без заключения дополнительных соглашений и покупки соответствующих прав у владельцев платных систем компьютерной алгебры.

СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ГРУППОВОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

В.В. Воробьев

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Аннотация

В данной работе представлена среда, которая позволяет проводить моделирование различных поведенческих алгоритмов из области групповой робототехники.

Введение

При создании групп роботов, возникает трудность оценки правильности их решений в данной ситуации и внесении возможных изменений в алгоритм их принятия. Действительно, написанный поведенческие алгоритмы трудно отладить, отследить его ошибки в механизме принятия решения, если проводить моделирование сразу

на роботах-агентах в реальности. Это обуславливается тем, что:

- Агентов много, и отследить механизм принятия решения каждым агентом, с ростом их числа представляется трудновыполнимой задачей.

- Для того чтобы отслеживать работу агента, его необходимо подключать к терминалу, что ограничивает его действия, и, как следствие, ведет к тому, что в момент его проверки, он будет принимать другие решения, в отличие от тех случаев, когда его не проверяют.

Чтобы избежать вышеуказанных проблем, поведенческий алгоритм необходимо сначала проверять на модели.

В настоящий момент существует множество различных сред, позволяющих проводить симуляцию различных алгоритмов поведения. Однако, одной из особенностей таких программных комплексов является большая сложность перенесения уже написанных в них алгоритмов на реальную платформу.

Поэтому возникает необходимость создать такой программный комплекс, который позволял бы проводить тестирование различных поведенческих алгоритмов, которые, в случае их успешной работы, можно было бы легко перенести на уже существующий робот-агент.

Описание работы среды

Алгоритм загружается в моделирующую среду. Программная среда размещает модели роботов на полигоне и запускает алгоритм. Для каждого агента в системе ведется учет его входных и выходных данных, на основе которых возможно оценить насколько данный алгоритм позволяет принять наиболее верное решение. Система позволяет проводить моделирование, когда у каждой команды свой поведенческий алгоритм. Например, когда одна команда роботов, обладает способностью оценивать возможные действия противника, а другая нет. Это дает возможность сравнивать уже существующие и проверенные решения, с новыми, на предмет того, дает ли новый поведенческий алгоритм возможность принять лучшее решение в сложившейся ситуации.

После анализа результатов моделирования, при необходимости в алгоритм вносятся изменения и цикл моделирования проводится заново. В случае, если нет необходимости вносить изменения, поведенческий алгоритм переносится на реальных роботов-агентов. (Рис. 1).

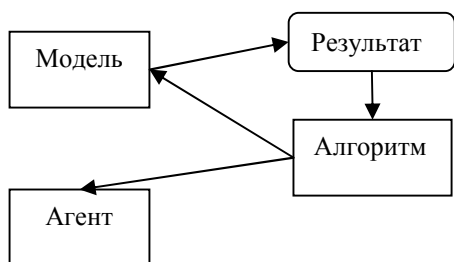


Рис. 1. Схема моделирования поведенческих алгоритмов.

В среду загружен базовый алгоритм выбора цели, основывающийся на оценке расстояния до каждого робота-противника и того, как он повернут относительно робота, который производит данную оценку. На основе этих данных, выбирается робот-противник, расстояние до которого можно преодолеть за минимальное время. Программная среда показывает выбор каждого робота и данные, на основе которых он принял данное решение. (Рис 2.)

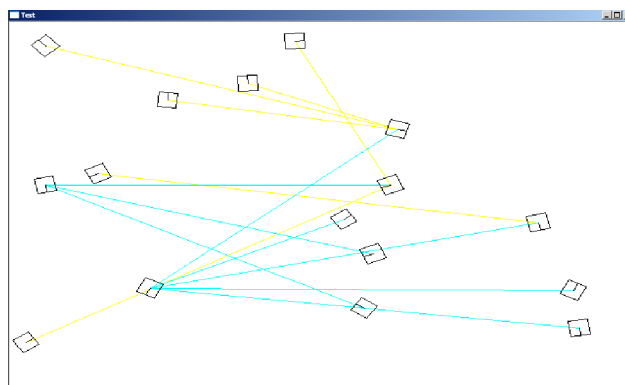


Рис. 2. Пример работы.

Список литературы:

1. И., Поспелов . От амебы до робота. Модели поведения
2. Варшавский В. И., Поспелов Д. А. Оркестр играет без дирижёра -М., Наука, Главная редакция физико-математической литературы 1984

РАЗРАБОТКА И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ ОДНОСЛОЙНЫХ ПЕРЕХОДНЫХ КОМПЛЕМЕНТАРНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И-НЕ

*М.М. Макашев, М.М. Комаров
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

Научный проект включает в себя: поиск и компьютерное моделирование новых однослойных переходных комплементарных биполярных элементов, поиск аналогов на мировом рынке, а также изучение достоинств и недостатков схемы.

Введение

Использование нанотехнологий позволяет уменьшить размеры элементов схемы, уменьшить расходы на производство, повысить её надежность.

Постановка задачи состоит в разработке дешевой схемотехники для суперкомпьютера, чтобы продавать её на мировом рынке.

Разработка данной наноструктуры основывалась на том, чтобы получить максимальные быстродействие и информационную плотность. Для этого использовался один источник питания. Из схемы ТТЛ были убраны резисторы и в логической части была применена переходная схемотехника. За счет этого было увеличено быстродействие.

Недостатки транзисторной ТТЛ с простым инвертором: повышенная потребляемая мощность и не оптимальная информационная плотность.

Обзор аналогов

Логическая функция И-НЕ, которую выполняет ТТЛ с простым инвертором может быть реализована на: ТТЛ со сложным инвертором и ТТЛ с диодом Шоттки, так же для реализации этой функции чаще используют МОП и КМОП транзисторы.

Недостатки ТТЛ со сложным инвертором: большое количество резисторов, низкая информационная плотность, неидеальная передаточная характеристика.

Недостатки МОП схем: ограниченное быстродействие и в сравнение с биполярными схемами более низкая радиационная стойкость.

Разработка модели

Разработка модели начинается с построения математической модели.

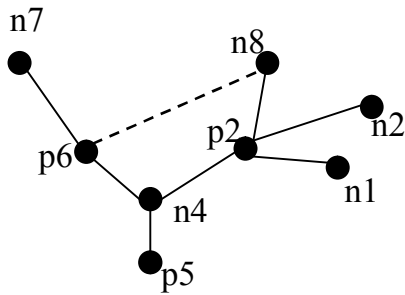


Рис. 1. Математическая модель элемента И-НЕ в переходной схемотехнике

Структурная формула наноструктуры И-НЕ

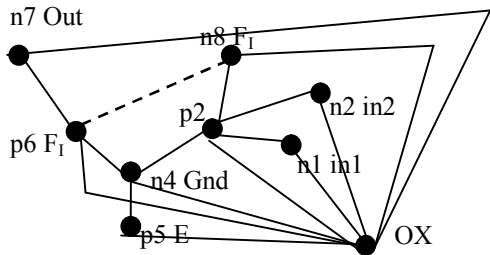


Рис. 2. Структурная формула наноструктуры И-НЕ

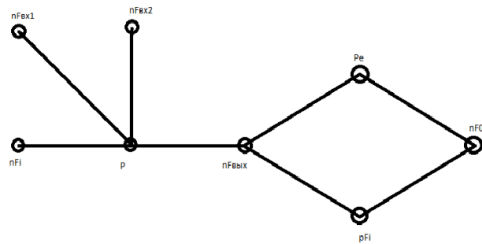


Рис. 3. Математическая модель элемента И-НЕ в переходной схемотехнике

3D модель наноструктуры

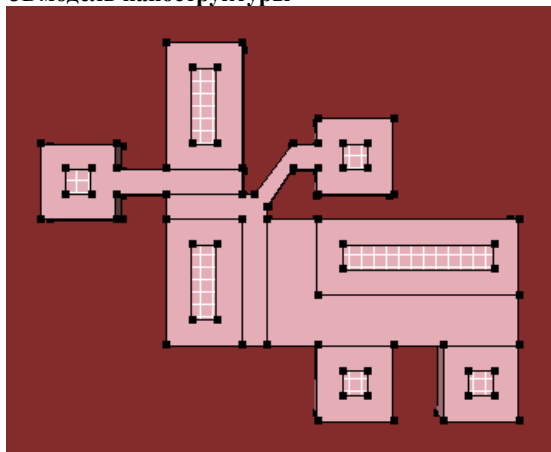


Рис. 4. Структура модели И-НЕ

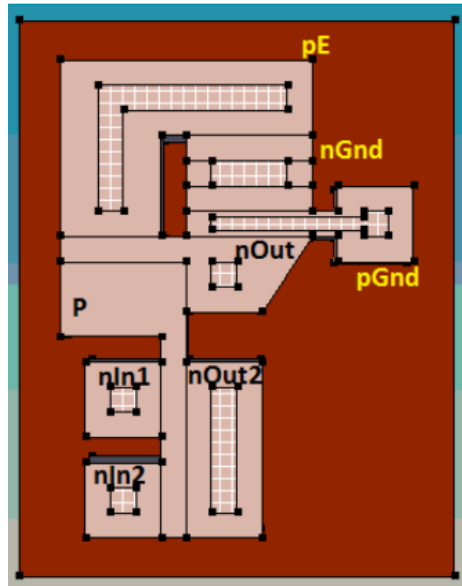


Рис. 5. Структура модели И-НЕ

Результаты физического моделирования модификаций наноструктур И-Не представлены на рис

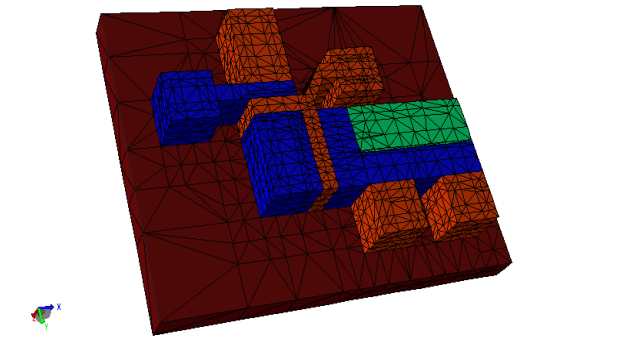


Рис. 6. 3D модель наноструктуры

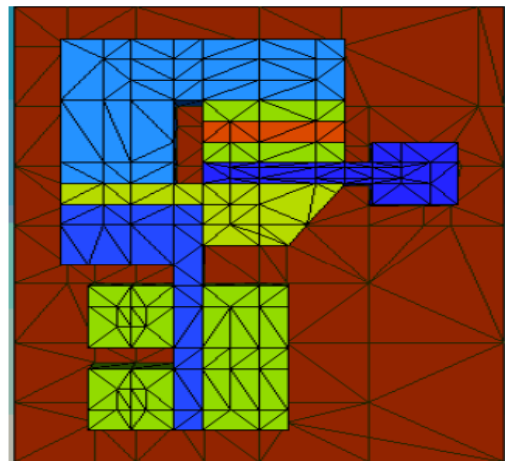


Рис. 7. 3D модель наноструктуры

Результаты физического моделирования данной наноструктуры

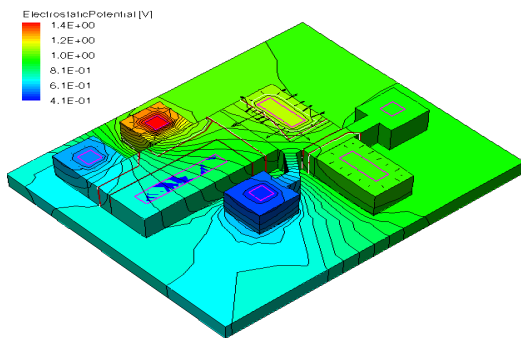


Рис. 8. Результаты физического моделирования данной наноструктуры.

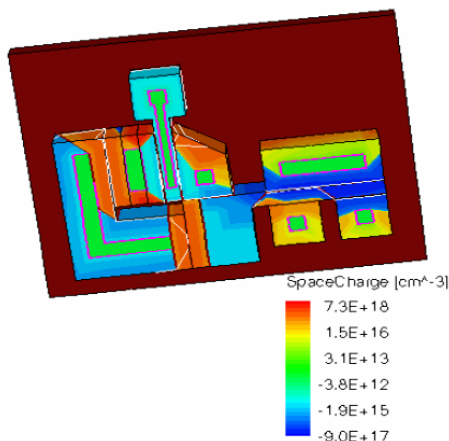


Рис. 9. Результаты физического моделирования данной наноструктуры.

Достоинства данной наноструктуры заключаются в уменьшении площади и увеличения быстродействия.

Заключение

В результате работы была промоделирована структура биполярного элемента И-НЕ на ТТЛ. Предполагается дальнейшее моделирование этих модификаций наноструктур И-НЕ в целях нахождения их оптимальной зоны работоспособности для дальнейшего создания тестовых структур для возможного использования в производстве новых СБИС для быстродействующих и дешевых суперкомпьютеров.

Список литературы:

1. Угрюмов Е.П. «Цифровая схемотехника». СПб.: БХВ-Петербург, 2001.
2. Ю.В. Новиков. «Основы цифровой схемотехники». М.: Мир, 2001.
3. В.В. Корнеев, А.В. Киселев. «Современные микропроцессоры». Изд.2 м.: Нолидж, 2000.
4. Трубочкина Н.К. «Моделирование 3в наносхемотехники» Бином. Лаборатория знаний. 2012.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ WEB-МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

К.А. Макаров
факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Аннотация

В данном докладе проводится анализ того, как разрабатывать системы Web-моделирования способные хранить и передавать данные о модели Web-клиентам. А так же возможность развертывания такой системы с помощью облачных вычислений.

Введение

Внедрение Web-технологий в область моделирования должно упростить использование систем САПР и облегчить многопользовательскую разработку моделей.

И так, начнем с того, что есть репозиторий, Филипп Бернштейн определяет репозиторий как "разделяемую базу данных с информацией об артефактах проектирования, требующую некоторых дополнительных функций управления помимо предоставляемых обычными системами баз данных".

В мире репозитория свойство разделяемости означает, что субъекты, разделяющие репозиторий, - инструментальные средства и системы времени выполнения - должны придерживаться определенных соглашений о форматах хранимых в репозитории объектов, а также представления отношений между объектами. Под артефактами проектирования понимаются данные CASE, управления проектами, системной конфигурации, т. е. компоненты информационных систем, которые описывают информационные системы

Раздел 1: Организация репозитория

Организацию репозитория лучше всего понять через многоуровневую среду. База данных – это огромный взаимосвязанный набор данных, организованных в соответствии с их типом. Следовательно – это двухуровневая концепция, состоящая из сущностей (на нижнем уровне) и информации о типах, выраженной в схеме (на верхнем уровне).

В современных базах данных этот тип информации рассматривается как достаточно важный, чтобы хранить данные о типах в отдельной малой базе данных, именуемой словарем данных. Т.к. словарь данных, это сама-по себе база данных, то она опять же двухуровневая. Поэтому современные базы данных на их месте состоят из двух баз данных: базы для хранения данных приложения, и базы, которая хранит данные о данных приложения (т.н. метаданные).

При использовании унифицированного расчетного модуля в системах САПР необходимость "Движка" (программа прогонки модели) и соответственно "транслятора", фактически отпадает, на их место может встать сегмент также выполняющий роль Внутреннего интерфейса но уже для непосредственного обмена данными с расчетным модулем (формирование входного файла и получение результатов расчетов). Т.е. среда вместо движка будет обладать модулем, который исходя из данных о модели, и команд, получаемых с внешнего интерфейса будет формировать данные для расчетного модуля. А пользовательский интерфейс будет непосредственно связан с Web-интерфейсом системы моделирования. Таким образом моделировщик с одной стороны создает объекты модели для хранения в хранилище объектов MOS а также новые компоненты в MMR для создания из них моделей, а с другой может на основе этих объектов формирует входные данные специального формата (напр. команд для Spice) для расчетного ядра непосредственно или из моделей (объектов), уже находящихся в репозитории.

Сама конечная модель будет описана на с++ (объект типа класс-контейнер). Таким образом внешний пользовательский интерфейс фактически сохраняет за собой исходные функции лишь с незначительными изменениями. Модели, полученные в результате работы пользователя будут храниться в сериализованном виде, это позволит использовать стандартную СУБД для рабочей среды (как для хранилища объектов MOS так и для репозитория MMR), тоже самое относится к данным о ходе и параметрах моделирования, вспомогательной информации. В MMR будут храниться типы компонентов из которых будут создаваться моде-

ли(с возможностью расширения множества этих типов), а также информация и принципе их взаимодействия и т.д.

Благодаря универсальности такой организации репозитория можно осуществлять замену расчетного ядра или создавать несколько независимых расчетных сервисов без изменения структуры самого репозитория и без значительных модификаций системы моделирования в целом, что повышает масштабируемость проекта. Программно реализация такой среды будет представлять нечто следующее: обычный сервис, принимающий запросы, и связанный со своей СУБД, сохраняющий или предоставляющий модели по требованию системы моделирования.

Раздел 2

Развертывание приложения с помощью облачных вычислений

Развертывание и распространение такой системы лучше всего организовать по модели Облачных вычислений.

Наиболее актуальной для нашего случая является модель «программное обеспечение как услуга» или SaaS — бизнес-модель продажи и использования программного обеспечения, при которой поставщик разрабатывает веб-приложение и самостоятельно управляет им, предоставляя заказчику доступ к программному обеспечению через Интернет.

Т.к. приложение разрабатывается на платформе asp .net его облачное развертывание будет проще осуществить при помощи -Windows Azure. Windows Azure упрощает построение интернет-сервисов с использованием технологии .Net, практически полностью снимая с разработчика заботы о настройке таких «мелочей» как сервисы совместного доступа к файлам или масштабирование проекта.

Список литературы:

1. A framework for distributed object-oriented multimodeling and simulation

Robert M. Cubert, Paul A. Fishwick

2. Research and commercial opportunities in Web-based simulation. John Miller, Paul Wishwick, etc. //Simulation Practice and Theory

3. Web-based simulation. Paul A. Fishwick

МЕТОД ПРОВЕРКИ ОТЧЕТНЫХ ДОКУМЕНТОВ О ПРОДЕЛАННОЙ РАБОТЕ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ЗАДАНИЮ НА ПОЛНОТУ

Я.Б. Калачёв

факультет Информатики и телекоммуникаций

В настоящее время любая работа или услуга, по итогам которой одна сторона выплачивает другой деньги обязательно проходит с участием контрольных бумаг, будь то контракты или договоры. Такие бумаги помогают в случае невыполнения каких либо условий или требований одной из сторон. В технической сфере одним из основных документов подобного типа является Техническое задание.

Сейчас почти 90% исполнителей просят у заказчика ТЗ, причем, сами исполнители предлагают свои услуги в его написании за отдельную плату. В ТЗ четко описывается как и что должно быть сделано. Такая постановка исключает споры о нехватки какой то функции или необходимости доработки за бесплатно. Благодаря стандартизации, все ТЗ пишутся по одному ГОСТу, что делает их структурно-понятными для любого человека, который в них разбирается. Зная за что отвечает каждый раздел, можно легко найти интересующую информацию.

Для наблюдения за статусом работы многие заказчики требуют у исполнителя раз в некий период времени высы-

лать им отчетный документ, содержащий сведения о проделанной работе. Такой документ позволяет понять, не идет ли задержка работы и вкладываются ли работы в установленный график. В больших учреждениях и компаниях, где одновременно ведутся работы сразу по нескольким ТЗ читает эти отчетные документы обычно один отдел, или же, один человек.

Таким образом возникает проблема, при которой при замене нескольких человек одним, который справляется с пониманием поверхностной тематики технического задания (состав, разделы, стилистика написания) не может справиться с более углубленными понятиями. Такой человек просто не сможет точно сказать, полон ли отчет, содержит ли он все необходимое, или выполнены ли какие то технические требования.

Многие исполнители пользуются этим и пишут пустые или неполные отчеты в надежде, что проверяющий человек пропустит ошибку и не заметит нехватку пункта. Кроме того, если отчет будет содержать в себе массу «воды» и большое количество текста, то проверяющий человек, для которого время проверки одного отчета ограничено, может просто пропустить или не успеть уловить обман.

Целью моей работы является построение как можно более автоматизированного механизма определения полноты отчета к техническим заданиям. Необходимо минимальная подготовительная работа пользователя, что исключает возможность составления и добавления каких либо словарей терминов, а со стороны пользователя необходимо только указать текст отчета и оригинал технического задания. В случае если программа не сможет дать ответа пользователю должно быть предложено прочитать документы самостоятельно.

Для вычисления полноты отчетных документов мы должны найти в отчете информацию, которая имеет общее смысловое значение с техническим заданием. Так же мы должны понимать, какие задачи были выполнены, какие были поставлены, какие абзацы отчета пустые и созданы для увеличения массовости текста.

Для получения подобной информации было решено использовать коллокации(зависимые словосочетания) по два слова, находящиеся в значимых предложениях. Подобный выбор был обусловлен тем, что ТЗ состоит из маленьких абзацев текста, где вкратце указаны требования, которые очень легко разбить на маленькие словосочетания различной длины. Для нахождения значимых предложений используется список ключевых слов или же словосочетаний, обозначающих требования к системе, поставленные заказчиком. Список этих ключевых слов/словосочетаний поставляется в систему из вне и по возможности пополняется. В этот список можно включить «должна обладать» «должна состоять» «обеспечивать» и т.д. Оригинальное техническое задание просматривается на вступление этих ключевых слов. Каждое встреча обрабатывается отдельно.

Предложения, в которых обнаружилась встреча будем считать значимыми. Дальнейшим действием мы выбираем это предложение, предложение до него(если оно есть и если это не заголовок) и два предложения вперед. Эти предложения мы так же считаем значимыми. Если же после найденного значимого предложение идет перечисление, включаем все перечисление в значимые предложения. Огромное количество важной информации находится именно в перечислении, которое очень легко

Вторым шагом мы разбиваем значимые предложения на значимые коллокации и сохраняются в отдельный список. Коллокации берутся по принципу ближайший с ближайшими. Предварительно из предложения удаляются предлоги, а знаки препинания считаются разделителями между коллокациями Из полученных списков удаляются

все коллокации с частотой встречаемости больше 75% от максимального и меньше 25%. Такое отсеечение позволяет избавиться от мусора и заведомо лишней, часто повторяющийся информации. Этот список является ключевым списком атрибутов текста, по которому мы определяем принадлежность отчетности.

Третьим шагом мы разбираем первый из полученных на вход отчетов. Сначала мы разбирает отчет на абзацы, затем на предложения и части предложений и ищем словосочетания из полученного в пункте 2 списка. При совпадении мы отмечаем данное предложение и присваиваем данному абзацу некую меру. После прохождения всего абзаца у него появляется некая мера встречаемости словосочетаний в предложениях. Эта мера показывает, насколько абзац полон полезной информацией или же, наоборот, насколько он пустой. Так же мы отмечаем, какие словосочетания из каких абзацев оригинального ТЗ мы встретили. Таким образом мы можем понять, о чем в отчете написано и заявлено, а о чем нет.

На основании косинусной меры коллокаций из оригинального ТХ и отчета вычисляем меру схожести двух текстов целиком и по абзацам (по пунктам, в случае ТЗ). Возможно косинусная мера не является лучшей мерой в данном случае, требуется дальнейшие исследования и попытки работы с другими мерами.

Финальной частью работы алгоритма мы сверяем все абзацы по их мерам считаем их количество, количество выполненных требований, количество пустого текста и найденных требований и составляем статистику.

В итоге мы выводим пользователю статистику, как общую схожесть текста, так и процент пустого текста относительно всего текста отчета, коэффициент полезного текста, встреченные и выполненные требования, не найденные требования, а так же, по желанию пользователя, абзацы отчета, которые алгоритм счел похожими на оригинальное техническое задание.

Алгоритм пока что находится в состоянии разбитых на связанных друг с другом модулей, которые необходимо объединить. Необходимо проверить другие меры и другие варианты нахождения ключевых слов, и, возможно, другую единицу поиска (3х словная коллокация или же двухсловное, но не близлежащие). Так же необходимо доработать список ключевых слов и метод их нахождения в тексте, возможно существуют более интересные варианты.

После объединения алгоритма в единое необходимо устроить проверку с различными вариантами на результаты и выбрать финальный набор параметров для работы. Алгоритм с финальными параметрами необходимо запустить на некой коллекции документов с заранее разложенными ложными, истинными и комбинированными отчетами и техническими заданиями для добавления числовой статистики и информации в следующую научную работу.

Список литературы:

1. Большаковы
2. Словарь глагольного управления
3. Энциклопедия Языкознание (?)
4. Диалог
5. Научно-техническая информация

ФИЛОСОФСКИЕ ПОНЯТИЯ КАК БАЗИС ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МЕТАОНТОЛОГИЙ

Г.А. Волкова

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

В работе проводится обзор метаонтологий, созданных на базе философского понятийного аппарата, и их использование в концепции Т. Бернерса-Ли.

В концепции Semantic Web [1] онтология выступает как связующее звено, позволяющее программным агентам достичь общего понимания смысла информации, которой они обмениваются. Для решения этой задачи онтология задается явно, формально и должна быть пригодна для машинной обработки.

С другой стороны, нужно, чтобы онтология содержала в себе все понятия предметной области, которые используют программные агенты. В случае торговых веб-агентов задача определения значения веб-контента не стоит [2]. Но в общем случае необходимо создание метаонтологии, содержащей в себе все понятия реального мира, с которыми программный агент может столкнуться в сети. Такие онтологии называют «онтологиями общего назначения» или «здорового смысла». При построении онтологий общего назначения существует несколько основных проблем, связанных с ее предполагаемой обширностью.

- Не существует очевидного способа классификации понятий реального мира и выделения базисных понятий. Наиболее распространенным подходом к классификации понятий в онтологиях верхнего уровня является использование философского понятийного аппарата. Данный факт обусловлен относительной универсальностью философских категорий и их общепринятостью, что гарантирует онтологии, как минимум, критерий ясности.

- Не существует объективных способов оценки создаваемой онтологии. Поскольку для онтологии общего назначения основным критерием является ее универсальность, классические приемы оценки полноты, такие как формирование «вопросов компетенции» [8], являются задачей соизмеримой по сложности с построением «онтологии всего, что есть на свете».

- Нет формального критерия, по которому некоторое понятие может присутствовать в онтологии общего назначения, а некоторое уже должно быть отнесено к онтологии определенной предметной области.

- К онтологиям общего назначения не применим экспертный подход (ad hoc), т.к. не существует критериев, по которым можно было бы выделить «экспертов здравого смысла».

- Существует сложность в корреляции слов естественного языка и интеллектуальных понятий, поскольку зачастую определение смысла слова зависит от контекста, в том числе и социального.

В отличие от CYC [3], основанной на формировании коллекций, онтологии DOLCE [4] и SUMO [5] разрабатывались с учетом метафизического понимания реальности. Так, в основу концепции DOLCE легли категории Аристотеля («сущность», «количество», «качество» и др.). Понятия «происходящий», «длящийся» и т.п. заимствованы из диалектической логики. В рамках развития проекта WonderWeb онтология DOLCE расширяется и планируется ее использование в проекте Semantic Web.

Онтология SUMO более удобна для практического применения, чем DOLCE, и вполне совместима с ней за счет использования схожих философских принципов. Основными концептами DOLCE являются «Сущность» и ее

категории - «Физический» и «Абстрактный», которые совпадают по смыслу с философскими понятиями «материальное» и «идеальное».

В онтологической модели Дж. Совы [6] вместо иерархии концептов предлагается система различий, по которым иерархия концептов может быть построена автоматически. Модель также построена на метафизических категориях, но вводится концепт «Абсурдный».

В то же время С. Ниренбург и В. Раскин [7] ставят вопрос о правомерности включения в онтологию несуществующих сущностей и предлагают использовать понятийный аппарат гносеологии вместо метафизических понятий.

Таким образом, большинство метаонтологий, используемых на практике, построены на базовых философских понятиях. Использование философских понятий видится весьма перспективным для создания метаонтологии, которая войдет в методiku семантического анализа предметной области для внедрения автоматизированных систем. Для дальнейших исследований необходимо определить наиболее подходящий раздел философии, который может служить базой для создания онтологий верхнего уровня.

Список литературы:

1. Berners-Lee, T., Hendler, J. and Lassila, O. "The Semantic Web," Scientific American, 2001.
2. Uschold, M. Where are the Semantics in the Semantic Web? Knowledge Technologies Conference, Seattle, 2002.
3. OpenCyc project - URL: <http://www.opencyc.org/>
4. WonderWeb project - URL: <http://www.loa.istc.cnr.it/DOLCE.html>
5. Ontology portal - URL: <http://www.ontologyportal.org/>
6. Sowa J.F. Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Boston, MA: PWS Publishing Co., 1995.
7. Nirenburg S., Raskin V. Ontological Semantics. Cambridge, MA, 2004.
8. Гурьянова, М. А. Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России: Часть 2. Мировые исследования и разработки: аналитический обзор: препринт WP7/2011/08 (ч. 2) [Текст] / М.А. Гурьянова, И.В. Ефименко, В.Ф. Хорошевский; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 88 с.

УЗЕЛ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАССИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ И МЕТОДА РАСПРЕДЕЛЁННОГО ДАТЧИКА ТОКА

А.А. Дворников

*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

Разработка интеллектуальных систем электроснабжения является приоритетным направлением во многих государствах, включая Россию.

В работе представлен узел для организации интеллектуальных систем электроснабжения на базе стека протоколов IIP поверх радиостандарта IEEE 802.15.4, реализующий как классический метод измерения характеристик силовой сети, так и новый метода распределённого датчика тока.

Представлены результаты проделанной работы.

Введение

На сегодняшний день тематика интеллектуальных

систем электроснабжения является очень актуальной. Большое количество зарубежных университетов занимаются решением этой стратегически важной задачи. Перспективы, которые открываются при внедрении интеллектуальных систем электроснабжения, позволяют получить совершенно иной уровень качества предоставления услуги электроснабжения.

Для построения интеллектуальных систем электроснабжения необходима программно-аппаратная база, решающая базовые для системы задачи — выполнение измерений характеристик силовой линии, передача данных к целевому узлу (в случае, когда система централизована) и принятие решений.

В рамках данной работы рассматривается разработка узла для построения интеллектуальных систем электроснабжения, которые используют как классический способ измерения (на узле располагается как датчик напряжения, так и тока), так и новый метод, основанный на использовании распределённого датчика тока [1] [2].

Существующие решения

К существующим решениям в области интеллектуальных систем электроснабжения можно отнести электросчётчики электроэнергии, предназначенные для автоматизации (например, электросчётчики Меркурий, НПО им. М.В.Фрунзе и др.).

По результатам проведённых НИР в 2012 году установлено, что любой из рассмотренных приборов может быть использован для установки перед входом линии электроснабжения в помещение или здание к конечному потребителю, но непригоден для установки на отдельных участках силовой линии ввиду больших габаритных размеров (156x138x58 мм для электросчётчика Меркурий 200 [3]) и ограничения сетевых функций.

Существует разработка, направленная на решение аналогичной задачи — «автоматизированная информационно-измерительная система безопасности электрической энергии, связанная с ее качеством» (разработка компании «ПРОРЫВ»). Тем не менее, единственный узел данной разработки имеет крайне высокую стоимость (58000 рублей за прибор ТККЭ [4]) и большие габариты (140x218x68 мм — прибор ТККЭ [5]).

Таким образом, установлена необходимость в разработке более компактного устройства, способного измерять как минимум мгновенные значения напряжения, тока, активной составляющей мощности, а также частоту силовой сети. Данные должны быть доступны для считывания любому из устройств, входящему в систему интеллектуального электроснабжения, а сами узлы должны обладать сравнительно небольшой стоимостью.

Телекоммуникации

Наиболее предпочтительным типом сети является беспроводная сеть. Качество связи в такой сети хотя и зависит от внешних факторов, но не зависит от состояния силовой сети, обладая при этом хорошей масштабируемостью.

Стандарт IEEE 802.15.4 чаще используется для построения маломощных сетей, которые могут покрывать большие территории за счёт ретрансляции данных, поэтому он наиболее подходит для использования в разрабатываемом макете устройства.

В качестве протокола верхнего уровня хорошо подходит стек IIP. Большим плюсом является то, что стек обеспечивает прозрачное взаимодействие с другими IP сетями и поддерживает как гарантированную, так и негарантированную доставку данных.

Микроконтроллер

В качестве микропроцессорного модуля со встроенным приёмопередатчиком стандарта IEEE 802.15.4 для разрабатываемого макета устройства больше всего подходит модуль NXP JN5148-001-M03, так как он обладает наименьшими габаритными размерами, функцией аппаратного шифрования AES-128 и небольшой стоимостью, работает на высокой тактовой частоте. В отличие от модулей серии Telegesis ETRX3xHR модуль NXP JN5148-001-M03 не требует покупки дополнительного программного обеспечения для разработки прикладного ПО, что делает выбор последнего более выгодным. Данный выбор и обоснование сделаны по результатам, полученным при проведении НИР в 2012 году.

Разработка аппаратной части узла

Приведён выбор и обоснование технических решений, которые будут использованы в разрабатываемом макете устройства.

Разработана принципиальная схема узла и топологии четырёхслойной печатной платы, разработан макет узла, выполненный на четырёхслойном фольгированном стеклотекстолите (Рис. 1).

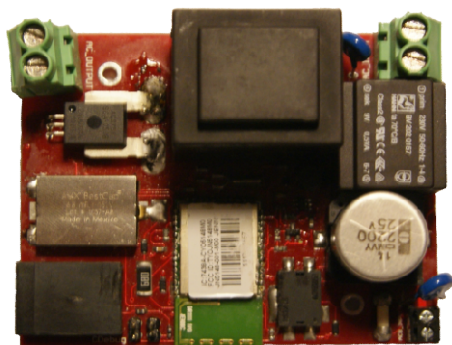


Рис. 1. Фотография разработанного макета узла

Характеристики разработанного макета узла:

- Габариты — 58x71x90 мм.
- Тип связи — беспроводная (IEEE 802.15.4).
- Стандарт сети — uIP.
- Датчик напряжения — измерительный трансформатор.

- Датчик тока — датчик Холла.

- Микроконтроллер — OpenRISC (32 МГц).
- Операционная система — Contiki OS 2.5 [4].
- Источник резервного питания — ионистор.
- Возможность подключения внешнего автомата — да.

Метод Распределённого датчика тока

В процессе внедрения в различные системы вычислительных сетей появились возможности производить косвенные измерения, где необходимые для вычисления величины приходят от других, зачастую пространственно распределённых, датчиков.

Одним из случаев распределённого датчика является распределённый датчик тока, который даёт преимущества при разработке систем интеллектуального электроснабжения.

Принцип распределённого датчика тока (Рис. 2) состоит в том, что при разделении измерительной сети на сегменты (А-В) при достаточном расстоянии между ними становится возможным использовать в качестве шунта отрезок линии электропередачи R_{AB} .

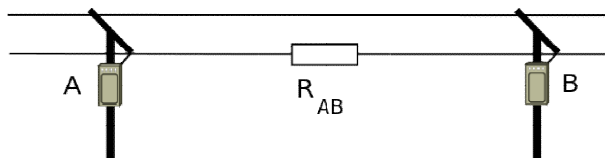


Рис. 2. Схематическое изображение пространственно-распределённого датчика тока

Таким образом, ток можно измерить, используя только датчик напряжения, при его достаточной точности и достаточной длине линии электропередачи.

Несмотря на преимущества этого способа перед классическим, использующим два вида датчиков, существует и ряд недостатков, связанных как с синхронизацией узлов (особенно при специфических измерениях, вроде обработки формы сигнала), так и связанных с нестабильностью характеристик электролинии, в зависимости от условий окружающей среды.

Данный метод требует проведения дополнительных экспериментов до ввода в эксплуатацию.

Разработанный в рамках данной работы макет узла позволит провести часть экспериментов, необходимых для исследования метода распределённого датчика.

Программная часть

В настоящий момент идёт разработка программного обеспечения для макета узла и сервера. По проведённым в 2012 году НИР было установлено, что в качестве основы для программного обеспечения узла эффективным решением будет использование операционной системы Contiki OS со встроенным стеком uIP.

Заключение

В рамках работы установлена необходимость в разработке макета узла для организации интеллектуальных систем электроснабжения и определены технические требования к узлу.

На текущий момент в рамках работы разработан макет узла для организации интеллектуальных систем электроснабжения и ведётся разработка программного обеспечения узла и сервера системы.

Запланирован ряд экспериментов для исследования метода распределённого датчика тока.

Список литературы:

1. А.А. Дворников. Разработка платформы для «умного электроснабжения». Тезисы докладов «Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ», с.84-86, – М. МИЭМ, 2011г. ISBN 978-5-94506-257-3 - 420.
2. А.А. Дворников. Измерение характеристик переменного тока в системах электроснабжения с использованием пространственно-распределённого датчика. Тезисы докладов «Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ, посвященная 50-летию МИЭМ», с.232-234, – М. МИЭМ, 2012г. ISBN 978-5-94506-314-3 - 445.
3. Счетчики Меркурий – URL : <http://www.incotexcom.ru/m200.htm>. Дата обращения : 17.01.2013.
4. Прайс лист :: ЗАО «НПФ Прорыв» – URL : <http://progyv.com/purchase/>. Дата обращения : 17.01.2013.
5. Контроллеры терминальные ТККЭ: Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – 2011. - . – Режим доступа: http://progyv.com/files/doc/ТККЭ_UserManual.pdf. Дата обращения : 17.01.2013.

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Т.А. Разуваева

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

Рассматривается задача передачи информации для распределенных систем технического зрения, построенных на архитектуре клиент-сервер и функционирующих в реальном времени. Приводится вариант построения модели с указанием возможных направлений передачи информации. Показан алгоритм передачи данных на конкретных примерах.

Введение

Для всех распределенных систем, функционирующих в реальном времени, своевременная передача данных является важной задачей.

В рамках архитектуры клиент-сервер строится система следующего вида: существует удаленное наблюдение за объектом с помощью одной или нескольких камер, информация с этих камер поступает на общий сервер; к серверу подключается некоторое количество клиентов, например, пунктов наблюдения, которые работают с поступившими на него данными. Для подобных систем характерны проблемы при передаче данных и потребность в разработке алгоритмов передачи.

Сложность связана с большим разнообразием прикладных задач, в которых используются различные алгоритмы обработки, а так же различается допустимая степень обработки и сжатия информации. Высокое качество изображения напрямую связано с объемом данных. Чем выше объем – тем ниже скорость передачи и тем ниже скорость работы распределенной системы в целом.

Цель: разработка модели и алгоритма передачи данных для распределенной системы технического зрения.

Задачи: определение модели передачи данных в системе клиент-сервер; определение функций клиента и сервера; разработка принципов алгоритма передачи.

Определение модели передачи данных играет важную роль в построении алгоритма в целом. При выборе необходимо учитывать как потребности системы, так и мощности клиентской и серверной стороны.

После выбора модели распределяются функции клиента и сервера. При этом следует учесть, что серьезная связь между передачей и обработкой может существенно ограничивать область применения алгоритма.

Исходя из функций и возможностей клиента и сервера, строится алгоритм передачи данных между сторонами в рамках выбранной модели.

При рассмотрении поставленных выше задач не разбираются алгоритмы графической обработки, поскольку они очень зависимы от конкретной задачи, а так же достаточно развиты.

Модель передачи данных.

Для архитектуры клиент-сервер существует два стандартных решения: обработка на стороне клиента и обработка на стороне сервера.

В рассматриваемых системах предполагается, что информация от датчиков (камер) поступает на сервер, то есть для обработки на стороне клиента необходимо передавать достаточно большой объем данных, что существенно снижает скорость работы системы. Второй вариант не предполагает обработки на стороне клиента, сервер должен сделать всю обработку данных, что уменьшит объем информации, но может занять существенное время.

По этой причине была выбрана вторая модель, основанная на серверной обработке данных (рис. 1).

Серверный процесс



Рис. 1. Модель передачи данных.

Информация, получаемая сервером, обрабатывается по алгоритмам, соответствующим поставленной задаче, до приемлимого сочетания объема и качества. Основная функция обработки и преобразования информации лежит на сервере. Клиент выполняет анализ изображения для своих локальных задач. Передача непосредственно графической информации в реальном времени происходит только от сервера к клиенту.

При этом клиент на сервер передает не графическую информацию, а только некоторый набор служебных команд и сообщений, предполагаемых протоколом передачи данных. Информация о графических данных может быть передана от клиента к серверу, если можно представить в виде числовых параметров и передать с помощью сообщений протокола. Если же необходима передача конкретно графических данных от клиента к серверу, то при данной модели она так же может быть реализована, но уже не в реальном масштабе времени.

Основное управление осуществляется клиентом, так как им значительно чаще пользуется оператор или пользователь, который может реагировать на сообщения программы об ошибках. Кроме того, каждый клиент поддерживает только свое общение с сервером. Управление со стороны сервера затребует серьезных ресурсов для поддержания активности протоколов со всеми подключенными клиентами.

С учетом того, что клиенты предназначены больше для локальных, чем для глобальных задач, и система из мощного сервера и маломощных клиентов имеет частую практику и может иметь стоимость ниже, чем противоположный вариант, данная модель является приемлемой для поставленной задачи.

Функции клиента и сервера.

Рассматриваемая система обработки и передачи данных предполагается не привязанной жестко к конкретной задаче по обработке изображений. Это приводит к логичному решению по разделению функций передачи и обработки данных (рис. 2). Тогда передача данных может быть представлена общей универсальной для всех осуществляемых алгоритмов функцией. При этом стоит учитывать, что алгоритм обработки данных приводит их к некоторому удобному для передачи виду.

Так, поскольку обработка изображений на стороне сервера и анализ изображений на стороне клиента зависят от текущей решаемой задачи или набора задач, они могут быть изменены. Развитие обработки и анализа изображений достаточно, и использование даже самых простых и распространенных алгоритмов обеспечивает высокую вариативность применения программы.

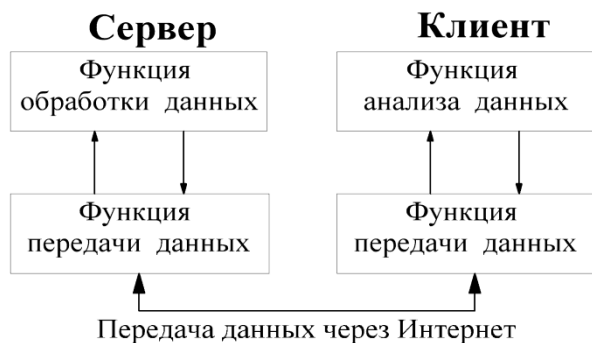


Рис. 2. Схема разделения функций.

Задачи сервера: получение информации из внешних источников, обработка по заданным алгоритмам и подготовка к передаче информационных данных, а так же передача данных по соответствующим командам от клиента.

Задачи клиента: реализация основной части протокола взаимодействия с сервером, адекватное формирование команд для сервера с запросом передачи информации, обеспечение взаимодействия с пользователем.

Принципы алгоритма передачи данных.

Протокол данных, обеспечивающий передачу информации между клиентом и сервером, не может считаться надежным и стабильно работающим, если возникающие при работе ошибки или проблемы не могут быть решены и приводят к сбою.

Существенная часть проблем возникает из-за того, что алгоритм работы не предусматривает решения тех или иных критических ситуаций. Наличие в алгоритме заранее предусмотренных выходов из критических ситуаций является важным вопросом при создании алгоритма.

В частности, алгоритм передачи должен решать проблемы, которые связаны с отсутствием или разрывом соединения при подключении или передаче, получением некорректных запросов.

Для исключения возможности подвисания передачи или переподключения и у клиента, и у сервера есть некоторое время, в течение которого они ожидают ответа, а так же задается число допустимых попыток. Это позволяет исключить случайные ошибки при передаче с одной стороны и не тратить лишнее время с другой.

В качестве примера приведен алгоритм работы сервера при получении некорректного запроса (рис. 3).

Прежде чем отказывать в выполнении некорректного запроса, необходимо исключить возможность возникновения проблем с передачей сообщения. Если запрос после нескольких попыток остается некорректным, сервер передает сообщение о невозможности его выполнения и завершает работу над данным запросом.

Помимо алгоритмов для решения подобных проблем используются специальные механизмы, позволяющие избегать повисания программы из-за некорректно введенных данных или ошибок алгоритмических вычислений. Подобные механизмы имеются в языках программирования и зависят от выбора конкретной среды разработки.

Алгоритм должен иметь выходы из любых нерабочих состояний на рабочую точку, поскольку невыполнение запроса не всегда приводит к отказу системы управления, тогда как повисание приводит к нему почти наверняка.

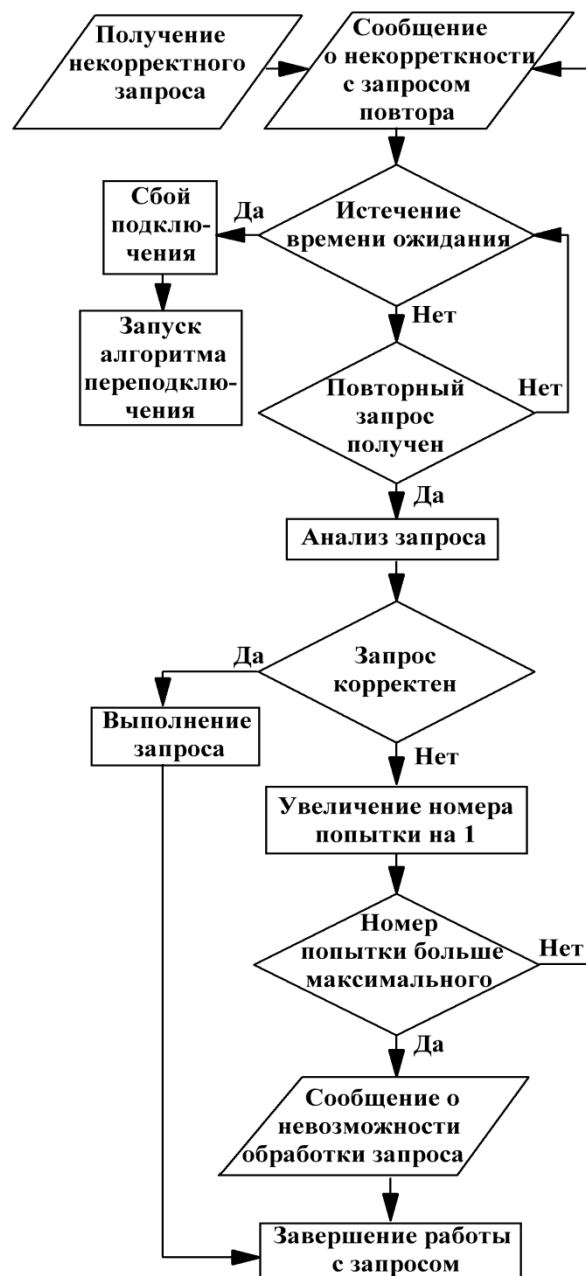


Рис. 3. Алгоритм работы с некорректным запросом

Заключение

Разработанный алгоритм позволяет обеспечить надежность и вариативность работы с графическими данными и их передачей в распределенных системах. Алгоритм предусматривает решение простых тупиковых проблем без вмешательства пользователя или подвисания.

На текущий момент он представлен для работы с клиентом без обратной передачи данных, но может быть доработан до передачи данных от клиента к серверу с использованием механизмов буферизации.

Список литературы:

1. Олссон Г., Пиани Дж. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский Диалект, 2001г. – 557с.
2. Семенов Ю.А. Алгоритмы телекоммуникационных сетей. Часть 2. Протоколы и алгоритмы маршрутизации в INTERNET. – М.: Издательство БИНОМ, 2007г. – 832с.
3. Коржов В. Многоуровневые системы клиент-сервер. // «Сети/network world». – 1997. - №6.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АПРОБАЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫМИ IP-СЕТЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ OPENFLOW

В.В. Куклин

факультет Прикладной математики и кибернетики

В работе рассматривается проблематика апробации новых алгоритмов работы IP сетей на основе использования методов имитационного моделирования, в частности, при апробации методов оптимизации управления гетерогенными IP сетями.

Введение

В современном мире большинство информационных структур основаны на работе IP сетей. При этом большинство сетей имеют гетерогенную структуру и зачастую функционируют неоптимально. Это зачастую вызвано неоптимальным планированием сети, использованием неподходящих протоколов, ограничениями, накладываемыми производителями программного и аппаратного обеспечения. Несмотря на это, процесс разработки и внедрения новых методик и алгоритмов, которые могут повысить оптимальность работы данных сетей, встречается с жесткими требованиями производителями современного сетевого оборудования и программного обеспечения. Данные требования включают себя необходимость интенсивной апробации новых методик и алгоритмов, в том числе и на реальных данных. Однако реализовать полноценную апробацию для реальных сетей сложно, так как они обладают сложной структурой, оборудование и его программное обеспечение является в большинстве случаев проприетарным, что влечет за собой отсутствие информации о корректной имплементации различных сетевых протоколов конкретными производителями. Кроме того, апробацию на реальных сетях проводить нельзя вследствие высоких рисков нестабильной работы сети. Вследствие этого современные исследователи прибегают к помощи систем численного моделирования, таких как OMNET++, GNS3 и проч. К сожалению, данные системы не обладают достаточным функционалом, необходимым для моделирования множества протоколов, используемых в современных IP сетях. В частности, реализации программных маршрутизаторов, таких как Quagga, XORP, BIRD и прочих оставляет желать лучшего, что не позволяет данным программным продуктам реализовывать моделирование работы протоколов динамической маршрутизации, таких как OSPF и BGP.

Поэтому возникает задача разработки методов и алгоритмов имитационного моделирования реальных сетей на основе статистических данных, получаемых от владельца (администратора) сети. Более того, необходима разработка программной реализации данных алгоритмов. В последнее время широкое распространение получила так называемая модель программно-конфигурируемых сетей, реализацией которой является протокол OpenFlow.

В работе предлагается подход к апробации оптимизационных методик посредством имитационного моделирования реальных сетей с использованием протокола OpenFlow, позволяющий осуществлять моделирование на наиболее широком спектре устройств. Описываются основные модули данного программного комплекса, а также их реализация в контексте централизованной оптимизации, основанной на разработанной системно-аналитической модели оптимизации управления гетерогенными IP сетями. При этом предложенный подход может быть легко расширен и

на другие методы, требующие имитационного моделирования сетей.

OpenFlow как инструмент апробации и симуляции

Одним из вариантов решения рассматриваемой проблемы является активно развивающийся в настоящее время протокол OpenFlow [5]. Этот протокол предоставляет абстракцию так называемой программно-конфигурируемой сети. Сеть OpenFlow представляет собой сеть из программно-управляемых коммутаторов, связанных с контроллером сети по безопасному каналу связи. Коммутаторы OpenFlow осуществляют управление потоками данных на основе информации в таблицах потоков (FlowTable), управление которыми производится на основе информации полученной от контроллера по безопасному каналу связи. При этом спецификация протокола позволяет выполнять как индивидуальные действия (основанные на Action Set), так и основанные на групповых политиках (Groups)

Преимуществом этого протокола является открытая спецификация, позволяющая реализовать данный протокол как на оборудовании известных производителей, так и на стандартных компьютерах распространенных архитектур. Подобные подходы уже частично реализуются многими исследователями (напр. [4], [6]). Например, в [4] рассматривается подход к моделированию на базе всего одного устройства (ноутбука) с использованием возможностей виртуализации и средств операционной системы Linux. Более того, многие крупные производители и разработчики уже предоставили имплементации данного протокола в своих программных и аппаратных продуктах. В частности, Cisco, Juniper, Nec, HP представляют поддерживающие протокол OpenFlow прошивки для своих коммутаторов и маршрутизаторов.

Представленный подход подразумевает создание экспериментальной сети на основе существующей инфраструктуры. Данная экспериментальная сеть является копией моделируемой сети, однако обладает свойством изолированности от основной сети, что позволяет проводить моделирование с минимальным воздействием на эксплуатируемую сеть. При этом возможны три варианта использования разрабатываемого метода в контексте сопряжения с реальной сетью.

Все устройства сети поддерживают работу с протоколом OpenFlow. В данном случае потоки данных, распространяемых в рамках сети OpenFlow строго изолируются на основе существующей реализации протокола. В таком случае изолированная экспериментальная сеть работает независимо от эксплуатируемой сети, что дает возможность апробации новых алгоритмов на "живых" данных без ущерба для реальных пользователей сети

OpenFlow частично поддерживается оборудованием сети. В этом случае необходимо построение "дополнения" в рамках экспериментальной сети для замены недостающих управляемых узлов сети в процессе моделирования. При этом узлы реальной сети, поддерживающие OpenFlow отвечают за передачу реального трафика внутрь экспериментальной сети.

Сеть не поддерживает OpenFlow ни на одном устройстве. Данный сценарий подразумевает построение самостоятельной экспериментальной сети. Для извлечения статистических данных о характере трафика в реальной сети необходимо использовать протоколы сбора статистики, такие как Netflow, Jflow, Cflow и пр.

Апробация в контексте реализации сгенерированного управления

Основной целью разрабатываемой методологии моделирования является апробация методов оптимизации

функционирования гетерогенных IP сетей, описанных, в частности, в [2],[3]. Общей характеристикой этих методов является централизованное моделирование сети и постановка задачи управления сетью как сложным объектом. Вкратце опишем задачу поиска оптимального управления гетерогенной IP сетью:

$$\text{Необходимо найти } u_{opt} : \\ \rho(Y(x, u_{opt}, E), Y_{opt}) = \min_{u \in U} \rho(Y(x, u, E), Y_{opt})$$

где Y_{opt} - оптимальная целевая область состояния сети, $Y(x, u, E)$ - состояние сети, порожденное соответствующим управлением.

При этом управляющий вектор u представляет собой совокупность значений управляющих параметров управляемых узлов сети. В случае работы с реальной сетью преобразования конкретного вектора управлений в значения управляющих параметров не представляет сложности. Однако в контексте моделирования сети с использованием протокола OpenFlow необходима разработка механизма преобразования данного вектора в совокупность управляющих параметров OpenFlow.

Кроме того, апробация конкретной методики оптимизации подразумевает тестирование устойчивости управления, а именно, определение изменения состояния сети при заданном управлении в случае возмущений в сети, таких как возникновение паразитного/вредоносного трафика, выход из строя отдельных управляемых узлов, изменение характеристик трафика.

Также необходимо осуществить сбор данных о прохождении симуляции с соответствующих коммутаторов OpenFlow для оценки эффективности предложенных алгоритмов оптимизации.

Все вышеописанное подразумевает разработку следующих программных модулей.

Модуль преобразования сети в сеть OpenFlow. Модуль реализует преобразование сети в сеть OpenFlow на основе структурной диаграммы сети в формате XMI UML на основе метода, описанного в [1]. При генерации данной модели используется высокоуровневое описание структуры сети, схемы взаимодействий между управляемыми узлами. Получив данную модель, контроллер конвертирует ее в представление сети OpenFlow.

Модуль контроллера OpenFlow. Данный модуль осуществляет преобразование вектора управляющих переменных в систему правил, определяющих содержимое Flow Table/Action Set/Groups/etc. на соответствующих коммутаторах. Это преобразование осуществляется с использованием данных о модели сети.

Модуль генерации трафика. Данный модуль отвечает за генерацию трафика на различных устройствах для:

- Симуляции трафика реальной сети

Эта задача реализуется с помощью средств генерации трафика, которые симулируют распределение реального трафика в сети на основе статистических данных собранных посредством протоколов, таких как Netflow, Sflow, Cflow и пр.

- Генерации паразитного трафика для тестирования устойчивости управления

Эта задача решается, в частности, генерацией трафика с невалидными данными, такими, как некорректные контрольные суммы в полях протоколов IP и TCP, различные модификации параметров ECN, DSCP, congestion window, генерации трафика, направленного на эксплуатацию уязвимостей различного программного и

аппаратного обеспечения, симулируя таким образом кибератаки на информационные ресурсы, обслуживаемые сетью и т. д.

Модуль генерации возмущений. Модуль генерирует экстренные ситуации в сети, такие как выход узла из строя, изменение структуры трафика, потеря пакетов и пр. При этом происходит случайный вывод из строя узлов, с повышением степени возмущений, включающее в себя время выход из строя узла, значимость узла в рамках общей структуры сети (напр., корневой коммутатор сегмента, центральный маршрутизатор OSPF и т.д.).

Модуль обработки статистики. Данный модуль реализует преобразование информации, полученной с счетчиков (counters) из Flow Table коммутаторов в представление, совместимое с изначальной моделью сети для оценки эффективности оптимизации. Поля таблиц OpenFlow преобразуются в соответствующие им значения параметров управляемой сети, генерируется метод преобразований значений этих полей в соответствующее значение параметров сети.

Заключение

В работе рассмотрена методология имитационного моделирования гетерогенных IP сетей при решении задач апробации новых методик и алгоритмов оптимизации их функционирования с использованием протокола управления программно-конфигурируемыми сетями OpenFlow. Данный подход обладает достаточной гибкостью как с точки зрения возможности его реализации на наиболее широком спектре оборудования и устройств, так и с точки зрения приближенности модели к реально моделируемым сетям. В частности, его реализация доступна на современных компьютерах под управлением современных версий ОС Linux. Кроме того, исследователь может легко наращивать возможности своей симуляционной сети, подключая оборудование или программное обеспечение, поддерживающие протокол OpenFlow по мере необходимости.

Список литературы:

1. Куклин В. В. Численное моделирование гетерогенных IP сетей при решении задачи оптимизации их функционирования // Труды и пленарные доклады участников конференции УКИ'12. ИПУ РАН, 2012. . 1974–1981.
2. Куклин В. В., Червяков Л. М. Применение теории игр в аспекте оптимизации управления гетерогенными IP сетями // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 5. В печати.
3. Kuklin V. V. On combinatorial optimization of heterogenous IP network management // Theoretical and Applied Aspects of Cybernetics. Proceedings of the 2nd International Scientific Conference of Students and Young Scientists. Kyiv:Bukrek, 2012.
4. Lantz B., Heller B., McKeown N. <http://dx.doi.org/10.1145/1868447.1868466> network in a laptop: rapid prototyping for software-defined networks // Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Workshop on Hot Topics in Networks. Hotnets-IX. New York, NY, USA : ACM, 2010. P. 19:1–19:6. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1868447.1868466>.
5. McKeown N., Anderson T., Balakrishnan H. et al. OpenFlow: enabling innovation in campus networks // <http://dx.doi.org/10.1145/1355734.1355746> SIGCOMM Comput. Commun. Rev. 2008. Vol. 38, no. 2. P. 69–74. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1355734.1355746>.
6. Han S., Jang K., Park K., Moon S. PacketShader: a GPU-accelerated software router // <http://dx.doi.org/10.1145/1851275.1851207> SIGCOMM Comput. Commun. Rev. 2010. Vol. 40, no. 4. P. 195–206. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1851275.1851207>.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Р.Ф. Азизов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Беспроводные сети набирают всё большую популярность не только в компьютерных сетях, но и для решения различных задач в производстве, медицине, охранных системах, военном деле. Чаще всего, такие устройства работают с широко распространёнными сетями, такими как WiFi, Bluetooth или ZigBee. Но далеко не всегда классические структуры сети (точка-точка, звезда, дерево) являются наиболее удачным решением. Целью данной работы является показать возможность использования децентрализованных сетей как более подходящего инструмента обмена данными для решения определённого круга задач.

Наибольшее распространение на сегодняшний день получили сети с топологией звезда, в которой все узлы сети присоединены к одному центральному узлу. Функции по управлению такой сетью возлагаются на корневой (центральный) узел. Конфликты в сети с такой топологией как правило не происходят, потому что управление полностью централизовано. Фиксированная иерархия сети упрощает обмен данными между узлами, но делает такую сеть плохо подходящей для использования в задачах, где требуется постоянное изменение топологии. Например, в сетях, состоящих из большого количества мобильных элементов, где нет возможности гарантировать, что в области радиовидимости будет хотя бы один ведущий модуль, или не окажется сразу несколько ведущих одновременно.

В отличие от управляемых координатором сетей, децентрализованные сети состоят только из мобильных устройств, в ней отсутствуют роли сервер-клиент, и поэтому такая организация позволяет сохранять работоспособность сети при любом количестве и любом сочетании доступных узлов.

Каждый узел данной сети не гарантирует свое присутствие на постоянной основе: такое устройство может независимо передвигаться в любых направлениях и, как следствие, часто разрывать и устанавливать соединения со своими соседями.

Интеллектуальность является одной из особенностей децентрализованных сетей и обеспечивает высокий уровень надежности. Как только сеть запускается в эксплуатацию, она начинает автоматически управлять своей работой, адаптироваться к текущим условиям. В случае недоступности по тем или иным причинам какого-либо узла соседние могут быстро реконфигурировать свои таблицы и вычислить новый оптимальный маршрут.

Свойства сети самоконфигурироваться позволяет использовать её для решения сложных задач, требующих быстрого развёртывания, например, в зоне бедствия или чрезвычайного происшествия.

Физические свойства беспроводных каналов таковы, что на более коротких расстояниях пропускная способность сети выше. Причиной могут быть помехи или коллизии. Поэтому приёмо-передатчики, работающие в таких сетях, как правило, имеют маленькую мощность, низкую скорость канала и небольшую (как правило 64 - 128 байт) максимальную длину пакета. И потому одним из способов повышения пропускной способности сети является передача данных через несколько узлов.

Очевидно, что для организации такой сети необходимы разработки эффективных протоколов канального уровня и подходящих алгоритмов маршрутизации.

Основной проблемой децентрализованной сети является необходимость довольно существенной проработки ка-

нального уровня, эффективного решения коллизии при выходе в модуль в эфир. Создания достаточно простого алгоритма маршрутизации, эффективно решающего проблемы поиска пути.

Алгоритмы поиска пути делятся на проактивные - создают таблицы маршрутизации еще до возникновения потребности в передаче и обновляют их в заданные промежутки времени и реактивные - конкретный маршрут создаётся только в случае непосредственной потребности в передаче данных.

Проактивная маршрутизация обеспечивает немедленное начало передачи данных, но имеет и недостатки: постоянная нагрузка сети, связанная с поддержкой таблиц маршрутизации и довольно медленную реакцию на изменение структуры сети.

Реактивная маршрутизация не нагружает сеть без необходимости в передаче, но время отправки первой полезной посылки сильно увеличивается, так как сопровождается предварительным поиском пути к получателю, а также имеет довольно высокие требования к алгоритму поиска пути.

Выбор типа маршрутизации должен зависеть от задач, для решения которых разрабатывается сеть. Например, для боевого отряда, вопрос радиотишины в периоды неактивности более предпочтителен временных потерь на построение маршрута.

С увеличением количества проектов рассчитанных на использование беспроводных интерфейсов, а также с уменьшением стоимости и размеров радиопередатчиков, интерес к различным видам беспроводных сетей будет возрастать. Очевидно также, что проекты, предполагающие использование сети, архитектура и количество узлов которой заранее неизвестна (например, "умная пыль" или любая другая потребность в организации связи между стихийно группируемыми объектами) полнее всего решаются с помощью реализации децентрализованной самоорганизующейся сети.

Список литературы:

1. Э. Таненбаум, «Компьютерные сети». Питер 2007 г.
2. Материалы сайта www.ietf.org
3. Материалы сайта www.ieee802.org
4. Материалы сайта zigbee.iee.org

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ ДЛЯ УСТРОЙСТВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЯ

А.Н. Вабищевич

*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

В работе дано обоснование актуальности задачи синхронизации узлов беспроводной сенсорной сети, представляющих собой измерительные модули для определения ориентации в пространстве частей тела человека.

Введение

Беспроводная сенсорная сеть (БСС) – это распределенная, самоорганизующаяся и устойчивая к отказу сеть миниатюрных устройств с автономным питанием. Основоположающим стандартом для передачи данных в беспроводной сенсорной сети выступает стандарт IEEE 802.15.4[1]. Данный стандарт определяет физический уровень и управление доступом к среде для беспроводных персональных сетей.

Отличие стандарта IEEE 802.15.4 от других стандартов беспроводной передачи данных группы IEEE 802.1x заключается в том, что он обеспечивает низкое энергопо-

требление, большое число одновременно используемых в рамках сети узлов, различие в частотах с другими стандартами обеспечивает относительную помехозащищенность от бытовых устройств с беспроводной связью (ноутбуки, телефоны, точки доступа и другие устройства с Wi-Fi (IEEE 802.11) и Bluetooth (IEEE 802.15.1)).

Одним из перспективных и активно развиваемых направлений использования БСС в настоящее время являются, так называемые, носимые сенсорные сети (Wearable sensor networks/Body area sensor networks) [2, 3]. В этих сетях измерительные устройства крепятся к телу человека.

В качестве нестандартного применения БСС можно рассматривать сеть носимых измерительных устройств, которая используется для предоставления данных об ориентации частей тела человека в пространстве, т.е. носимая сенсорная сеть для захвата движения человека. Устройства предоставляют данные об ориентации в пространстве частей тела человека, к которым они прикреплены.

Основное отличие вышеуказанного применения от стандартных носимых сетей заключается в том, что передача данных осуществляется не по запросу и не с небольшой частотой, которой достаточно для периодического измерения параметров мониторинга, а с достаточно высокой постоянной частотой. Высокая частота сбора данных требуется для обеспечения плавности воспроизведения визуализации. Для полного соответствия виртуального воспроизведения физическому движению требуется, чтобы измерительные устройства располагались на как можно большем числе подвижных частей тела человека и их составных частях.

Таким образом, вопрос синхронизации устройств и правильного снятия показаний с них является одним из важнейших при создании таких систем.

Система захвата движения

В рамках работы были разработаны носимые измерительные устройства, которые крепятся к частям тела человека для сбора данных. Носимое измерительное устройство представляет собой комбинацию модуля БСС и инерциального датчика. Инерциальный датчик включает в себя: датчик угловой скорости, датчик ускорения, датчик магнитного поля. Группа таких измерительных устройств формирует систему захвата движения на основе БСС. Топология такой системы представлена на рисунке 1. Система состоит из n беспроводных устройств.

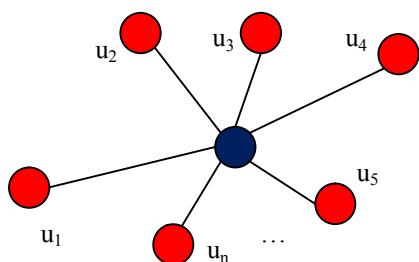


Рис. 1. Топология исследуемой системы

На рисунке 2 представлены 3 устройства, которые прикреплены к руке, а на рисунке 4 виртуальное отображение положения руки на трехмерной модели скелета.

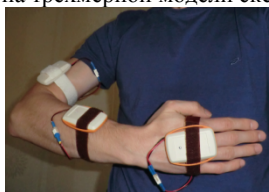


Рис. 2. Положение руки с прикрепленными к ней беспроводными датчиками ориентации

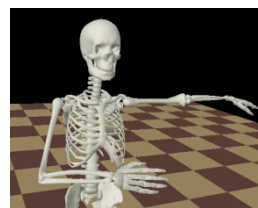


Рис. 3. Модель скелета человека, соответствующая положению руки человека на рис. 1

Для функционирования такой системы требуется синхронизация устройств. Она необходима для правильного определения последовательности получаемых сэмплов данных. Воссозданный единый временной фрейм данных со всех датчиков является одним кадром при анимации виртуальной трехмерной модели. При увеличении числа одновременно работающих носимых измерительных устройств, при передаче данных на высокой частоте и при отсутствии синхронизации возникают коллизии, увеличиваются задержки, происходит потеря пакетов.

Доступ к радиоканалу для передачи данных

Одной из особенностей беспроводных сетей является то, что узлы такой сети делят канал связи между собой. Таким образом, одна из основных проблем, стоящая перед беспроводными сетями – это уменьшение нагрузки на сеть, т.к. происходит взаимное влияние на передачу данных при одновременной передаче данных с множества устройств. Использование нескольких каналов и передатчиков может незначительно улучшить ситуацию с помехами при передаче данных, но не решит полностью. Одним из действенных способов получения рабочего соединения, свободного от коллизий, является специальное выстраивание расписания передачи данных. Оно может быть построено на основе множественного доступа с разделением времени (TDMA).

Упрощенная TDMA схема представлена на рисунке 4 [4]. Канал передачи данных делится во времени между несколькими узлами сети. Такой подход позволяет узлам периодически иметь доступ к каналу, но только на малые промежутки времени (временные слоты). После окончания этого слота узел должен освободить канал для работы следующего узла.

Основная проблема с TDMA заключается в синхронизации большого числа независимых узлов. Передача данных от каждого узла обычно начинается с преамбулы, включающей бит синхронизации, за которым следует код синхронизации, показывающий, что за ним незамедлительно следуют данные.

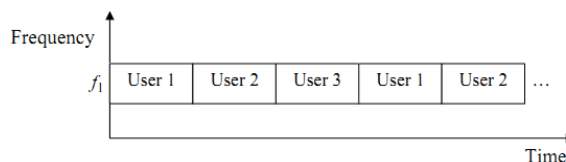


Рис. 4. Упрощенная схема TDMA

Понимается, что время на всех узлах сети разделено на слоты и синхронизировано.

Для того чтобы запланировать два соединения в один временной слот, необходимо убедиться, что при данном расписании передач не будет интерференций. Возможны два вида интерференций[5]: первичная интерференция (primary interference) и вторичная интерференция (secondary interference). Первичная интерференция возникает в случае, когда узел принимает и передает данные в одно и то же время. Вторичная интерференция возникает в слу-

чае, когда узел принимает две или более отдельных порции данных. В этом случае все передачи или только одна могут быть предназначены для данного узла (т.е. все остальные передачи являются интерференциями для данного узла).

Для того чтобы уменьшить влияние интерференций необходима синхронизация времени на узлах.

Синхронизация времени

Синхронизация времени – это важнейшая составляющая в сенсорных сетях. Для того чтобы должным образом скоординировать работу узлов сети и достигнуть выполнения сложных задач требуется синхронизация. С помощью нее могут быть определены верная хронология событий и продолжительность между ними. Точная синхронизация времени используется для обеспечения групповых операций, таких как локализация сенсоров, сбор данных, локализация источника и т.п.

Цель любой техники синхронизации времени для БСС [6] – это поддержание одинакового времени с небольшой погрешностью в течение всего времени жизни сети или среди определенного набора узлов сети. Без синхронизации разница во времени между узлами может стать значительной с течением времени из-за дрейфа локальных часов каждого из узлов.

Существуют несколько основных проблем протоколов синхронизации времени. Для того чтобы произвести синхронизацию узлы обмениваются сообщениями друг с другом. Существуют факторы, которые могут вызывать задержки по доставке сообщений по сети. Можно определить четыре основных источника ошибок в сетевой синхронизации времени. Первый фактор – это время отправки (send time), которое включает в себя время, необходимое для формирования и передачи пакета с данными от узла. Второй фактор – это время доступа (access time), которое включает в себя задержку, присущую MAC-уровню, такую как время ожидания, когда канал не используется. Третий фактор – это время распространения (propagation time), которое включает в себя количество времени, требуемое для доставки сообщения от отправителя к приемнику через различные устройства сети. Четвертый фактор – это время приема (receive time), которое включает в себя количество времени, требуемое приемником для приема, декодирования сообщения и передачи его хосту.

Синхронизированные часы являются неотъемлемой частью протоколов связи с разделением канала, таких как мультиплексирование с разделением по времени.

При использовании сенсорной сети с топологией Звезда возможна реализация синхронизации времени в случае, когда один из узлов является мастером для некоторого числа других подчиненных устройств. Этот мастер-узел посылает периодические сигнальные сообщения подчиненным узлам, предоставляя постоянные периоды времени для коммуникации узлов. Такой режим работы позволяет узлам переходить в спящий режим во время периодов неактивности, что критично для приложений, требующих сохранения энергии.

Заключение

Использование синхронизации времени между узлами БСС является одним из основных условий успешного функционирования такой сети. В условиях применения сенсорной сети для захвата движения такая синхронизация является еще более актуальной. Это связано с тем, что число узлов может быть достаточно большим, как и частота передачи данных в условиях ограниченной пропускной способности беспроводного канала связи. Поэтому для согласования данных об ориентации с разных частей тела человека в одних временных фреймах требуется синхронизация времени.

Для системы захвата из-за ограниченной пропускной способности канала связи требуется, чтобы в один момент времени передавал данные только один узел сети. Это может обеспечиваться использованием TDMA.

Использование синхронизированной сенсорной сети позволяет визуализировать движение с минимальными задержками и помехами.

Список литературы:

1. Sinem Coleri. ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary. Wireless Sensor Networks Berkeley Lab., September 10, 2004.
2. Benoît Latré, Bart Braem, Ingrid Moerman, Chris Blondia, Piet Demeester. A Survey on Wireless Body Area Networks. Journal Wireless Networks, Volume 17 Issue 1, Pages 1-18, Kluwer Academic Publishers Hingham, MA, USA, 2011.
3. Mark A. Hanson, Harry C. Powell Jr., Adam T. Barth, Kyle Ringgenberg, Benton H. Calhoun, James H. Aylor, and John Lach. Body Area Sensor networks: Challenges and opportunities. Published by the IEEE Computer Society, 2009.
4. Handbook of sensor networks: algorithms and architectures / edited by Ivan Stojmenovic. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2005.
5. Wireless Ad Hoc and Sensor Networks: Theory and Applications / Xiangyang Li. Published by Cambridge University Press, New York, USA, 2008.
6. Wireless Sensor Networks and Applications / Edited by Yingshu Li, My T. Thai, Weili Wu. Printed by Springer Science+Business Media, LLC, USA, 2008.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ПЕРЕДАЧА АУДИОДАНЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ С АВТОНОМНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ

И.В. Карпов

*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

В данной работе проводится анализ проблемы эффективной передачи аудиоданных в беспроводной сенсорной сети с автономными источниками питания с учетом заданного качества обслуживания.

Введение

Основной целью данной работы является повышение энергоэффективности передачи данных в беспроводной аудио-сенсорной сети с автономными источниками питания. В связи с чем, проводится обзор и анализ существующих исследований в области беспроводных аудио-сенсорных сетей. Рассматривается метод пространственного разделения каналов для повышения энергетической эффективности передачи данных.

В настоящее время активное развитие электроники в сторону миниатюризации электронных компонентов позволяет создавать небольшие многофункциональные устройства, на основе которых создаются беспроводные системы, например, беспроводные сенсорные сети (БСС). Такие системы применяются как для военных (обнаружение снайперов [1], определение типа военной техники противника), так и для гражданских целей (мониторинг трафика на дорогах [2], энергопотребления [3], наблюдение за животными [4]). Подобные системы обычно состоят из большого количества узлов с датчиками (температуры, давления, влажности, микрофона, камеры), которые имеют небольшое энергопотребление, объемы памяти, умеют самоорганизовываться в единую беспроводную сеть. Сети,

где в качестве датчика используют микрофон называются беспроводными аудио-сенсорными сетями. В данном виде сетей основное внимание исследователей уделяется обработке данных, получаемых от распределенных датчиков. Например, при мониторинге за окружающей средой – лягушками [4], птицами [5]. Лишь небольшое количество исследований направлено на изучение передачи аудиоданных по БСС (задержек при передаче, потери пакетов, времени работы системы). Поскольку беспроводные аудио-сенсорные сети являются автономными, то есть имеют ограниченные запасы энергии, то возникает проблема энергоэффективной передачи аудиоданных по сети.

Энергоэффективная передача данных

Под энергоэффективной передачей аудиоданных понимается количественная оценка процесса передачи аудиоданных, показывающая количество переданных бит информации на единицу затраченной энергии.

Для расчета количества переданных бит на единицу затраченной энергии применяется выражение (1):

$$C_{\text{сист.}} = \frac{N_{\text{ТХ}}}{E_{\text{сист.}}}; (1)$$

$$E_{\text{сист.}} > 0$$

, где $C_{\text{сист.}}$ – показатель энергоэффективности передачи аудиоданных, $E_{\text{сист.}}$ – энергия, затраченная узлами, участвующими в передаче за промежуток t , $N_{\text{ТХ}}$ – объем переданных аудиоданных за промежуток времени t .

Количество затраченной энергии при передаче зависит от следующих факторов:

- аппаратных характеристик устройств (потребляемая мощность приемопередатчика, микроконтроллера);
- протокола канального уровня (доступ к среде передачи данных);
- протокола маршрутизации данных;
- топологии сети;
- дальности передачи данных;

Кроме того, в отличие от обычных данных с датчиков, к аудиоданным предъявляются иные требования при передаче. Например, трансляция аудиоданных в режиме реального времени требует минимального времени доставки пакетов до оконечного узла, а также возможен определенный процент потери данных, поэтому отсутствует необходимость отправки подтверждения. В случае передачи информации с датчика температуры потеря пакетов может быть недопустима, а, следовательно, требуется подтверждение о получении пакета от оконечного узла. Таким образом, при энергоэффективной передаче аудиоданных также должны соблюдаться заданные характеристики качества обслуживания.

Существующие методы

Было выявлено несколько статей, в которых исследуется передача потоков аудиоданных в режиме реального времени. В работе [6] была организована аудио-сеть для экстренных ситуаций на шахте в Пенсильвании. Разработанная сеть состояла из 42-х узлов и имела протяженность порядка 3 км. Данная сеть поддерживала голосовой поток (в двух направлениях) с детерминированной задержкой на передачу в 24мс (при 8 ретрансляций). Кроме того использовалась аппаратная синхронизация за счет применения протокола, основанного на TDMA. Для этого главным узлом выделялись временные слоты, состоящие из занятых слотов (по расписанию) и свободных. Во время активного слота только один узел передавал данные, а остальные находились в режиме с пониженным энергопотреблением. Возможность регулирования состояния узлов является одним из важных факторов при создании энергоэффектив-

ной системы, поскольку наибольшее количество энергии тратится при передаче и приеме данных. Подобное регулирование состоянием устройства называется динамическое управление питанием (Dynamic power management). За счет синхронизации узлов сокращались возможные коллизии при передаче, а регулирование энергопотребления позволило увеличить время работы всей системы. При передаче в дуплексном режиме одного потока аудиоданных качество предоставляемого сервиса зависит от таких параметров, как количество ретрансляций, потерянных пакетов, частоты отправки данных. В случае передачи нескольких конкурирующих потоков аудиоданных увеличивается вероятность потерь пакетов, время передачи данных, межпакетная задержка. Для минимизации влияния количества потоков на качество сервиса необходим адаптивный механизм контроля, приспособляющийся к изменяющемуся количеству потоков.

Авторами [7] была предложена новая платформа SenEar, поддерживающая встроенные механизмы для оценки качества предоставляемого сервиса – E-модель оценки качества и QVS (Quality-Aware Voice Streaming) для передачи нескольких голосовых потоков по сети в режиме реального времени без дублирования потоков. Предполагаемой областью применения данной системы были экстренные, спасательные ситуации, когда необходима организация беспроводной аудио-связи на небольшой промежуток времени. Максимальное количество потоков, которое было создано в экспериментах – 3, в отличие от [6]. Однако, при создании нового 4-го потока, качество предоставляемого сервиса для существующих потоков уменьшалось.

В [8] исследуется возможность передачи аудиоданных в режиме реального времени от нескольких источников к нескольким получателям с использованием ретрансляции. Была разработана система ASM (Adaptive Stream Multicast), которая включает в себя эмпирическую модель качества обслуживания, основанную на текущем состоянии сети, FEC-схему (Forward Error Correction), предназначенную для динамической адаптации качества связи, дерево маршрутизации TOR (Tree-based Opportunistic Routing), которое позволяет вести широкоэвентельную и коллективную передачу, распределенный алгоритм управления, который следит при создании нового потока за качеством предоставляемого сервиса для других потоков. Для снижения нагрузки на сеть ASM использует два механизма: неясная обратная связь, в которой агрегируются обратные потоки и избыточный фильтр, который отбрасывает те пакеты, которые превышают заданный порог передачи. Таким образом, за счет маршрутизации, исключая дублирование данных, сокращается энергопотребление при передаче пакетов. Однако в протоколе маршрутизации TOR предусматривается ретрансляция данных только теми узлами, которые находятся ближе всего к узлу получателю, что приводит к увеличению коллизий при нескольких конкурирующих потоках, поскольку одновременно несколько узлов получают одинаковые пакеты с данными (Рис. 1).

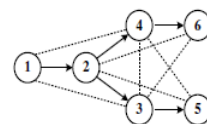


Рис.1. Маршрутизация по протоколу TOR

При передаче от узла 1 до узла 5 ретранслирующими узлами, согласно протоколу TOR будут являться узлы 2, 3, 4. Поскольку узлы 3, 4 ближе к узлу получателю, то только один из них начнет ретранслировать данные по истечению времени на таймере. В данном случае занимается пере-

дающая среда и при увеличении количества конкурирующих потоков возрастает количество коллизий, что повлияет в целом на энергоэффективность передачи.

Метод пространственного разделения

В работе [9] исследуются характеристики, влияющие на качество передачи данных, а именно: временные задержки при передаче данных, потеря пакетов, пропускная способность канала с использованием стека ZigBee. В данной работе упоминается пространственное разделение каналов, при котором узел, регулируя мощность приемопередатчика, сокращает дальность связи, тем самым освобождая разделяемый канал передачи данных (Рис. 2).

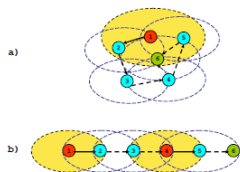


Рис.2. Сеть с общим (а) и пространственным разделением каналов (б)

Также говорится о частотном разделении каналов, однако, в настоящее время отсутствует стандарт для беспроводных сенсорных сетей с постоянно изменяемым каналом передачи данных в пределах одной сети.

Таким образом, авторами [9] не исследуется энергоэффективность передачи данных при пространственном разделении канала при передаче нескольких потоков аудиоданных с заданным качеством обслуживания. Кроме того, согласно исследуемому авторами стеку ZigBee, при каждой передаче пакетов необходима отправка подтверждения со стороны получателя данных, что загружает среду передачи и требует дополнительных затрат энергии.

Для сокращения количества затраченной энергии на переданный бит информации необходимо уменьшить суммарное количество затраченной энергии при передаче, которое в свою очередь зависит от времени нахождения устройства в каждом возможном режиме его работы (приеме, передаче, активном, сне) и затрачиваемой при этом энергии.

Используя регулировку мощности приемопередатчика, тем самым сокращая дальность связи, уменьшается количество затрачиваемой энергии при передаче.

Для проверки энергоэффективности передачи с помощью метода пространственного разделения канала было проведено имитационное моделирование, которое показало увеличение энергоэффективности передачи аудиоданных на 7% при неизменном качестве сервиса.

Заключение

Исследуемый метод пространственного разделения каналов позволяет повысить энергоэффективность сети за счет уменьшения количества соседних узлов, влияющих на передачу аудиоданных. Проведенное имитационное моделирование показало энергоэффективность применяемого метода передачи для беспроводной аудио-сенсорной сети с автономными источниками питания. При моделировании не учитывались потери пакетов при передаче аудиоданных, а также не рассматривалась сеть при большом количестве конкурирующих потоков, поэтому необходимо проводить дальнейшие исследования.

Список литературы:

1. Ledeczki A., Nadas A. [et al.], Countersniper System for Urban Warfare // ACM Transactions on Sensor Networks, 2005. – P.153-177.
2. Malhotra B. et al. Distributed classification of acoustic targets in wireless audio-sensor networks // Computer Networks, vol. 52, 2008. – p. 2582-2593.

3. Kim Y. et al. ViridiScope: Design and implementation of a fine grained power monitoring system for homes // Proceedings of the 11th international conference on Ubiquitous computing, USA, 2009.

4. Shukla S., Bulusu N. Cane-toad monitoring in Kakadu National Park using Wireless Sensor Networks, in Proceedings of APAN, Australia, 2004.

5. H. Wang, D. Estrin, L. Girod Preprocessing in a Tired Sensor Network for Habitat Monitoring // EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 2003 – p. 392–401.

6. Mangharam R., Rowe A. [et al.], Voice over sensor networks // Real-Time Systems Symposium, 2006. RTSS '06.27th IEEE International, 2006. – P.291-302.

7. Li L. Xing G. [et al.], QVS: Quality-aware Voice Streaming for Wireless Sensor Networks, in ICDSC, 2009.

8. Li L., Xing G. [et al.], Adaptive Voice Stream Multicast over Low-power Wireless Networks, Technical Report MSU-CSE-10-16, Computer Science and Engineering, Michigan State University, East Lansing, Michigan, 2010

9. Brunelli D., Maggiorotti M. [et al.], Analysis of audio streaming capability of ZigBee networks // Wireless Sensor Networks, Lecture Notes in Computer Science, 2008, vol. 4913, 2008. – P.189-204.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС “ОБЩЕСТВЕННАЯ РОЗЕТКА”

А.Ю. Ролич

факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

Аннотация

Проблема энергосбережения и энергообеспечения является одной из ключевых в российской экономике.

В данной работе представлена автоматизированная система обеспечения пользователей доступом к электроэнергии в общественных местах с возможностью подключения систем микроплатежей в рамках концепции WEB 3.0. независимо от типа беспроводной технологии передачи данных.

Введение

Современное информационное общество невозможно представить без мобильных устройств. За последние пятнадцать лет они глубоко внедрились в повседневность, став ее неотъемлемой частью. Мобильные телефоны стали незаменимыми и полезными помощниками, как для деловых людей, так и даже для тех, работа которых никак не связана с переговорами, а ноутбуки стали идеальным решением для создания мобильного офиса.

Одной из самых больших проблем мобильных устройств, на сегодняшний день, является малое время работы заряда аккумулятора, а после разряда батареи необходимость подпитки от электрической сети. На длительность и долговечность батареи аккумулятора влияет, как материал и технология, по которой изготавливают батареи, так и потребляемая мощность отдельных элементов устройства. Так как мобильные устройства постоянно совершенствуются и становятся более технологичными то, следовательно, и возрастает потребляемая мощность.

В общественных местах такая проблема ощущается наиболее остро. В подобных местах существует достаточно мало возможностей для доступа к электропитанию. Создание автоматизированной системы доступа к электроэнергии с возможностью подключения систем микроплатежей согласно концепции Web 3.0 решит

данную проблему. Общественные розетки помогут предотвратить бесконтрольное использование электроэнергии и существенно сократить ее расход, а это в свою очередь приведет к значительной экономии денежных средств. Эту разработку можно использовать не только в общественных местах, но и дома, если жильцы хотят сильно сократить свои расходы на оплату электроэнергии.

Аналогичные решения

Были проведены исследования предметной области, а также конкурентных решений. Исследования показали наличие потенциальных конкурентных аналогов. Явных конкурентных аналогов выявлено не было.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ с аналогами

	Розетки РЖД	Sony Smart Socket	Разрабатываемая система
Передача данных	RS-232	NFC	GSM, Wi-Fi, Internet
Возможность управления электропитанием розетки	Платежный терминал	Устройство с NFC-модулем	Телефон, Платежный терминал, Удаленный доступ
Идентификация пользователя	-	RFID	RFID, Credit Card
Методы оплаты услуги	Наличные	NFC	SMS, NFC, Credit Card, Наличные
Возможность интеграции согласно WEB 3.0.	-	-	+

Описание системы

Разрабатываемая система представляет собой программно-аппаратный комплекс, способный удаленно управлять электропитанием розеток с возможностью интеграции систем по приборному энергоаудита и интеграции системы микроплатежей согласно концепции Web 3.0.

Аппаратная часть комплекса представляет собой удаленно управляемую розетку. В конструкцию розетки интегрирован модуль беспроводной связи, необходимый для установления соединения со специализированным программным обеспечением.

Программная часть комплекса состоит из специализированного программного обеспечения, управляющего включением электропитания розетки после оплаты услуги, процессом проведения финансовых операций по оплате с помощью системы микроплатежей, а также сбором статистических данных. К программной части комплекса также можно отнести пользовательский веб-интерфейс, позволяющий пользователю эффективно взаимодействовать с системой.

С помощью пользовательского интерфейса каждый пользователь может получить доступ к электросети. После выбора необходимого временного интервала включения

питания на розетке и оплаты по соответствующему тарифу, специализированное программное обеспечение передаст сигнал на удаленную розетку, свидетельствующий о корректности оплаты. Электропитание начнет подаваться на розетку, что позволит заряжать батарею своего мобильного устройства.

Нужно отметить, что розетки не имеют физической привязки к какому-либо аппаратному комплексу или определенному месту. Они являются полностью автономными членами единой информационной сети, посредством которой “общаются” с пользовательским интерфейсом, системами микроплатежей и между собой.

Основные технические характеристики:

- Передача данных по беспроводному Wi-Fi соединению, сети Internet и др.
- Интеграция систем микроплатежей согласно концепции WEB 3.0
- Возможность управления электропитанием розетки посредством веб-интерфейса и мобильного приложения, интерфейса платежного терминала.
- Возможность интеграции с рекламными сервисами
- Коммутируемая мощность до 3кВт (максимальный коммутируемый реле ток 220 В, 16А)
- Автоматическое включение электропитания на розетке

Отличительные характеристики:

- Передача данных в глобальном масштабе
- Расширенный спектр методов оплаты услуги и идентификации пользователя
- Расширенный спектр способов управления электропитанием розетки
- Низкая себестоимость аппаратной части комплекса

В рамках дальнейших исследований планируется расширение функциональных возможностей системы, а именно добавление следующих функций:

- Идентификация подключенных устройств
- Интеграция RFID ридера для работы с RFID метками
- Увеличение количества гнезд розетки
- Мониторинг текущего состояния розетки в режиме онлайн
- Бронирование и резервирование розетки

Заключение

Проведена разработка программно-аппаратного комплекса “Общественная розетка”. Описаны функции разработанной системы обеспечения доступом к электроэнергии в общественных местах, приведены аналоги разработанной системы и рассмотрены перспективы развития разработки.

Список литературы:

1. Система микроплатежей Cyberplat – URL: <http://www.cyberplat.ru/>
2. Восков Л.С. Интернет вещей // В кн.: Новые информационные технологии. Тезисы докладов XX международной студенческой конференции-школы-семинара / Науч. ред.: В.Н. Азаров, С.А. Митрофанов, Ю.Л. Леохин, Н.С. Титкова. М.: МИЭМ, 2012. С. 89-94.
3. Web 3.0 – Википедия – URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Web_3.0

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Ю.А. Пузино

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

Данная работа посвящена разработке программного модуля, автоматизирующего процесс построения сопряжений при задании геометрии элементов модели, для последующего конечноэлементного анализа.

Введение

Разработка и оптимизация технологических процессов в различных отраслях промышленности в современных условиях невозможна без применения компьютерных систем автоматизации проектирования и моделирования (CAD/CAE).

В настоящее время автоматизированные системы проектирования активно используются в работе инженеров-проектировщиков [1]. На кафедре Механики и математического моделирования МИЭМ НИУ ВШЭ ведётся разработка компьютерной системы имитационного моделирования и анализа технологических процессов обработки металлов давлением. Данная система позволяет строить прогнозы формоизменения заготовки при обработке давлением, вычислять поля распределений характеристик течения металла в объёме заготовки, силовые и энергетические параметры технологического процесса [2,3]. На этапе подготовки данных необходимо задать геометрию заготовки и деформирующих инструментов. Геометрические модели могут быть созданы в любой CAD системе и экспортированы в редактируемую программу посредством DXF-файлов. Такая схема работы целесообразна при анализе геометрически сложных объектов, для описания которых требуется мощный функционал современных CAD-систем. Однако, при моделировании процессов, обладающих относительно простой геометрией, гораздо эффективнее создавать геометрические модели непосредственно в среде CAE-системы. Поэтому поддерживается создание зарегистрированных геометрических элементов путём задания их параметров [4].

Данная работа посвящена созданию инструмента редактирования геометрии, который позволит автоматизировать процесс построения дуговой фаски с заданным радиусом между двумя кривыми.

Варианты расположения кривых

В разрабатываемой автоматизированной системе проектирования и анализа технологических процессов двумерная фигура задаётся с помощью последовательности точек (узлов), выбора типа кривой между ними (прямой отрезок или дуга) и задания контура фигуры.

При создании данной работы требовалось рассмотреть три случая расположения угловой вершины:

1) Угол образован двумя отрезками. Требовалось определить нужную полуплоскость, т.е. ту, где угол от 0° до 180° .

2) Угол образован отрезком и дугой. В зависимости от вида дуги (4 вида) определялось расположение центра фаски.

3) Угол образован двумя дугами. Центр фаски определяется исходя из вида дуги, и зависит от взаимного расположения.

Ограничения построения

Скругление угла в выбранном узле может быть невозможно в следующих случаях:

1. В одной точке сходятся больше или меньше двух кривых. Такие ситуации возможны, если задание геометрии ещё не завершено и контур разомкнут или если объект

состоит из нескольких подобластей и это приводит к ветвлению линий в некоторых узлах.

2. Касательные кривых в точке сопряжения равны.

3. Заданный радиус сопряжения больше геометрически возможного. Геометрические ограничения на радиус сопряжения обусловлены типом и размерами сопрягаемых кривых. Так, в ситуации, представленной на рис. 1, сопряжение дуги окружности и отрезка невозможно, если радиус превышает значение $a/2$.

Этапы построения.

Алгоритм построения сопряжения радиуса R между кривыми C_1 и C_2 , сходящимися в узле A (рис.1) во всех трёх случаях включает в себя следующие основные этапы:

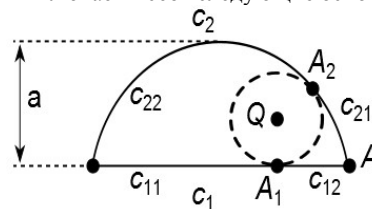


Рис.1. Построение фаски для случая отрезок-дуга

1. Вычисление координат точки Q , находящейся на расстоянии R от обеих кривых. Если таких точек несколько, выбирается ближайшая к A .

2. Вычисление координат точек $A_1 \in C_1$ и $A_2 \in C_2$ - ближайших к Q .

3. Разбиение кривых C_1 и C_2 узлами A_1 и A_2 на кривые C_{11} , C_{12} , C_{21} , C_{22} соответственно.

4. Удаление узла A и кривых C_{12} , C_{21} .

5. Построение дуги, соединяющей узлы A_1 и A_2 с радиусом R и центром в точке Q .

Реализация первого из перечисленных этапов наиболее трудоёмка. С математической точки зрения эта задача сводится к поиску пересечения прямых и дуг окружностей, однако при программировании возникают сложности связанные с неоднозначностью (точек пересечения может быть две) и с разнообразием возможных вариантов взаимоположения кривых.

Случай «отрезок-отрезок»

В случае «отрезок-отрезок» создаются два вектора (« a » и « b »), которые направлены из угловой (общей) точки к противоположным концам отрезков. Эти вектора нормализуются, поворачиваются на 90° , и служат для задания вспомогательных отрезков (рис.2, пунктир). Эти отрезки отстанут от исходных на заданное пользователем расстояние R (радиус фаски).

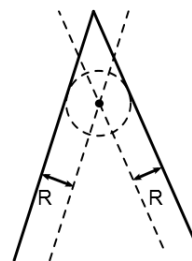


Рис.2. Нахождение центра для случая «отрезок-отрезок»

Происходит проверка, пересекаются ли вспомогательные отрезки. Если да, то точка их пересечения будет являться центром дуговой фаски Q . Если нет (возможно, был

задан геометрически невозможный радиус сопряжения), то скругление построить нельзя.

Случай «отрезок-дуга»

Как и в случае «отрезок-отрезок», создаётся вектор « a », и на его основе происходит создание двух вспомогательных отрезков путём параллельного сдвига (рис.3, пунктирные отрезки). Также вычисляются два вектора (от центра кривизны дуги к узлам) для создания двух вспомогательных дуг с радиусами больше и меньше на величину R , чем исходная (рис.3, пунктирные дуги), поскольку заранее неизвестно, каким образом расположена исходная дуга по отношению к отрезку (возможно 8 случаев).

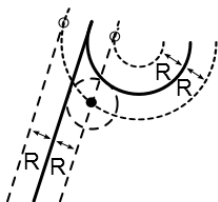


Рис.3. Нахождение центра для случая «отрезок-дуга»

Центр будущей дуговой фаски выбирается из четырёх возможных точек пересечения вспомогательных кривых. Возвращается единственная точка – центр скругления Q , а вспомогательные кривые удаляются.

Случай «дуга-дуга»

Алгоритм построения сопряжения двух дуг начинается с определения их серединных точек и центров кривизны. Создаётся 4 нормализованных вектора (каждой дуге по 2), направленных от центра кривизны дуг к узлам. На основе этих векторов создаются 4 вспомогательных дуги (каждые две большего или меньшего радиуса соответствующей дуги на R) (рис.4, пунктирные дуги).

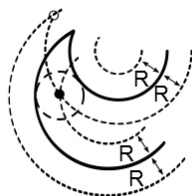


Рис.4. Нахождение центра для случая «дуга-дуга»

Заключение.

Был создан инструмент редактирования геометрии «Дуговая фаска», предоставляющий возможность сопряжения элементов геометрической модели дугой окружности заданного радиуса. Нетривиальность данной задачи заключается в необходимости учитывать разнообразие вариантов исходных данных и обеспечивать стабильность работы программы при каждом из них. Принцип работы инструмента прост и интуитивно понятен: пользователь задаёт радиус фаски и при наведении курсора на узел возникает подсказка – либо создать фаску с заданным радиусом невозможно, либо создаётся временная дуга, чтобы пользователь оценил правильность задания параметров (рис.5). По щелчку мыши возникает возможность зафиксировать изменения. После фиксации фаски образуется требуемая кривая.

Предложенные алгоритмы были реализованы и протестированы, кроме того, созданы сервисные элементы, делающие работу оператора по редактированию геометрической модели удобной и эффективной.

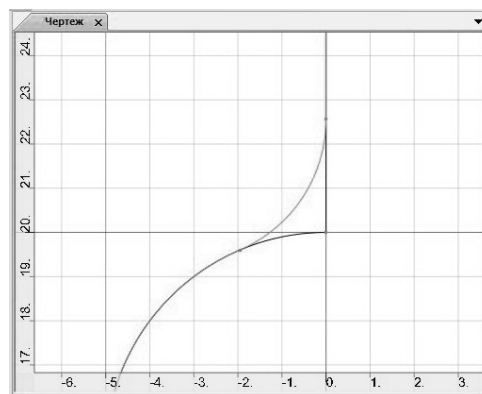


Рис.5. Пример работы созданного модуля.

Список литературы:

1. Fabík R., Kliber J., Kubina T., Aksenov S.A., Mamuzić I., Mathematical modelling of flat and long hot rolling based on finite element methods (FEM), *Metalurgija*, Volume 51, Issue 3, 2012, p. 341-344.
2. Карпанин Р.А., Математическое моделирование кинематических характеристик технологического процесса штамповки с обкатыванием, Тезисы докладов научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных МИЭМ, посвящённой 50-летию МИЭМ, г. Москва, 2012 г., с. 35-37.
3. Изволов Д.Н., Аксенов С.А., Логашина И.В., Создание элементов автоматизированной системы построения чертежей для моделирования процессов прокатки в калибрах., Труды XI Всероссийской научно-технической конференции и школы молодых ученых, аспирантов и студентов «Научные исследования и разработки в области авиационных, космических и транспортных систем» (АКТ-2010) - Воронеж, ООО Фирма «Элиста», 2010 г., с.19-23.
4. Изволов Д.Н., Аксенов С.А., Логашина И.В., Создание элементов автоматизированной системы построения чертежей для моделирования процессов прокатки в калибрах., Труды XI Всероссийской научно-технической конференции и школы молодых ученых, аспирантов и студентов «Научные исследования и разработки в области авиационных, космических и транспортных систем» (АКТ-2010) - Воронеж, ООО Фирма «Элиста», 2010., С.19-23.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАФИКА КАНАЛА СВЯЗИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ

К.А. Богачёв, И.С. Попов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

В работе рассматривается возможность применения системы адаптивного кодирования информации для оптимизации трафика канала связи, а так же возможность оцифровки псевдослучайного сигнала без потери информации.

Введение

Основная классификация радиосистем наряду с системами извлечения и отображения информации, включает в себя системы передачи информации, к которым относятся различные виды каналов связи и способы передачи информации. Главная цель таких систем – передача сообщений, с использованием того или иного канала связи, получателю с минимальными искажениями. Наряду с основной

задачей передачи информации, особенно в настоящее время, имеется проблема экономии трафика при передаче сообщений, благодаря чему повышается пропускная способность канала связи. Для этой цели обычно обращаются к различным способам кодирования и уплотнения сообщений [1]. Выбор того или иного способа производят исходя из назначения системы.

В работе предлагается инновационный метод оптимизации трафика канала связи, используемый при передаче аналоговых сигналов. Классический способ передачи аналоговых сигналов предполагает временное и амплитудное квантование сигнала на первой стадии передачи. При этом обычно руководствуются заранее известной информацией о параметрах сигнала, исходя из которых и выбираются оптимальные параметры квантования, например, используя теорему дискретных отсчетов. В этом случае кодирование нельзя считать оптимальным, поскольку имеется факт избыточности передаваемой информации. Вторым недостатком этого подхода заключается в принципиальной невозможности передачи псевдонеизвестного сигнала, поскольку неверный выбор параметров квантования неизбежно приведет к потере информации.

Адаптивное кодирование информации

Для решения данной проблемы предлагается использовать в системе передачи информации, рассмотренную в работе, реализацию асинхронного аналогоцифрового преобразователя, осуществляющего адаптивное кодирование первичного сигнала.

Из приведенных диаграмм (рис. 1, рис. 2) хорошо видно, что кодирование аналогового сигнала происходит с переменным шагом квантования, выбираемым системой автоматически, пропорционально крутизне сигнала, что свидетельствует об оптимальности и безыбыточности кодирования.

Из основных достоинств данного подхода можно отметить оптимизацию трафика канала передачи, определяемую безыбыточностью кода. Также необходимо отметить, что предложенный метод кодирования позволяет работать с псевдонеизвестными сигналами, исходя из того обстоятельства, что система является самоадаптирующейся. К особенностям метода следует отнести необходимость установления верхней границы спектра сигнала исходя из максимального быстродействия, используемого типа логики, что, впрочем, дает полную свободу выбора, при оперировании категориями: звуковой сигнал, видео-, радиосигнал и т.п., поскольку дает вполне определенное представление о верхних границах используемого диапазона и позволяет заранее подобрать аппаратные средства с требуемым быстродействием.

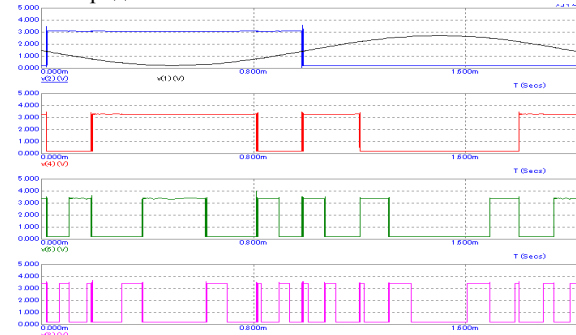


Рис. 1. Пример функционирования адаптивной системы кодирования, синусоидальный сигнал

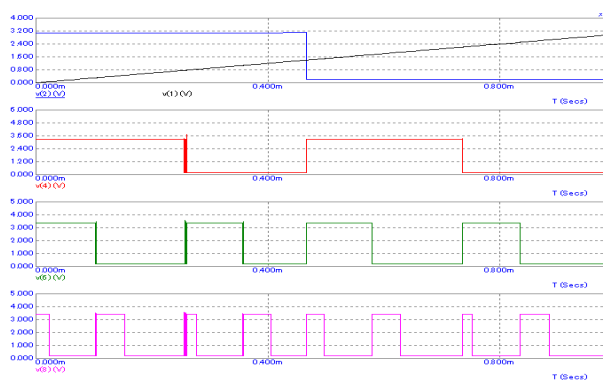


Рис. 2. Пример функционирования адаптивной системы кодирования, линейно пилообразный сигнал

Заключение

Таким образом, предложенная реализация позволяет оптимизировать загрузку канала, без введения предсказаний в передаваемый сигнал, что обычно используется в подобных случаях. На основании этого, в зависимости от назначения системы может быть достигнуто: увеличение объема передаваемой информации; повышение скорости передачи; экономия частотного ресурса, а также динамического диапазона канала.

Список литературы:

1. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 1104 с.
2. Алексенко А. Г., Шагури И. И. Микросхемотехника: Учеб. Пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1990. — 496 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ И РАССЕИВАНИЯ ТЕПЛА В ПРОЦЕССОРЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Н. Баранов

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Для исследования процессов потребления энергии и рассеивания тепла в процессоре строится имитационная модель. Данная модель позволяет собирать и хранить информацию о работе различных блоков процессора в позиционном режиме для ее последующего анализа.

В настоящее время разработчикам процессоров приходится решать большое число проблем, связанных с энергопотреблением и рассеиванием тепла блоками процессоров. Увеличение тактовой частоты процессоров, переход к многоядерности, уменьшение минимального топологического размера при проектировании приводят к увеличению энергопотребления и выделения тепла. Это приводит к необходимости разработки новых технологических приемов отвода тепла, что в свою очередь ведет к необходимости разработки специального программного обеспечения, которое позволило бы наблюдать процессы энергопотребления и рассеивания тепла в динамике.

Многие имитаторы микропроцессоров используют моделирование с точностью на уровне одного цикла работы процессора. Это означает, что имитатор не прибегает к использованию прогнозирования производительности, а рассчитывает временные показатели, имитируя реальную работу процессора. Хотя имитаторы уровня процессорного

цикла моделируют состояние всех подсистем процессора для одного цикла работы процессора, чаще всего эта информация используется лишь для сбора статистики. Многочисленные усреднения, которые неизбежно возникают во время сбора статистики, приводят к потере ценной для разработчиков информации и могут привести к ошибочным результатам при реализации новых аппаратных решений. Для предотвращения подобных проблем необходимо собирать и хранить информацию о каждом цикле моделирования.

В качестве основы имитационной модели используется имитатор M-sim [1]. Имитатор M-sim является многопоточным микропроцессорным имитатором с высоким уровнем детализации для ключевых системных показателей. Имитатор M-sim базируется на известном в университетской исследовательской среде имитаторе SimpleScalar 3.0d [2] и, соответственно, на модели процессоров с архитектурой Alpha.

Особенности имитатора M-sim:

- Поддержка моделирования конкурентного исполнения нескольких потоков, соответственно SMT-модели.
- Наличие возможности расчета энергопотребления различными блоками процессора.
- Использование реалистичных моделей конвейера процессора, регистровых файлов и кэш-памяти.
- Широкие возможности настройки модели процессора.

Так как данный имитатор предоставляет пользователю усредненную статистику работы блоков процессора, в имитатор встраивается дополнительный модуль, который собирает и хранит информацию о поцикловом энергопотреблении каждого отдельного блока процессора.

Для анализа полученной информации создана система графического представления (визуализации) результатов работы имитатора PowerVisor, основанная на автономном подходе.

Этот подход подразумевает, что сначала прогоняется весь объем циклов с созданием файла, хранящего информацию о работе блоков процессора в каждый отдельный цикл (файл-трассировка), а затем происходит его графическое представление. Связь между частями системы гра-

$$E_{\text{сум.}} = \sum_{i=1}^N (P_{\text{TXI}} * t_{\text{TXI}} + P_{\text{RXI}} * t_{\text{RXI}} + P_{\text{ACTIVE}} * t_{\text{ACTIVE}} + P_{\text{SLEEP}} * t_{\text{SLEEP}}); (2)$$

фического представления в данном случае осуществляется через файлы-трассировки. Обычно, модуль сбора информации, который интегрирован в имитатор или представляет собой внешний плагин, осуществляющий сбор, структурирование информации и сохранение ее в специальный файл-трассу. После завершения работы имитатора остается файл, содержащий всю необходимую информацию для визуализирования. Затем, программа-визуализатор открывает этот файл и осуществляет графическое представление. Основной проблемой такого подхода является необходимость хранения большого объема информации. Размер выходного файла сильно зависит от подробности формата файла трасс, это следует учитывать при разработке реальной системы. Для уменьшения размера выходного файла можно ограничивать число циклов моделирования, или записывать данные частично. Использование метода автономной визуализации позволяет визуализировать одну и ту же трассу множество раз, к тому же существует возможность возвращаться на определенное количество циклов моделирования и производить повторный анализ. Такой подход является более функциональным и универсальным. В настоящей работе для проектирования комплекса визуального анализа энергопотребления использован именно этот подход.

Так же в рамках проекта создана система для визуализации работы КЭШ-памяти – CacheVisor.

Данная система может быть применена:

- В процессе обучения для наглядной демонстрации процесса потребления энергии и рассеивания тепла различными блоками процессора.
- В процессе проектирования процессоров для расчета взаимного расположения блоков процессора, потребления энергии, характеристик системы охлаждения процессора.

Принципы и подходы, использованные в данном исследовании при построении имитационной модели, могут быть применены для описания любого другого микропроцессора.

Данная система поможет рассчитать энергопотребление и рассеивание тепла, избежать ошибок при проектировании новых процессоров, что в итоге приведет к сокращению времени и расходов на разработку микропроцессорной системы.

Список литературы:

1. Joseph J. Sharkey, Dmitry Ponomarev, Kanad Ghose M-SIM: A Flexible, Multithreaded Architectural Simulation Environment. State University of New York at Binghamton, 2005.
2. Austin, T., et al., "SimpleScalar: An Infrastructure for Computer System Modeling", IEEE Computer, February 2002.

«БЕЗЛИТЕРНОЕ» ПОСТРОЕНИЕ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКОВ В МОБИЛЬНЫХ РРС

И.С. Попов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

В работе рассматриваются вопросы построения мобильных (передвижных) радиорелейных станций (РРС). Мобильные РРС позволяют быстро развертывать сети связи в регионах в чрезвычайных ситуациях, когда стационарные системы либо отсутствуют, либо повреждены.

В работе проанализированы два возможных метода решения задачи «безлитерного» построения приемопередатчиков:

- использование принципа «временного дуплекса»;
- на основе приемопередатчика с коммутируемыми фильтрами.

Введение

Подвижные РРС находят достаточно широкое применение в сетях связи силовых ведомств, как в нашей стране, так и за рубежом. Несмотря на актуальность и востребованность данного направления техники, до сих пор в нашей стране отсутствуют подвижные РРС, отвечающие современным требованиям и возможностям. Имеющийся парк мобильных РРС разработан много лет назад, устарел и полностью выработал свой ресурс. Новые разработки находятся в начальной стадии и далеки от завершения.

Поэтому актуальной задачей является разработка нового поколения радиорелейного оборудования, отвечающего современным требованиям и учитывающего специфику подвижных РРС и вообще мобильных комплексов различного назначения.

Принципиальным отличием РРС высокоподвижных комплексов от стационарных РРС является необходимость перестройки рабочих частот во всем, либо в значительной части рабочего диапазона. Большинство стационарных передатчиков этой возможности лишены, перестройка рабочих частот требует значительных ресурсов и, обычно,

они настраиваются один раз – еще на заводе. «Безлитерное» построение приемопередатчиков подразумевает отказ от фиксированных частот и обеспечение возможности их адаптивной настройки. В данной работе рассмотрено два метода решения этой задачи.

Принцип коммутируемых фильтров

При использовании дуплексной связи возникает необходимость построения системы полосно-пропускающих фильтров, для выделения принимаемого и передаваемого сигналов. В [3, стр. 149] приведены сводные данные по основным частотным планам радиорелейных линий (РРЛ) сантиметрового диапазона волн в соответствии с рекомендациями Международного Союза Электросвязи (МСЭ). Одним из стандартных значений является ширина полосы в 500 МГц и разнос между принимаемой и передаваемой частотами в 266 МГц. Таким образом, для изменения рабочих частот необходимо сдвигать одновременно частоты приема и передачи, сохраняя, при этом, установленный разнос.

Эта задача является нетривиальной, одним из путей ее решения является применение системы коммутируемых полосно-пропускающих фильтров, настроенных на различные частоты. Это позволяет создать ряд заданных пар частот, на которых может работать РРС, посредством переключения пар фильтров. Однако подобная система весьма сложна и требует значительных ресурсов для ее создания. В России такая система была создана лишь однажды.

Принцип «Временного дуплекса»

Принцип «временного дуплекса» основан на разделении ресурса канала во времени и подразумевает последовательную прием и передачу сигнала (временное мультиплексирование).

Используя временное мультиплексирование, РРС может работать на одной рабочей частоте, на которой происходит как прием, так и передача сигнала. Данный метод позволяет избавиться от сложной системы фильтров, поскольку отпадает необходимость в разделении принимаемого и передаваемого сигнала. Благодаря этому, появляется возможность беспрепятственно изменять рабочую частоту во всем заданном диапазоне, ограничившись, при этом, всего лишь одним фильтром, настроенным на весь рабочий диапазон.

Заключение

Оба рассмотренных метода позволяют решить поставленную задачу, однако как более предпочтительный следует выделить принцип «временного дуплекса».

Основным недостатком принципа коммутируемых фильтров является большая трудоемкость разработки и создания системы использующий данный принцип. Кроме того он позволяет перестраивать частоты только в ограниченном дискретном наборе, не говоря уже о том, что диапазон изменения частоты уменьшится в несколько раз, по сравнению с принципом «временного дуплекса», из-за необходимости обеспечения разноса между частотами приема и передачи. Система, построенная на принципе временного дуплекса, будет более проста, а так же позволит легко перестраивать частоту во всем диапазоне рабочих частот. Однако использование принципа коммутируемых фильтров позволит увеличить пропускную способность канала в два раза по сравнению с принципом «временного дуплекса».

Применение того или иного принципа возможно и зависит от требований к устройству. Так, рекомендуется использовать принцип «временного дуплекса» для высококачественных систем, вынужденных работать в жесткой радиочастотной среде, а так же для систем использующих псевдослучайную перестройку частоты. Принцип коммутируемых фильтров рекомендуется для систем, к которым

требуется большая пропускная способность, но они работают в менее занятой радиочастотной обстановке.

Список литературы:

1. Справочник по радиорелейной связи. Каменский Н.Н., Модель А.М., Надененко Б.С. и др.; Под ред. С.В. Бородича. – Изд 2-е, перераб. И доп. – М.; Радио и связь, 1981. 416 с.
2. В. Безруков, С.А. Мусаелян. Радиорелейное оборудование на рынке России. Состояние и перспективы. В журнале Connect! Мир связи, №3, 1999 г.
3. И.М. Тепляков. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. М.: МИЭТ, 2003. – 264 с.

ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕТЕВОГО КОДИРОВАНИЯ И СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ ПРОТОКОЛА IEEE 802.15.4 ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОПРОСА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

А.А. Балагин

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Аннотация

Дается обзор и общая характеристика методов сетевого кодирования и средств имитационного моделирования беспроводных сенсорных сетей. Рассматриваются модели соответствующие стандарту IEEE 802.15.4.

Актуальность

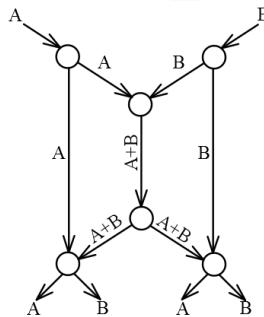
Сенсорные сети могут насчитывать сотни и тысячи узлов, которые собирают информацию, обрабатывают её и при необходимости отсылают устройству сбора данных.

В настоящее время стоимость компонентов сенсорных сетей достаточно велика, чтобы иметь возможность построить сеть значительных размеров для научных исследований. В этом случае актуальной является задача имитационного моделирования средствами, бесплатными для некоммерческого использования.

Обзор. Для объяснения принципов сетевого кодирования используют пример сети «бабочка». Рассмотрим сеть, показанную на рисунке, в которой есть один или два источника, генерирующего пакеты A и B, поступающих на вход сети «бабочка». Первые узлы, отвечающие за передачу информации, передают по одному пакету (A слева и B справа) на вход конечным узлам получателям. Также они передают эти пакеты промежуточному узлу, который, вместо передачи двух пакетов по очереди (и потере времени) комбинирует эти пакеты, например, с помощью операции XOR и передаёт далее.

Узлы-получатели имеют возможность восстановить исходные пакеты из информации об одном полученном пакете и их комбинации. В результате увеличивается пропускная способность сети — по два пакета может быть передано двум получателям одновременно (за каждый такт), хотя минимальное сечение сети содержит всего три канала передачи данных.

В отличие от статического сетевого кодирования, когда получателю известны все манипуляции, производимые с пакетом, также рассматривается вопрос о случайном сетевом кодировании, когда данная информация неизвестна.



В качестве основного способа рассматривается включение в передаваемый пакет дополнительной информации, идентифицирующей пакет в рамках некоторой сессии (считается, что комбинироваться могут пакеты принадлежащие только одной сессии). Например, это может быть простое битовое поле. Для рассмотренной выше сети бабочка данное битовое поле может состоять из двух бит для каждого пакета:

Пакет	Битовое поле
A	1 0
B	0 1
$A \oplus B$	1 1

Первый получатель получит два пакета с битовыми полями «1 0» и «1 1», второй получатель — «0 1» и «1 1». Используя это поле как информацию о коэффициентах линейного уравнения для пакетов, получатель может восстановить исходные пакеты, если они были переданы без ошибок.

Средства моделирования. При исследовании вопроса энергопотребления в беспроводных сенсорных сетях построенных на базе протокола IEEE 802.15.4 важно предварительно провести тестирование поведения сети. Эту работу следует проводить несколькими последовательными шагами, на различных уровнях детализации:

- аппаратные стенды (натурное моделирование);
- эмуляция (полунатурное моделирование);
- теоретические расчеты.

Ключевым решением при построении моделирующего средства является выбор среды для создания моделей, поскольку от этого будут зависеть возможности проведения экспериментов, представления результатов и доработки моделей.

На этапе построения модели возникает вопрос о выборе инструментария. При этом важными качествами для создания эффективной модели являются:

- детальная реализация протокола IEEE 802.15.4;
- возможность написания и подключения собственных модулей для реализации агентного подхода;
- платформенная независимость;
- открытый код;
- цена продукта.

На сегодняшний день существует множество инструментов моделирования, наиболее подходящих для анализа сетевых процессов:

1. NS-2 – объектно-ориентированный программный продукт, реализованный на языке C++. На базе ns2/nam возможна организация наглядной демонстрации функционирования протоколов и сетевых механизмов.

Для NS-2 существует модель, реализующая стандарт IEEE 802.15.4, разработанная Джинлиан Женгом.

В первых версиях модели были реализованы базовые функции сетевого уровня ZigBee, но позднее они были исключены из общего доступа, поскольку не в полной мере соответствовали данному стандарту. В связи с этим на текущий момент можно использовать только существующие в NS-2 протоколы маршрутизации, которые не до конца учитывают особенности беспроводных сенсорных сетей.

2. OPNET – средство для проектирования и моделирования локальных и глобальных сетей, компьютерных систем, приложений и распределенных систем. В версии OPNET Modeler 14.0 доступны модели узлов ZigBee, разработанные самой компанией OPNET. При этом исходный код модели сетевого уровня и уровня приложений скрыт

от пользователей. Доступен только код модели нижнего уровня 802.15.4.

Также существует модель узлов-сенсоров с открытым исходным кодом, соответствующая стандарту IEEE 802.15.4, разработкой, которой занимается сообщество OPEN-ZB. Разные версии данной модели работают с OPNET Modeler 10.5 и выше.

Модель OPEN-ZB реализует физический уровень и уровень доступа к среде, и соответствует стандарту IEEE 802.15.4. Версия модели 2.1 поддерживает только топологию звезда, где коммуникации происходят между конечными устройствами через центральное устройство, называемое координатором частной сети.

Модель ZigBee встроена в OPNET Modeler 14.0 и реализует не только физический уровень и уровень доступа к среде стандарта IEEE 802.15.4-2006, но и сетевой уровень ZigBee. Модель поддерживает топологии: звезда, дерево, и ячеистая сеть.

3. OMNeT++ представляет собой симулятор дискретных событий, которые происходят внутри простых модулей (simple modules). В системе OMNeT++ заложена детальная реализация протоколов, начиная от сетевого уровня, возможность написания и подключения собственных модулей, развитый графический интерфейс.

На базе среды моделирования OMNeT++ v.4 построен симулятор различных протоколов беспроводных сенсорных сетей Castalia (текущая версия 3.3). В нём также реализована модель соответствующая стандарту IEEE 802.15.4.

Особенностью данного симулятора является то, что команда разработчиков ставила перед собой задачу реализовать модели не только уровней передачи данных, но и смоделировать физические процессы, данные о которых собираются в узлах. В результате получается, что беспроводные сенсоры связаны между собой не только беспроводными каналами связи, но и физическим процессом параметры которого они измеряют.

4. Contiki. В 2003 году была разработана новая операционная система для встраиваемых систем с ограниченными ресурсами - Contiki. Ядро и большинство основных функций были разработаны Адамом Данкелсом и группой Networked Embedded Systems в Swedish Institute of Computer Science (SICS). Операционная система уже перенесена на множество платформ, среди которых AVR, dsPIC, JN5139, JN5148 и др.

Система Contiki так же включает в себя сетевой симулятор - Cooja, которой имитирует работу сети, состоящую из узлов Contiki. Каждый узел "собирается" симулятором под определенные платформы и с перечнем прикладных приложений, которые можно подгружать динамически в ходе отладки сценария работы симулятора.

Список литературы:

1. Э.М. Габидулин, Н.И. Пилипчук, А.И. Колыбельников, А.В. Уривский, С.М. Владимиров, А.А. Григорьев Московский физико-технический институт (государственный университет) "Сетевое кодирование", 2009
2. OMNeT++. <http://www.omnetpp.org/>.
3. OPNET. <http://opnet.com/>
4. Castalia. <http://castalia.npc.nicta.com.au/>
5. <https://www.sics.se/>
6. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>

Wi-Fi ПЛАТФОРМА «ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ»

Н.А. Лукинов, В.А. Ильичев
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

Аннотация

В работе рассматривается разработанная нами платформа согласно концепции «интернет вещей» позволяющая реализовать удалённое управление и мониторинг состояния вещей на базе беспроводной сети Wi-Fi. Приводятся аналоги разработанной платформы. Рассматриваются достоинства, недостатки и перспективы развития разработки.

Введение

Концепция Интернет Вещей представляет собой уникально опознаваемые объекты (вещи) и их представлением в подобной Интернету структуре. Если все объекты повседневной жизни оборудовать радио-признаками, то они могут быть идентифицированы в сети, передавать данные и удаленно управляться с помощью компьютеров, мобильных телефонов.

Каждое устройство обладает уникальным адресом в сети, что позволяет обратиться к конкретному устройству для анализа данных и управления им.

Со всеми объектами в мире, оборудованными устройствами идентификации можно связываться удаленно, считывать информацию и с помощью программного обеспечения управлять любым устройством.

Устройства могут управляться удаленно, как мобильными, так и стационарными вычислительными машинами, что позволяет в режиме реального времени иметь совместный защищенный доступ к информации о том или ином объекте, а также управление им.

Основная цель работы – это разработка беспроводной платформы интегрируемой с повсеместно используемыми сетями передачи данных для создания сети разнообразных датчиков в целях мониторинга и управления устройствами.

Был разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий подключать приборы с помощью широко распространенного стандарта IEEE 802.11 в сеть, передавать данные по локальной и интернет сети, организуя систему интернет вещей.

Аналоги разрабатываемой системы:

- ioBridge WEB платформа для удаленного управления и мониторинга данных с устройств определяющих температуру воздуха, количество потребляемой энергии различными приборами, анализ этих данных и вывод на мобильные устройства
- HP Sense Platform математические и физические разработки для платформ, которые формируют новую информационную экосистему
- NanoService (NSP) является гибким и хорошо масштабируемым продуктом, разработанным, чтобы позволить развертывание приложений M2M на личном сервере, облаке или на общем облаке
- Arkessa позволяет отдаленным устройствам работать, контролироваться и управляться, как если бы они были связаны непосредственно с рабочим столом, таблеткой или телефоном. Связь с устройством защищена. Каждому устройству для связи дается уникальный идентификатор
- Evrythng - служба, которая позволяет легко, и надежно совместно использовать устройство или иметь доступ к информации в реальном времени

Компоненты универсальной платформы

Wi-Fi платформа «интернет вещей» позволяет разрабатывать устройства соответствующие данной концепции на базе стандарта IEEE 802.11. С помощью разработанной универсальной платформы и программного обеспечения можно получать данные адресуемые через интернет с любого устройства.

Данная платформа позволяет легко подключить любое устройство к уже существующим сетям стандарта IEEE 802.11, и предоставить любому пользователю интерфейс для управления своими приборами и сбора с них данных.

Для передачи данных используется протокол TCP/IP, благодаря которому используется как в стандарте 802.11 (Wi-Fi) так и 802.3 (Ethernet), что предоставляет возможность использовать в качестве шлюза Wi-Fi роутер.

Для передачи данных в интернет используется обычный Wi-Fi роутер, позволяющий любому датчику иметь доступ к Интернет ресурсам, и быть видимым из сети.

Предлагаемое решение

Разрабатываемая платформа позволяет передавать данные о состоянии датчиков в интернет, и реализовать удаленное управление устройствами.

Аппаратная часть состоит из устройства RN-134, которое по сетевому стандарту IEEE 802.11 передаёт данные на сервер с помощью GET запросов, а также с помощью удаленного соединения позволяет управлять устройством.

Программная часть включает в себя программное обеспечение платформы, выполняющее сетевые функции, драйвера.

Данные о состоянии датчиков отображаются на WEB сервисе, который доступен с любого мобильного устройства имеющего интернет подключение и интернет браузер.

Особенности системы

Wi-Fi сеть – Wi-Fi устройства широко распространены на рынке. Гарантируется совместимость оборудования благодаря обязательной сертификации оборудования.

Преимущества стандарта 802.11

- Энергопотребление: 20-30мА
- Совместимость – возможность подключить к любому Wi-Fi роутеру
- Стоимость – до 10\$ за оборудование устройства, содержащий микроконтроллер, приемопередатчик, антенну и датчик.
- Габариты устройств – малые габариты благодаря низкому энергопотреблению, нет необходимости снабжать устройства большими источниками питания.
- Надёжность (отказоустойчивость) - устойчивость к отказам отдельных элементов сети (наличие множества альтернативных маршрутов для пакетов).

На базе данной платформы была разработана Wi-Fi розетка, позволяющая включать и выключать питание из любой точки мира.

Заключение

Система может широко применяться в промышленной среде и повседневной жизни.

В дальнейшем планируется:

- увеличение количества поддерживаемых датчиков;
- расширение областей применения;
- подключение к системе существующим системам анализа данных.

Список литературы:

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things
2. <http://test.tag4m.com/>

ГАРМОНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОКА ТЯГОВОЙ СЕТИ КАК ИСТОЧНИК ПОМЕХИ НА СЕТЬ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

А.С. Глозов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Все элементы устройств, входящих в состав телекоммуникации автоматики и телемеханики, делятся на обеспечивающие функциональное назначение и повышающие надежность работы. Включение в состав устройств автоблокировки элементов, повышающих надежность работы, безусловно, усложняет схему, но связано с необходимостью функционирования данной системы в условиях влияния помех от тяговой сети. Чтобы оценить эффективность устройств, обеспечивающих электромагнитную совместимость тяговой сети и автоблокировки, необходимо рассмотреть их действие во всех режимах работы тяговой сети (ТС).

Различают следующие режимы работы системы электроснабжения: нормальный, вынужденный и короткого замыкания. При нормальном режиме включены все тяговые подстанции, посты секционирования и пункты параллельного соединения контактной сети. Вынужденный режим работы возникает при отключении по каким-либо причинам одной из тяговых подстанций; поезда обеспечиваются электроэнергией от работающих подстанций при увеличенном расстоянии между ними. Режим короткого замыкания (к.з.) наступает при нарушении изоляции в контактной сети или на подвижном составе и характеризуется кратковременным значительным импульсом тока в тяговой сети с последующим снятием напряжения с участка секционирования, на котором произошло короткое замыкание. Значения токов нагрузки при различных режимах работы системы электроснабжения приведены в таблице 1

Таблица 1. Токи в различных режимах работы ТС

Вид нагрузки	Ток нагрузки при режиме работы тяговой сети, кА		
	Нормальный	Вынужденный	Короткое замыкание
Одинокная в любой точке рельсовой цепи	0,1-0,2	0,1-0,2	7,4-13,9
Тяговая подстанция	0,3-0,8	0,5-1,2	9,1-16,7

Воздействие влияния тяговой сети на автоблокировку также зависит от гармонического состава тягового тока.

Гармонический состав тока в тяговой сети переменного тока как источник помехи. Данное паразитное явление попадает во все цепи сети телекоммуникации от передающих генераторов до приемных декодеров в области тональной частоты.

На электрифицированных железных дорогах с питанием электроподвижного состава (ЭПС) от контактной сети однофазного переменного тока преобразовательные агрегаты устанавливают непосредственно на ЭПС.

На ЭПС переменного тока применяются двухполупериодные схемы выпрямления преимущественно на электровозах с полупроводниковыми выпрямителями, имеющими жидкостное охлаждение. На сегодня основной схемой силовых преобразователей отечественных электровозов переменного тока является однофазная мостовая схема, которая может быть реализована на основе неуправляемых (диодов) или управляемых (тиристоров) вентилей. В зависимости от типа используемых вентилей различают системы амплитудного и зонно-фазового регулирования выпрямленного напряжения, подводимого к тяговым двигателям. Широкое распространение получили многозонные выпрямительно-инверторные установки.

В настоящее время на электрифицированных железных дорогах переменного тока эксплуатируются электровозы с неуправляемыми и управляемыми выпрямителями, собранными по двухполупериодной или мостовой схемам.

Известно, что ток, потребляемый электровозом, сильно искажен. Это обусловлено в первую очередь работой выпрямителя. Однако, помимо этого, система тягового электроснабжения (СТЭ) характеризуется факторами, которые также во многом определяют форму кривой тока.

Порядок высших гармоник тока выпрямителя определяется его типом. При двухполупериодной схеме выпрямления в кривой вентильного (вторичного) и сетевого тока трансформатора содержатся гармоники с порядковыми номерами, определяемые выражением: $n=m \cdot l + 1$, где m число пульсаций выпрямленного напряжения, а $l = 0, 1, 2, 3, \dots$

Таким образом, в кривой тока ЭПС со стороны переменного напряжения содержатся гармоники с номерами 1, 3, 5... , т.е. все нечетные гармоники. Как показывают экспериментальные исследования, наибольших значений достигают третья, пятая и седьмая гармоники.

На тяговой подстанции (ТП) ток фидеров в нормальном нагрузочном режиме определяется током, потребляемым ЭПС на междуподстанционной зоне. Однако, необходимо учитывать такие особенности СТЭ переменного тока как емкостные и уравнивающие токи.

Наличие распределенной емкости в тяговой сети вызывает появление емкостного тока, который протекает по фидеру ТП независимо от наличия ЭПС на фидерной зоне. Экспериментальные исследования показывают, что емкостной ток имеет форму, сильно отличающуюся от синусоиды. При этом, в зависимости от схемы питания контактной сети, вследствие волновых процессов, могут резонировать высшие гармоники порядка 15-27 и достигать 50-60% от гармоники частотой 50 Гц. Однако, из-за того, что величина тока емкости на различных междуподстанционных зонах как правило не превышает 5-7 А, его влияние на форму тока фидера незначительно. Поэтому можно считать, что при одностороннем питании контактной сети ток фидера повторяет форму тока, потребляемого ЭПС.

В связи с наличием в тяговой сети переменного тока уравнивающих токов, обусловленных неравенством напряжений на шинах подстанций и перетоками мощностей, спектр тока фидеров подстанции при двустороннем питании междуподстанционной зоны значительно отличается от спектра тока электровоза. Это объясняется тем, что почти синусоидальный ток складывается с первой гармоникой тока электровоза, протекающей по фидеру одной подстанции, и вычитается из первой гармоники тягового тока фидера противоположной подстанции.

Величина уравнивающего тока изменяется на различных участках от 20 до 160 А. Если по фидеру одной ТП протекает сумма уравнивающего и нагрузочного токов, то по фидеру другой - их разность. Таким образом, фактически не влияя на абсолютные величины высших гармоник в токе фидера, уравнивающий ток может сильно изменять их относительные значения. Если основная гармоника тока нагрузки складывается с уравнивающим током, относительные величины высших гармоник в токе фидера резко снижаются. Поэтому относительные значения гармоник тока фидера изменяются в более широких пределах, чем в токе ЭПС. Например, третья гармоника может составлять 7-10% от основной гармоники. Очевидно, что с ростом нагрузки влияние уравнивающих токов на ток фидера снижается, и его форма приближается к теоретической.

Фаза уравнивающего тока может находиться во всех четырех квадрантах фазовой плоскости. Это обусловлено прежде всего направлением перетоков мощностей в системе тягового электроснабжения, которые во многом определяются режимами её работы. Таким образом, при опре-

деленных условиях, направление уравнивающего тока в тяговой сети может поменять направление на противоположное. При этом по фидеру подстанции, где протекала сумма уравнивающего и тягового токов, будет протекать их разность. По фидеру противоположной подстанции, соответственно, будет протекать сумма основных гармоник уравнивающего и тягового токов. Время смены направления уравнивающих токов в тяговой сети обусловлено характером самого переходного процесса, протекающего в системе внешнего электроснабжения. Если оно стремится к нулю, то в этом случае наблюдается фактически мгновенное приращение тока фидера на основной гармонике на величину, равную значению уравнивающего тока, что может привести к ложному срабатыванию релейной защиты, основанной на контроле за относительным значением высших гармоник в приращении тока.

Индуктивности в цепях коммутации и, в незначительной степени, в цепи выпрямленного тока оказывают влияние на процесс коммутации и, следовательно, на относительное содержание высших гармоник в первичном токе ЭПС. При этом влияние на отдельные высшие гармоники тока трансформатора электровоза одинаково. Несколько иначе обстоит дело со спектром тока фидера.

Контактная сеть представляет собой линию с распределенными параметрами, которая обладает индуктивным емкостным сопротивлением. Наличие распределенной емкости контактной сети вносит изменение в гармонический состав тягового тока, протекающего по фидеру тяговой подстанции. В моменты завершения коммутации тока вентилями на ЭПС, соответствующие включению в цепь переменного тока всей индуктивности цепи выпрямленного тока. При этом происходит мгновенное изменение скорости нарастания переменного тока. При этом происходит мгновенное изменение скорости нарастания переменного тока ЭПС и, следовательно, мгновенное изменение напряжения на токоприемнике. Однако, из-за наличия емкости, напряжение в тяговой сети мгновенно измениться не может и поэтому в моменты завершения коммутации в тяговой сети возникают переходные процессы в форме затухающих колебаний. Это вызывает ещё большее искажение формы кривой тока тяговой сети, которую можно рассматривать как результат наложения свободных (резонансных) колебаний, возникающих в моменты завершения коммутации, на основную форму первичного тока электровоза, определяемую режимом работы электровоза.

Индуктивные сопротивления контактной сети, трансформаторов подстанции, ЭПС и цепи выпрямленного напряжения в совокупности с емкостным сопротивлением тяговой сети приводят к тому, что в системе "тяговая подстанция - электровоз" возникает резонанс на каких-либо высших гармониках, порядок определяется вышеперечисленными параметрами.

АРХИТЕКТУРА WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНТЕРНЕТ-ВЕЩЕЙ

*Н.А. Пилипенко
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

В данной работе производится обзор существующих протоколов и технологий, используемых в концепции Web'a Вещей. Определяются основные проблемы данного направления. И предлагается архитектура web-ориентированной платформы для взаимодействия интернет-вещей.

Введение

Интернет Вещей (Internet of Things) [1, 2] – это концепция пространства, предполагающая единую сеть, в которой все объекты реального и цифрового окружения могут быть совмещены. Основной целью Интернета Вещей является предоставление доступа в сеть предметам реального мира.

Сегодня все существующие "умные вещи" представляют собой изолированные острова, которые не могут взаимодействовать, обмениваться информацией и использоваться совместно для достижения максимальной пользы. Причиной этого является отсутствие существующих стандартов и наличие множества закрытых протоколов и технологий. Переход на Web-ориентированную платформу с применением открытых Web-стандартов позволит использовать единые форматы представления данных и протоколы для организации взаимодействия и совместного использования устройств. В результате разработчики легко смогут создавать мобильные, Web или Desktop приложения без необходимости изучения протоколов каждого отдельного устройства.

Целью настоящей работы является разработка архитектуры Web-ориентированной платформы, предназначенной для взаимодействия интернет-вещей и упрощения организации доступа к ним.

Объектом исследования является концепция Интернета Вещей, связанные с ней технологии, а так же Web-стандарты.

Задачи исследования:

- провести аналитический обзор существующих посреднических платформ данных;
- изучить существующие протоколы передачи данных прикладного уровня с целью применения их для взаимодействия интернет-вещей;
- разработать архитектуру посреднической платформы данных.

Web Вещей

Следующим логическим шагом развития Интернета Вещей является переход на более высокий уровень – прикладной. Web Вещей (Web of Things) расширяет понятие Интернета Вещей, предполагая интеграцию умных вещей не только в сеть Интернет, но и в Web, то есть на уровень приложений.

Вместо использования HTTP в качестве транспортного протокола (как реализуется в случае WS-* Web-сервисов) предлагается интеграция устройств в качестве полноценной составляющей сети с использованием HTTP, как протокола прикладного уровня. Для решения поставленной задачи предлагается использование REST (Representational State Transfer)-архитектуры [3], описывающей простой интерфейс управления информацией, не требующий специализированных API, и дополнительных структур данных.

REST в полной мере использует такие возможности HTTP, как аутентификация, шифрование, кэширование, сжатие. Таким образом, обеспечивается возможность связи между собой ресурсов и доступа к ним без необходимости создания сложных исходных кодов, описания интерфейсов сервисов и т.д.

Отличительные особенности REST-архитектуры:

1. Модель приложений, ориентированная на данные. То есть "всё", что предоставляет услуги, становится ресурсом. Для идентификации ресурсов используется универсальный идентификатор (URI).

Например, адрес устройства может выглядеть так:

http://{HOST}/Devices/Thermometer.

Конкретное показание прибора может быть доступно по такому адресу:

http://{HOST}/Devices/Thermometer/Temperature.

2. Доступ к ресурсам осуществляется через единый интерфейс. Существует всего четыре операции над ресурсом, предусмотренные HTTP протоколом. GET – получение данных от ресурса (конкретный показатель). PUT – обновление данных ресурса. DELETE – удаление ресурса. POST – создание нового ресурса.

3. Самоописываемые форматы данных. Взаимодействие распределенных систем должно происходить без использования дополнительных соглашений. Например, HTML не требует использования дополнительных соглашений со стороны пользователей. Для общения машин может использоваться XML или JSON. Например, формат ответа Sun SPOT [4] датчика имеет следующий вид:

```
{ "values": [{"lightlevel": [80]}, {"threshold": [-1,37]} ] }
```

Однако ресурс-ориентированный подход не является универсальным решением. Как правило, он используется для простых сервисов, не требующих сложных входных или выходных данных, чего вполне достаточно для взаимодействия со встраиваемыми системами.

На сегодня существует 3 подхода к организации взаимодействия с приборами.

1. Прямой доступ. Устройство выполняет функции Web-сервера.

2. Доступ через интернет-шлюз. Функции Web-сервера выполняет шлюз, который далее может осуществлять взаимодействия с устройствами по другим протоколам, отличным от HTTP.

3. Доступ через посреднические платформы данных. Является наиболее перспективным, т.к. снижает требования к производительности приборов и предлагает множество дополнительных сервисов по управлению данными.

Посреднические платформы данных

Основной целью использования посреднических платформ данных является упрощение поиска, контроля, визуализации и обмена данными с различными "вещами".

В основе данного подхода лежит централизованное хранилище данных. Каждое устройство, имеющее доступ в сеть, должно быть зарегистрировано в системе, прежде чем оно сможет начать передачу данных. Набор инструментов, предоставляемых платформами, существенно упрощает разработку новых приложения для взаимодействия с объектами и управления ими.

Новейшие M2M и IoT системы, такие как AirVantage, ThingWorx и Axeda предоставляют набор инструментов для создания "end-to-end" решений, зачастую используя частные источники данных. Они не нацелены на открытое использование и не предоставляют интерфейс для легкого создания решений сторонними разработчиками.

Такие системы как Cosm, Open Sen.se, ThingSpeak, Paraimpu, SenseWeb и другие больше нацелены на удовлетворение потребностей Web-разработчиков. Они предоставляют набор инструментов для обработки, хранения и визуализации данных, могут быть интегрированы с социальными сетями, CRM и прочими системами.

Несмотря на все описанные достоинства и возможности, существует и ряд проблем, связанных с данным подходом.

Существующие проблемы

Порядок взаимодействия приборов с системой. Периодический опрос приборов для передачи данных требуется даже в случае отсутствия обновленных данных, что может снижать время функционирования устройств без внешних источников питания. Если же устройство должно являться инициатором начала передачи данных, тогда возникает проблема с возможностью управления прибором. Одним из решений может быть использование модели публикации/подписка, например, используя сервис PubSubHubbub.

Для поиска вещей в сети, а так же поиска вещами необходимых данных не подходят существующие алгоритмы поиска информации на интернет-страницах. Соответственно

возникает необходимость в новом динамическом масштабируемом механизме поиска, реорганизации структур представления данных в сети. Новейшие разработки в области семантического описания, которые встраиваются в HTML, такие как микроформаты или RDFa могут способствовать решению данной проблемы.

В случае, когда производительность и время автономной работы имеют решающее значение использование оптимизированных протоколов, минимизирующих сетевое взаимодействие и задержки, будет оставаться наилучшим вариантом. В качестве такого протокола может быть предложен MQTT [5], который является менее тяжеловесным, по сравнению с HTTP.

Ни одно из рассмотренных решений не учитывает так же, что приборы могут передавать не только периодически изменяющиеся данные, но и потоки данных (например, видео). Соответственно, необходимо наличие протокола, обеспечивающего возможность потоковой передачи данных. Для этой цели могут быть использованы существующие средства доставки медиа контента, такие как метод прогрессивной загрузки (Progressive Download), работающий на основе HTTP, или же протокол RTSP (Real-Time Streaming Protocol). Однако с развитием HTML5 более перспективным выглядит использование технологии WebSocket, поддержка которой уже обеспечивается большинством современных Web-браузеров. Данная технология ориентирована на Web-приложения с интенсивным обменом информацией, требовательных к скорости передачи данных, и, соответственно, является наилучшим решением поставленной задачи. Альтернативным вариантом, однако не ориентированном на Web, может быть использование протокола MQTT, производительности которого должно быть достаточно для решения данной проблемы.

Web-ориентированная архитектура

Предлагаемая архитектура включает в себя следующие компоненты:

1. RESTful Web-сервис – предоставляет единый интерфейс для работы с данными.

2. Web-сайт, который выступает клиентом Web-сервиса – предназначен для визуализации данных и предоставляет расширенный инструментарий для работы с сервисом.

3. MQTT-сервер (например, Mosquitto) – служит для передачи данных по протоколу MQTT.

4. HTTP-MQTT мост – предназначен для трансляции данных между сервисом и MQTT-сервером.

5. WebSocket-сервер, который может выступать частью Web-сервиса – предназначен для передачи данных в реальном времени между Web-приложениями. В качестве протокола более высокого уровня может быть использован протокол MQTT (например, "MQTT over Websockets").

На рисунке 1 представлен пример работы системы, построенной в соответствии с заданной архитектурой.



Рис. 1. Пример работы системы.

HTTP и MQTT имеют схожие системы идентификации ресурсов, что существенно упрощает трансляцию данных между Web-сервисом и MQTT-сервером.

Важной особенностью является то, что при разработке системы, соответствующей данной архитектуре, требуется только реализация Web-сервиса и Web-сайта. Под остальные компоненты уже существуют готовые решения, в том числе и Open Source, поэтому они требуют только корректной конфигурации.

Заключение

В рамках данной работы был выполнен обзор и анализ существующих посреднических платформ данных, определены основные проблемы в области Web'a вещей и изучены технологии, которые могут быть использованы для решения этих проблем.

В результате данной работы была разработана архитектура Web-ориентированной посреднической платформы данных, служащей для взаимодействия интернет-вещей, которая должна решить проблемы асинхронного взаимодействия между устройствами и сервером, передачи данных в реальном времени, а так же существенно снизить нагрузку на встраиваемые устройства с ограниченным временем автономной работы.

Список литературы:

1. Восков Л.С. Интернет вещей // "Новые информационные технологии". Тезисы докладов XX Международной студенческой конференции-школы-семинара, М.: МИЭМ, 2012 (89-94).
2. Vision and Challenges for Realising the Internet of Things // Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.
3. D. Guinard, V. Trifa, E. Wilde. A resource oriented architecture for the Web of Things // Internet of Things (IoT), 2010 (Tokyo, Japan).
4. D. Guinard, V. Trifa, T. Pham, O. Liechti. Towards physical mashups in the Web of Things // Proc. of the Sixth International Conference on Networked Sensing Systems, (INSS), 2009 (1-4).
5. Valerie Lampkin, Weng Tat Leong, Leonardo Olivera, Sweta Rawat, Nagesh Subrahmanyam, Rong Xiang "Building Smarter Planet Solutions with MQTT and IBM WebSphere MQ Telemetry", 2012.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ КАМЕР С АВТОНОМНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ

А.В. Карпов

*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

В данной работе предлагается метод повышения энергетической эффективности беспроводной сенсорной сети камер с автономными источниками питания, заключающийся в осуществлении процесса распознавания объектов на изображениях непосредственно маломощными оконечными узлами системы.

Введение

Сенсорная сеть камер (Camera Sensor Network) – беспроводная сенсорная сеть, где в качестве основного сенсора используется маломощная камера. Для сенсорных сетей характерна низкая скорость передачи данных, большое количество узлов, распределённость сети, маломощность устройств, входящих в систему, а также возможность их автономной работы.

Главной задачей сетей камер является распределенный удаленный мониторинг объектов, с помощью получения камерами изображений в разных точках пространства. Поэтому областями применения являются экомониторинг, использование при стихийных бедствиях, таких как пожары, наводнения, когда существующая инфраструктура может быть недоступна или уничтожена. Кроме того, сенсорные сети камер могут использоваться в качестве универсальных оптических сенсоров, способных обнаруживать некоторые изменения состояний объектов, наступление определенных событий, проводить измерения характеристик объектов, например, считывать показания с различных приборов учета, которые не имеют внешних цифровых интерфейсов, отслеживать положение вентилях, детектировать незаконные вторжения на территорию и т.д.

Основным требованием при построении сенсорных сетей является длительное время автономной работы устройств, входящих в систему, и сети в целом. Поскольку в качестве датчиков используются камеры и объемы данных значительно увеличиваются, а возможности устройств ограничены (небольшие вычислительные ресурсы, полоса пропускания, запасы энергии, малый объем памяти), то для увеличения времени автономной работы всей сети необходимо учитывать энергетическую эффективность её функционирования.

Основной целью работы является повышение энергетической эффективности функционирования беспроводной сенсорной сети камер с автономными источниками питания.

В статье определяется понятие энергетической эффективности, проводится анализ методов повышения энергоэффективности работы сенсорной сети камер, предлагается свой метод, описываются результаты работы, делаются выводы.

Энергетическая эффективность

Эффективность работы любой системы можно определить как отношение полезной работы (выполняемых функций) к затрачиваемым ресурсам. В случае использования в качестве критерия эффективности затрат энергетических ресурсов системы, мы получим отношение полезной работы к количеству энергии, затраченной при совершении полезной работы.

Основная цель развертывания сети камер состоит в удаленном получении информации об объектах мониторинга и её передача на центральный узел системы в течение длительного промежутка времени. Получение и передача информации требуют затрат энергетических ресурсов. Поскольку устройства в системе являются автономными, то запасы энергетических ресурсов сильно ограничены, и эффективность функционирования сети, главным образом, определяется количеством переданной информации по отношению к затратам энергетических ресурсов. Для повышения эффективности использования энергетических ресурсов сети необходимо максимизировать количество передаваемой полезной информации по сети и минимизировать суммарные затраты энергии узлами сети.

Расчет энергоэффективности проводится по формуле:

$$C = \sum_N \frac{L_{init}}{E_{total}}$$

$$E_{total} > 0,$$

где L_{init} – первоначальный размер изображения (байт),

E_{total} – энергия, затрачиваемая всей сетью на осуществление процесса получения, обработки и передачи информации с оконечного устройства центральному узлу,

N – количество изображений, требующих передачи.

На энергопотребление сети влияет:

- Характеристика аппаратных средств элементов сети, возможность перехода устройств в режим пониженного энергопотребления;

- Частота сбора и передачи данных, зависящая от приложения;

- Общий объем передаваемых данных;
- Протоколы физического (формат кадров) и канального (механизмы контроля доступа к среде) уровней;

- Архитектура сети, определяющая количество уровней устройств;

- Топология сети;
- Используемый протокол маршрутизации, добавляющий в сеть дополнительный служебный трафик.

Энергоэффективность работы сети можно изменить с помощью использования различных методов, влияющих на перечисленные факторы.

Методы повышения энергетической эффективности сенсорной сети камер

1) Синхронизация работы устройств в сети для увеличения времени нахождения узлов в режиме пониженного энергопотребления, например, работа по расписанию.

2) Метод построения гетерогенной сети основан на применении камер различного разрешения, потребляемой мощности, вычислительных возможностей, использовании датчиков-актуаторов. В статье [1] рассматриваются проблемы визуальных сенсорных сетей. Авторы выделяют несколько типов архитектур сетей: гомогенная (сеть состоит из узлов с одинаковыми вычислительными возможностями) и гетерогенная сеть (сеть состоит из устройств с разными характеристиками и возможностями, которые выделяются в уровни). Количество устройств при переходе от нижнего уровня к более высокому уровню уменьшается, а их энергопотребление увеличивается. Примером многоуровневой гетерогенной архитектуры является система SensEye, разработанная для приложений наблюдения [2, 3].

3) Метод агрегирования данных и энергоэффективной передачи изображений.

Затраты энергии всей сети можно сократить, снизив затраты на передачу. Одним из способов уменьшения затрат энергии на передачу является объединение сенсорным узлом данных, полученных от нескольких соседних узлов, в случае разных точек обзора камер и наличия одинаковых областей, так называемых перекрытий, на изображениях (агрегирование данных). Авторы [4] предлагают несколько методов передачи изображений между оконечными узлами и их соседями при агрегировании данных.

4) Методы, связанные с обработкой изображений на оконечном узле:

а) использование алгоритмов внутрикадрового сжатия изображений.

Все алгоритмы сжатия можно разделить на две категории: с потерями и без потерь. Алгоритмы сжатия с потерями широко распространены, поскольку они дают большую степень сжатия по сравнению с алгоритмами без потерь, несмотря на то, что качество изображения снижается.

В работе [5] исследуется вопрос баланса между вычислительными затратами на стороне маломощной камеры и затратами на передачу изображения по сети. Рассматривается применение камеры для получения показаний со счетчика. Перед передачей изображения, авторы проводят его предобработку, осуществляя субдискретизацию, которая заключается в снижении разрешения изображения.

б) предобработка изображений на узле (вычитание фона [6], детектирование движения [7], например, на основе разности пикселей нескольких кадров, бинаризация изображения, детектирование краев, и т.д.). Таким образом,

сокращается количество передаваемой информации между устройствами.

Метод распознавания объектов на изображениях на стороне оконечных узлов

Предлагаемый метод можно отнести к распределённому принципу анализа информации. Он предполагает осуществление всего процесса распознавания объектов на стороне оконечных узлов. Результаты анализа передаются другим устройствам системы. Это позволяет значительно снизить количество передаваемых по сети данных, их объем становится сравнимым с объемом данных при использовании датчиков температуры, давления, освещенности.

Важной задачей является поиск алгоритмов обработки и распознавания простых объектов на изображениях, работающих в условиях ограниченности ресурсов. Дальнейшее исследование энергетической эффективности работы сенсорной сети проводилось на примере распознавания цифр.

В процессе работы были выведены формулы энергии и мощности, затрачиваемые узлами сети (оконечный узел, маршрутизатор, координатор). В состав сети входят оконечное устройство, маршрутизатор и координатор. Была рассчитана энергия, затрачиваемая всей сетью для случаев:

1) получение и передача необработанного изображения;

2) получение и передача сжатого изображения (алгоритм JPEG);

3) получение и передача части изображения (предобработка на узле - бинаризация);

4) получение изображения, распознавание объекта на изображении и передача полученных данных.

В Табл. 1 приводятся рассчитанные показатели энергетической эффективности для описанных случаев.

Таблица 1.

Показатель энергоэффективности для разных методов передачи информации

	Показатель энергоэффективности (байт/мДж)
Необработанное изображение	18,60
Сжатие (JPEG)	23,64
Предобработка	23,80
Распознавание	45,90

Как видно из таблицы, распознавание объектов на изображении в несколько раз повышает энергоэффективность работы системы по сравнению с другими методами.

Данный метод может использоваться в системах мониторинга объектов с низкой детализацией, состоящих из простых геометрических фигур, когда системе не требуется передавать изображения, а необходимо получение информации об изменении состояний объекта. Кроме того, энергия, затрачиваемая на процесс распознавания и передачи, должна быть меньше общей энергии, затрачиваемой на передачу исходного изображения координатору.

Заключение

Распознавание объектов на стороне маломощных оконечных устройств может использоваться как метод повышения энергетической эффективности работы сенсорной сети камер с автономными источниками питания.

Предложенный метод может быть реализован в приложениях, не требующих обязательной передачи изображений от оконечных узлов центральному узлу, а энергия, потребляемая при распознавании объекта на изображении и последующей его передаче, должна быть меньше энергии, затрачиваемой на передачу исходного изображения.

Расчетная оценка показывает, что при использовании метода распознавания образов на оконечных маломощных узлах системы повышает энергоэффективность её работы в несколько раз.

Список литературы:

1. Youssef Charfi, Bell Canada, Naoik Wakamiya and Masayuki Murata, «Challenging Issues in Visual Sensor Networks», IEEE Wireless Communications, 2009
2. Purushottam Kulkarni, Deepak Ganesan, Prashant Shenoy «The case for multi-tier camera sensor networks», ACM 2005
3. P. Kulkarni et al., «Senseye: A Multi-Tier Camera Sensor Network,» Proc. 13th Annual ACM Int'l. Conf. Multimedia, 2005
4. King-Shan Lui and Edmund Y. Lam, «Image Transmission in Sensor Networks», IEEE, 2005
5. L. Ferrigno, S. Marano, V. Paciolo, A. Pietrosanto, «Balancing computational and transmission power consumption in wireless image sensor networks», IEEE International Conference on VECIMS, 2005
6. Н.Н.Кенчаннавар, С.С.Кудтार्кар, У.П.Кулкарни, «Energy Efficient Data Processing In Visual Sensor Network», International Journal of CS & IT, 2010
7. R.Zilan, J.M.Barcelo-Ordinas, B.Tavli, «Image Recognition Traffic Patterns for Wireless Multimedia Sensor Networks», Wireless Systems and Mobility in Next Generation Internet, 2008
8. Zhiwei He, Jilin Liu, Hongqing Ma, and Peihong Li, «A New Automatic Extraction Method of Container Identity Codes», IEEE, 2005

ИСПЫТАНИЯ И АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АЛГОРИТМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА ПО СИГНАЛУ GSM

М.М. Ковалев

*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

Аннотация

В данной работе рассказывается о реализации ранее предложенного алгоритма одномерного позиционирования наземного транспорта в виде прототипа программно-аппаратного комплекса; процессе и результатах полевых испытаний этого комплекса; а также осуществляется анализ результатов испытаний и выдвигаются предложения по дальнейшему развитию и иным применениям алгоритма. В ходе испытаний была достигнута средняя погрешность позиционирования в 49 метров, что значительно лучше существующих систем триангуляции в мобильных сетях (погрешность порядка 100 метров), однако ещё не достигает точности спутникового позиционирования (погрешность порядка 10 метров). Анализ результатов показывает, что для улучшения точности работы необходимо применение методов, позволяющих выявлять скрытые закономерности в данных с лучшей точностью, чем применённая в работе полиномиальная регрессия.

Введение

Предложенный ранее алгоритм [1] создавался для решения следующей задачи: позиционирование и мониторинг наземного общественного транспорта с помощью установленных на транспортных средствах приёмопередающих устройств, работающих в сетях GSM. Сама задача мониторинга встает перед различными субъектами, включая компании, предоставляющие интерактивные карты для пассажиров, или органы муниципального управления. В настоящий момент, данная задача решается путём

установки на транспортные средства устройств, представляющих собой объединённый приёмник сигналов спутниковой навигации (GPS или ГЛОНАСС) и передатчик собранных данных через мобильный интернет в сетях GSM. Было выдвинуто предположение о возможности удешевления подобных систем путём отказа от спутниковой навигации в пользу использования уже имеющихся данных с GSM-модуля для осуществления позиционирования. Системы позиционирования на основе сигнала GSM уже существуют и используют в своей работе метод триангуляции. Погрешность подобных систем составляет порядка 100 метров, что существенно превышает таковую у систем спутниковой навигации (10 метров), а потому они обычно не применяются в системах мониторинга общественного транспорта. Однако, было отмечено, что в связи с наличием заранее определённого маршрута движения, для конкретной задачи позиционирования общественного транспорта, возможно отказаться от применения метода триангуляции, осуществляющего позиционирование на плоскости, и создать новый метод позиционирования на кривой, обеспечивающий значительно большую точность.

Данный алгоритм включает в себя несколько этапов. На первом этапе, в систему вручную заносится данные о маршруте движения транспортного средства. Это позволяет системе перейти от двумерных координат широты и долготы к одномерному пространству — единственной координатой становится расстояние от данной точки до некоторой выбранной точки начала маршрута. На этапе предварительного сбора данных, специальное устройство, оборудованное как приёмником GPS, так и модулем GSM, используется для замеров уровней сигналов от различных базовых станций (БС) сети GSM в различных точках маршрута. Затем, система анализирует эти данные и переходит в режим позиционирования. В режиме позиционирования уже устройство, установленное на транспортном средстве, и оборудованное только GSM-модулем, передаёт на сервер данные о принятых уровнях сигнала от различных БС. Сервер, на основании этих данных, высказывает предположение о наиболее вероятном местонахождении устройства. В данной работе будет рассказано об архитектуре созданного прототипа системы, ходе его испытаний и анализе результатов.

Архитектура системы

На рисунке 1 изображено взаимодействие различных компонентов системы.

Для эмуляции как прибора для сбора данных, так и

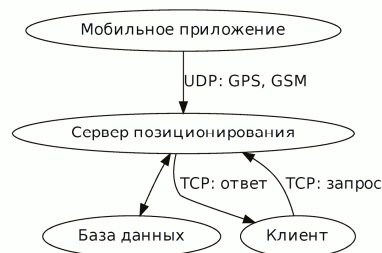


Рис. 1. Общая архитектура

прибора, устанавливаемого на транспортных средствах, было использован мобильный телефон под управлением ОС Android, оборудованный приёмником GPS. С этой целью, было написано приложение на языке Java, которое собирает данные о положении телефона, используя интерфейс LocationManager, и данные об уровнях сигнала от различных базовых станций, используя интерфейс NeighboringCellInfo. Собранные данные затем представляются в формате JSON, например: {"GSM": {"cellcount": 2, "cells": [{"CID": 11531, "Psc": -1, "RSSI": 26, "type": "EDGE"}, {"CID": 32779, "Psc": -1, "RSSI": 22, "type":

"EDGE"}}, "GPS": {"lng": 37.64814019203186, "lat": 55.75437605381012, "acc": 24.0}}. После этого, данные передаются через мобильный интернет по протоколу UDP на порт сервера 31415.

Сервер может работать в двух режимах. В режиме сбора данных, сервер принимает пакеты от мобильного приложения, преобразовывает двухмерные координаты в од-

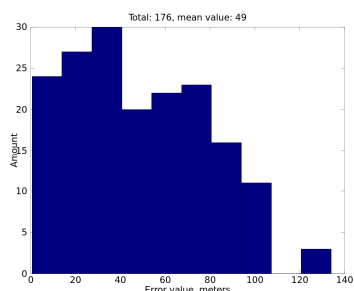


Рис. 2. Гистограмма ошибок позиционирования

номерные и сохраняет результаты замеров. Поскольку высока вероятность повторения результатов, используется следующий формат хранения: <координата точки на маршруте (dist), идентификатор базовой станции (CID), уровень сигнала (RSSI), количество раз, которое был сделан замер с таким результатом>. Данные сохраняются с помощью СУБД MySQL. В режиме тестирования сервер сначала анализирует данные, а потом работает аналогично режиму позиционирования, однако реально принимает ещё и данные от спутниковой навигации и сравнивает их с результатами позиционирования, благодаря чему появляется возможность исследования данных. Сервер написан на языке python с использованием математического пакета numpy.

Для визуального контроля было также написано графическое клиентское приложение, которое выводит на экран карту тестового участка и результаты позиционирования. Для этого, приложение открывает соединение с портом сервера 31416 по протоколу TCP, после чего сервер начинает посылать в открывшееся соединение данные позиционирования. Для реализации работы с графикой используется библиотека pygame.

Результаты испытаний

В ходе испытаний, на тестовом прямом участке маршрута длиной 400 метров было осуществлено 22675 замеров уровня сигнала, из них 10020 — с уникальными тройками <dist, CID, RSSI>. На рисунке 2 показана гистограмма ошибок позиционирования для 176 случайных выбранных тестовых замеров. Математическое ожидание ошибки составило 49 метров.

Рассмотрим подробнее процесс получения этих результатов. На примере обработки одного замера. На первом этапе, на сервер пришёл пакет с данными об уровнях сигналов шести различных базовых станций. Из базы данных осуществляется выборка предварительно сделанных замеров для каждой из них, после чего эти данные аппроксимируются методом полиномиальной регрессии. Данные и их аппроксимация для двух из шести станций изображены на рисунке 3.

На основании аппроксимированного уровня сигнала и фактически принятого уровня сигнала, для каждой БС строится функция псевдоплотности вероятности нахождения прибора в каждой точке маршрута. На рисунке 4 верхняя кривая представляет аппроксимированный уровень сигнала, а нижняя — псевдоплотность. Горизонтальная прямая — это фактически принятый уровень сигнала, а вертикальная — фактическое местонахождение прибора по данным GPS. Чем ближе в данной точке аппроксимированный уровень сигнала к фактическому, тем больше значение псевдоплотности.

После построения функций псевдоплотности для всех БС, они перемножаются, и ищется максимум полученной функции. На рисунке 5 изображена общая функция для всех 6 БС; вертикальная черта — фактическое положение; ошибка составила 22,5 метра.

Анализ результатов

На рисунке 3 легко заметить, что аппроксимация данных осуществляется многочленом малой степени, не более 5. Такая закономерность сохраняется для всех БС. С учётом того, что распространение сигнала в условиях городской застройки должно быть существенно неравномерным,

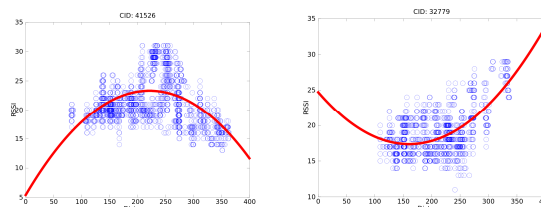


Рис. 3. Исходные данные и аппроксимация

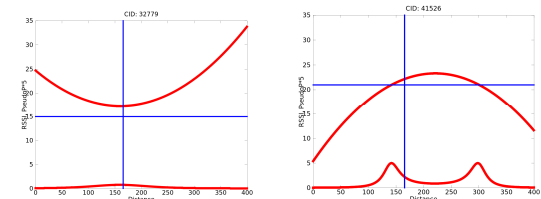


Рис. 4. Псевдоплотность вероятности

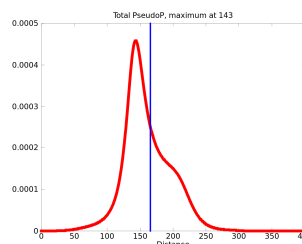


Рис. 5. Общая псевдоплотность

правдоподобным выглядит предположение о том, что полиномиальная регрессия не выявила всех скрытых закономерностей в данных. В качестве возможного улучшения предлагается при аппроксимации давать веса замерам не прямо пропорционально их количеству, а пропорционально целой степени их количества. Также, помимо сохранения значения сигнала, предлагается сохранять его дисперсию, а при позиционировании делать несколько замеров. Далее, при вычислении псевдоплотности, каждой БС давать вес, обратно пропорциональный произведению ожидаемой и реальной дисперсии в этой точке. Таким образом, более надёжные замеры будут иметь большее влияние.

Заключение

Созданный алгоритм в ходе проверки уже показал лучшие характеристики, чем триангуляция, однако ещё не достигает точности спутникового позиционирования. Были предложены пути для дальнейшего увеличения точности. Стоит также отметить, что алгоритм представляет собой нахождение X в терминах $f_1(X) \cdot f_2(X)$ при зашумлённых f . Подобные задачи возникают в различных областях, где алгоритм также может быть применён.

Список литературы:

1. М.М.Ковалев. Позиционирование наземного транспорта с помощью сигнала GSM. Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. Тезисы докладов. — М.: МИЭМ, 2011. — 420. ISBN 978-5-94506-257-3. с.с. 29–30.

ОБНАРУЖЕНИЕ ЧАСТЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В РЕСУРСНЫХ ЗАПИСЯХ СИСТЕМЫ ДОМЕННЫХ ИМЁН

М.С. Козлов

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

Темой данной работы является технология Fast Flux, то есть технология частых изменений в ресурсных записях системы доменных имён, используемая в целях скрытия информации о стороне, применяющей данную технологию. В работе рассматриваются текущие и возможные методы обнаружения и предотвращения использования данной технологии в незаконных целях.

Введение

Сервисные сети Fast Flux представляют собой сети скомпрометированных компьютеров с публичными именами DNS записей, которые постоянно меняются, иногда несколько раз в минуту [1]. Такая постоянно изменяющаяся архитектура существенно осложняет отслеживание и пресечение преступной деятельности. Технология Fast Flux применяется для следующих целей: рассылка нежелательной почты; развертывание фишинговых веб-сайтов; организация просмотра нелегальной порнографии; создание сайтов, размещающих вредоносное ПО в целях его распространения; проведение DDoS-атак; создание систем незаконного перевода денег; защита прав меньшинств и свободы слова в странах, где такие вещи не поощряются; открытие сетевых онлайн-магазинов (чаще всего фармацевтических). Целью работы является изучение технологии частых изменений в ресурсных записях системы доменных имён; рассмотрение текущих и возможных методов обнаружения и предотвращения использования данной технологии.

Суть и варианты реализации FAST FLUX

Суть технологии Fast Flux состоит в назначении любому полнофункциональному доменному имени набора IP-адресов. Данный набор IP-адресов является циклическим, и его мощность достаточно велика. При этом используется очень маленькое значение TTL (время жизни ресурсной записи в системе доменных имён) для каждой отдельной записи в DNS. Браузер, соединяющийся с одним и тем же сайтом с периодичностью, большей или равной значению TTL, на самом деле всякий раз соединяется с разными заражёнными компьютерами. Для преодоления ситуации отказа и пресечения попыток отслеживания и отключения узлов сети используется переадресация вслепую: инфицированные машины, находящиеся на входе в систему, работают лишь как средства перенаправления. Они перенаправляют данные и запросы между находящимися глубоко внутри системы серверами и внешним миром. Это значит, что доменные имена и ссылки не ассоциируются с IP-адресом определенного сервера, передаваясь вместо этого входными прокси-серверами.

Сторона, заинтересованная в совершении правонарушения, регистрирует доменные имена для своих противозаконных действий у аккредитованных регистраторов или же посредников. Злоумышленнику нужно несколько доменных имён: одно доменное имя (example.tld) для размещения противозаконного содержимого и одно или несколько доменных имён для серверов имён (ns-for-example.tld), отвечающих за домен example.tld. Затем злоумышленник использует автоматизированные средства быстрого изменения информации сервера имен в регистрационных записях, поддерживаемых для этих доменов регистратором.

Однопоточные сети (Single Flux). Программные боты в данной сети обычно не размещают содержимое, принад-

лежащее стороне, заинтересованной в совершении правонарушения, на заражённых компьютерах, а выполняют перенаправление на сервер, с которого, собственно говоря, злоумышленник и выполняет свои противозаконные действия [4]. Таким образом, заражённые рабочие станции, с находящимися на них программными ботами, играют роль гроху-серверов.

IP-адрес заражённой рабочей станции из сети Fast Flux выбирается по определённой схеме распределения нагрузки, учитывая оптимальность полосы пропускания и исключая не реагирующие элементы для лучшего обеспечения доступности содержимого сайта. Чаще всего выбирается циклическая схема распределения нагрузки, называемая Round Robin. При этом изменения IP-адресов происходят циклически и очень часто. Всего IP-адресов, участвующих в данной схеме, может быть очень много. Обычно это сотни и даже тысячи адресов.

Злоумышленник изменяет ресурсные записи типа А домена example.tld, то есть его IP-адреса, тем самым обеспечивая то, что доменное имя каждый раз указывает на разные хосты, играющих роль перенаправляющего web-сервера. При этом устанавливается очень маленькое значение времени существования ресурсных записей типа А. Обычно TTL бывает от 1 до 3 минут. По истечении времени TTL автоматический процесс гарантирует замену существующего набора записей типа А для перенаправляющих web-серверов новым набором.

Двухпоточные сети (Double Flux). Программные боты в данной сети на некоторых компьютерах запускают перенаправляющие серверы имён. Эти серверы имён переадресовывают DNS-запросы на другие серверы имён, которые отвечают за зоны, содержащие ресурсные записи для перенаправляющих серверов. Серверы имён не пересылают DNS-запросы обратно через направляющий сервера, а отправляют ответ непосредственно запрашивающему хосту. Скрытый первичный сервер, отвечающий за зону домена example.tld, вообще не упоминается в описании зоны [1]. Информацию о нём нельзя получить путём обычных DNS-запросов. Таким образом, все сервера имён, на которых размещена зона данного отмена, по отношению к данному серверу являются вторичными. Это позволяет крайне затруднить вообще какое-либо исследование зоны домена, так как её обновление всегда будет производиться со скрытого первичного сервера имён.

Вдобавок к однопоточной технологии, злоумышленник изменяет ресурсные записи типа А для серверов имён, тем самым обеспечивая то, что имя сервера имён каждый раз указывает на разные хосты, играющие роль перенаправляющих серверов имён [4]. Так же, как и в случае Single Flux, для ресурсных записей типа А для этих серверов имён устанавливается очень маленькое TTL. Перенаправляющие серверы имён используют порт 53 для переадресации запросов клиента. Они перенаправляют DNS-запросы на те хосты, на которых размещён файл зоны для example.tld. Программный бот, расположенный на этих хостах, выполняет преобразование имени домена в IP-адрес хоста в сети Fast Flux и возвращает ответ непосредственно клиенту. IP-адреса хостов, на которых размещён файл зоны, известны только направляющим серверам имён.

Борьба с технологией FAST FLUX. профилактика. обнаружение. ликвидация

Основной проблемой, возникающей при попытке обнаружения использования технологии Fast Flux, является схожесть её внешних проявлений с внешними проявлениями технологий Round Robin DNS (круговая, циклическая DNS) и Content Delivery Network (сеть по доставке содержимого информационного ресурса).

Общий подход. 1) Значения параметров TTL, количество записей типа A и типа NS, количество задействованных автономных систем и сетей различных диапазонов, находятся один раз. Для всех найденных записей A делаются обратные DNS-запросы. 2) Каждому из параметров присваивается вес, определяющий его важность. Результатам обратных DNS-запросов присваивается степень «подозрительности». 3) Производится вычисление значения некоторой функции. Результат сравнивается с определённым пороговым значением.

Метод Хольца. 1) Находятся параметры: количество записей типа A и типа NS и количество задействованных автономных систем. 2) Пункт 1 повторяется через определённое время (например, спустя TTL+1). 3) Вычисляются относительные величины: общее количество/количество, происходящее на один запрос. Каждому из относительных параметров присваивается вес. Функция F может быть той же, что и при обычном подходе, только вместо самих параметров используются их относительные величины. 4) Пункты 1, 2, 3 выполняются, пока F не достигнет некоторого порогового значения [3]. Главное достоинство метода – точность.

Быстрый метод. 1) Определяются значения следующих параметров: количество записей типа A для домена; количество записей типа A для каждого из серверов имён; Результаты обратных DNS-запросов количество задействованных сетей с определённой маской. 2) Каждому из параметров присваивается вес, определяющий его важность. 3) Производится вычисление значения некоторой функции F, которая может быть той же, что и при обычном подходе. Результат сравнивается с определённым пороговым значением. 4) Пункты 1, 3 выполняются только один раз. Главное достоинство метода – быстрота.

Возможными приемами уменьшения угрозы являются: методы снижения риска атаки, которые можно использовать для уменьшения количества рабочих станций, которые могут быть взломаны и использованы для размещения программных ботов (например, улучшенные меры безопасности серверов и рабочих станций, обучение пользователей и администраторов, составление списков «надёжных» приложений, управление доступом к сетям); закрытие хостов Fast Flux; удаление доменов, используемых для хостинга Fast Flux [2].

Заключение

Сервисные сети fast-flux демонстрируют нам еще один шаг на пути эволюционного развития деятельности киберпреступников. Хостинг Fast flux является серьезной проблемой, которая может затронуть службы имен во всех TLD. Собрана, систематизирована и проанализирована информация о технологии Fast Flux. Рассмотрены общий подход к обнаружению технологии Fast Flux, метод обнаружения Хольца и быстрый метод. Выявлены их достоинства и недостатки. Главным недостатком этого метода является плохая адаптируемость к настоящим условиям, главным достоинством – высокая точность. Рассмотрены и проанализированы способы снижения угрозы, исходящей от использования технологии Fast Flux. Рассмотрена организационная сторона вопроса: действия злоумышленников при реализации технологии Fast Flux.

Список литературы:

1. Сервисные сети Fast-Flux, <http://www.xakep.ru/post/47087/default.asp>
2. SAC 025. Рекомендации SSAC относительно хостинга Fast Flux и DNS.
3. Measuring and Detecting Fast-Flux Service Networks, Holz, Gorecki, Rieck, Freiling.
4. Know Your Enemy: Fast-Flux Service Networks, The HoneyNet Project & Research Alliance, <http://www.honeynet.org>

МЕТОД ПАКЕТНОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА В ПРОЦЕСС ИГР ДЛЯ PC ЖАНРА MMORPG

Г.А. Драчев

факультет Прикладной математики и кибернетики

В докладе предлагается метод обхода системы защитных инструментов игрового клиента (в данном конкретном случае FROST), и вмешательства в пакетный уровень связи системы «клиент – сервер», верный (с небольшими вариациями) для любой современной игры жанра «mmorpg» (в данном конкретном случае RFOOnline).

Суть метода состоит в поимке пакета, его редактировании и отправке на сервер.

При реализации метода необходимы следующие действия.

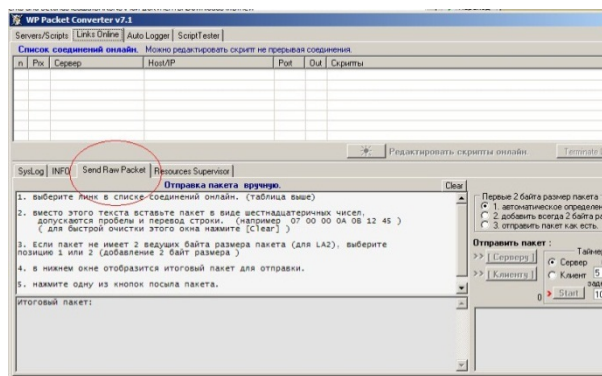
1. Включаем Winsock Packet Editor Pro, заходим в игру RFOOnline.

2. Идём к NPC (внутри игровой персонаж, предусмотренный самой игрой – Not Player Character), который отвечает за хранение вещей (в дальнейшем «банк»), такой NPC есть в любой игре жанра mmorpg. Ловим пакет на открытие.

3. Банк выглядит примерно так, количество вещей в нем значение не имеет, главное, чтобы в банке был хотя бы один предмет.



4. Кладем предмет в банк, отлавливаем пакет и открываем его в WPPacketConverter



5. Получаем сам пакет банка RFOOnline (для нахождения аналогичного пакета в других mmorpg необходимо взять 4-5 предметов и вкладывать их в банк в разной последовательности, затем остается выделить соответствующие па-

кеты, которые идут в тех же последовательностях, в том же порядке.):

```
F10322040000000029C11A90410000000000000000102000  
CCC15001413000400000000000000DFFFFFF0F00000000
```

6. Дальше собственно начинаем разборку пакета, попробуем, как и в предыдущем пункте положить разные предметы в банк, некоторые вещи кладем несколько раз, чтобы выявить какие значения влияют на сам внутри игровой предмет. В данном случае нас интересуют последние 44 значения пакета (первая строчка пакета чаще всего определяет «тип» пакета, «С» обозначения которые я ввел для чисел в пакете, которые меняются случайным образом и нас не интересуют):

```
15001413000400000000000000DFFFFFF0F00000000
```

Начинаем разбирать пакет:

15-это значение определяет к какой игровой расе принадлежит предмет.

1413-это ID предмета, собственно это то, что нас интересует.

04-это количество предметов в данной ячейки банка.

0D-это номер ячейки в банке

00-вот это значение разрешает, не разрешает брать предмет из банка, если совпадает игровая раса

7. Нас интересует вот это значение 1413, которое содержит всю базу по внутри игровым предметам RFOonline.

Вот пакет до исправления:

```
15001413000400000000000000DFFFFFF0F000000000000000000
```

Сделаем допустим камень из игрового магазина, заменив 1413 на 1244 (рубин)

Заменяем старое значение:

```
15001244000400000000000000DFFFFFF0F0000000000000000
```

Отправляем пакет на клиентскую часть игры.

Что получилось в банке:



Теперь меняем количество, вот пакет
15001244001A00000000000000DFFFFFF0F0000000000000000
заменили 04 на 1A, 1A=26, что получаем 26 камней.

Далее сделаем предмет доступным (не красным), заменив 00 после FF на 01:
15001244001A00000000000000DFFFFFF0F0100000000

Однако, при рестарте клиентской части, вещи добытые выше описанным образом пропадут.

Как этого избежать? Отправить пакет на серверную часть игры. Но тут возникает проблема, система защиты Frost. При попытке отправить нужный пакет на сервер, происходит принудительный разрыв связи клиента с сервером.

Тогда, рассмотрим схему, когда компьютер с установленным клиентом подключен не напрямую, а через маршрутизатор:



Тогда, на компьютере (без клиента), на котором установлен драйвер для маршрутизатора, фильтруем исходящие пакеты и находим вышеуказанный. Меняем интересующее нас значение. Отправляем пакет далее, в пункт назначения (сервер). Единственный известный мне метод борьбы с таким методом вмешательства в пакетный уровень связи «клиент - сервер» это создание копий каждого пакета как на клиенте, так и на сервере, для проверки на подлинность путем сравнения «старой» и «новой» версии пакета.

Вывод. Предложенным методом можно «нарисовать» любую, даже редкую вещь, на которую другие игроки потратят «донат» (реальные деньги, потраченные на внутри игровые ценности). Это может отрицательно отразиться на бюджете многих современных компаний в игровой индустрии, которые не продают копии релиза игры, а предоставляют клиент бесплатно, с расчетом, что новоиспеченный пользователь будет вкладывать «донат».

Список литературы:

1. «Головоломки для хакера». Автор: Иван Скляр
2. «Полный справочник по C++». Автор: Герберт Шилдт
3. <http://www.cherepovets-city.ru/insecure/reading/papers/libpcap.htm> (описание библиотеки libpcap)

ЧЕЛОВЕЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В АСПЕКТЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

И.Т. Балмаев

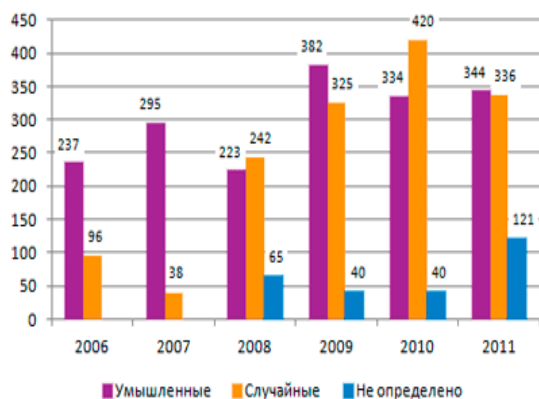
факультет Прикладной математики и кибернетики

В статье анализируется роль человеческого фактора в системе обеспечения информационной безопасности фирмы. Обосновываются пути и способы повышения эффективности ее функционирования, перечисляются меры по их реализации.

В современном глобальном мире информация имеет огромную ценность. Именно поэтому многие государственные и коммерческие структуры, частные лица обеспокоены вопросом защиты информации. Тратятся миллионы долларов на то, чтобы предотвратить несанкционированный доступ к ряду документов, разглашение которых недопустимо. При этом подобные вложения дают соответствующий результат: например, взлом сервера крупной корпорации представляется большой проблемой. Но в тоже время набирает рост использование другой уязвимой составляющей информационной безопасности, а именно человеческой.

По данным исследований, проведенных итальянскими психологами, только 25% служащих фирмы действительно надежные люди, ещё столько же ожидают момента для разглашения секретов, а 50% будут вести себя по обстоя-

тельствам.



Доля случайных и злонамеренных утечек информации за период 2006-2011 год по данным компании InfoWatch.

В США же компьютерные преступления совершают, как правило, клерки, допущенные к работе с конфиденциальными данными. Количество подобных случаев растет тогда, когда служащие начинают осознавать социальную или экономическую незащищенность. Но не только из-за злого умысла конфиденциальные данные попадают в не те руки, но и из-за банальной невнимательности сотрудников той или иной организации.

А уж сколько людей поддаются, невзирая на все предупреждения антивирусов на то, что бы загрузить ту или иную программу адрес для загрузки которой пришло по откровенному спам письму. В крупных корпорациях все это приобретает поистине угрожающие масштабы. Нередки и фатальные ошибки высшего менеджмента и администрации.



Доли утечек информации из организаций различного типа по данным компании InfoWatch.

Из всего выше перечисленного следует вполне логичный вывод: руководителям организаций и фирм необходимо вести системную работу по подготовке своих сотрудников к способам и методам защиты информации. Следует отметить, что на крупных частных фирмах и на государственной службе проводятся специальные курсы подготовки, которые призваны объяснить сотрудникам правила обеспечения информационной безопасности на рабочем месте. Но всякая подготовка сводится к нулю при отсутствии/присутствии определенной мотивации.

Поэтому следует разработать и реализовать комплекс мер, направленных на создание условий, исключающих возможность как сознательной, так и бессознательной утечки информации через сотрудников фирмы/предприятия/государственной организации. При решении данной проблемы возникает необходимость разре-

шения противоречия: с одной стороны, интенсификации работы сотрудников с информацией, а с другой - обеспечение максимальной ее сохранности.



Количество утечек по годам по данным компании InfoWatch.

Здесь нужно четко понимать, что мы хотим больше - скорости работы сотрудников или же максимальной конфиденциальности? Обычно хотят компромисса, поэтому постараюсь привести примеры соответствующих мероприятий:

1) Четко конкретизировать права доступа к конфиденциальной информации.

Это подразумевает собой то, что конкретный работник фирмы может иметь только часть конфиденциальной информации и в случае «прокола» одного из звеньев, не позволит быстро воспользоваться утечкой той конкретики, на которую можно было бы рассчитывать.

2) При переносе любых данных на сменных носителях или устройствах обязательно шифровать их с системой двойного доступа, при которой владелец устройства имеет только половину ключа, а вторую ему присылают с сервера компании. При этом подобные права доступа должны быть лимитированы по времени, лимитированы по смыслу (действительно ли запрашиваемый материал нужен конкретному человеку), а также логировать подобные запросы (кто, где, когда).

3) По возможности выдать сотрудникам компании рабочие устройства, операционную систему для которых дорабатывала бы ее служба информационной безопасности. На этих устройствах должна стоять корпоративная сим-карта, на которой имеется строго лимитированный набор приложений, а также предусмотрена возможность удаленной ликвидации данных и слежка за устройством по запросу.

4) Анализировать деятельность сотрудников на предмет их некомпетентности. Проводить соответствующие тесты, которые могут помочь выявить «засланных казачков». В случае, если финансовая безопасность организации под угрозой, усилить контроль над данными, начать проводить комплекс мероприятий, направленный на выявление людей, способных продать информацию, которой они владеют.

5) Организовать локальную сеть, которая отделена от интернета. Для выходов в интернет необходимо создать отдельный, изолированный канал данных, например бесплатную Wi-Fi сеть. Ни в коем случае нельзя ставить препятствия между сотрудником и интернетом, т. к. пытливым ум найдёт способ обойти защиту, а это может быть реализовано не слишком безопасно и создаст ещё одну брешь в защите информации.

6) Увеличить экономическую и социальную мотивацию сотрудников на сохранение данных: награждать премиями тех, кто не допускает нарушений правил конфи-

денциальности, и налагать штраф на людей, которые их не соблюдают. Обусловить карьерный рост сотрудника с его умением этичного пользования информацией на рабочем месте.

7) Финансировать соразмерно ценности информации штат сотрудников отдела информационной безопасности, а также придать им в помощь психологов. Защита уязвимой информации и снижение риска ее попадания в чужие руки является важным фактором успешного функционирования компании, организации.

В зависимости от ценности данных, выше перечисленные меры могут комбинироваться в различных сочетаниях, что позволит создать эффективную модель работы организации и даст в сумме с техническими средствами защиты оптимальную систему хранения и защиты информации.

Список литературы:

1. Вольнов Р.В. Диссертация по психологии на тему «Психолого-правовые особенности обеспечения информационно-психологической безопасности личности» (Москва-2011).

2. Ярочкин В. И. Информационная безопасность: Учебник для вызов. М: Академический Проект, 2006 – 4-е изд. – 544 с.

3. <http://www.infowatch.ru/analytics> (27.01.2013) Аналитика компании InfoWatch

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ И ЛИКВИДИРОВАНИЯ АТАК НА КОМПЬЮТЕРНУЮ СЕТЬ

*О.К. Редькин, О.И. Абабиров
Московский государственный университет
приборостроения и информатики*

В данном научном исследовании проанализированы методы решения задач по выявлению причинно-следственных связей для идентификации атак на компьютерную сеть. Предложена модель интеллектуальной системы и методика оперативной реакции на угрозы информационной безопасности компьютерной сети.

Задачи, связанные с обеспечением информационной безопасности автоматизированных систем, являются в настоящее время одними из наиболее приоритетных. Эволюция информационных технологий в наше время неизбежно влечет за собой появление новых угроз в сфере информационной безопасности. Различные средства защиты информации успешно нейтрализуют известные на сегодняшний день угрозы, однако оказываются малоэффективными при расширении поля угроз или обнаружении новых уязвимостей системы. В этом случае возможности системы можно расширить включением в ее состав интеллектуальных средств защиты информации. Существует множество систем для обнаружения атак и реагирования на них. Однако, если задачу идентификации атак поставить иным образом и рассматривать её не только как задачу обнаружения атаки, но и как задачу выявления причин появления этих атак, т.е. причин возникновения угроз компьютерной сети, то для её решения следует разработать систему формирования причинно-следственных связей.

Предметом нашего исследования стал анализ методов и определение стратегий, способных решать задачи выявления причинно-следственных связей для идентификации атак на компьютерную сеть.

Решить задачу выявления причинно-следственных связей для идентификации атак можно, используя методы и средства автоматизированного обучения систем. Такие задачи относятся к числу задач принятия решений на логическом уровне. В зависимости от используемых правил, можно выделить стратегии, основанные на индукции, дедукции, абдукции и аналогии.

В ходе решения задачи по выявлению причинно-следственных связей может возникнуть ситуация, когда знаний обучаемого может быть недостаточно для объяснения фактов. В данном случае возможно использование абдуктивного вывода. Абдуктивная аналитическая модель успешно используется в системах, требующих формирования в реальном времени заключений по выполнению некоторого технологического процесса. Разные методы решения задач абдукции допускают реализацию, в которой абдуктивные выводы могут содержать частные, а не базовые суждения в качестве гипотез.

Технология нейронных сетей может быть успешно применена для решения поставленной задачи методом абдукции. При наличии определенного набора гипотез предполагается, что с помощью алгоритма абдукции удастся выбрать одну из них, лучше всего объясняющую наблюдаемые данные. Эти данные можно связать с нейронами сети, а набор гипотез – с классами, которые нейронная сеть создает для разделения данных. Для решения задач выявления причинно-следственных связей предлагается модель трехслойной нейронной сети. Промежуточный слой между слоем данных и гипотез должен использоваться тогда, когда наблюдаемые данные должны быть объяснены с помощью нескольких гипотез, объединенных в одно решение.

Для решения задачи оперативной реакции на несанкционированное проникновение в компьютерную сеть возможно использование продукционной модели представления знаний. Продукционные системы на основе монотонной логики накладывают множество ограничений при формировании методики устранения атак, именно поэтому предлагается использовать методы немонотонного логического вывода.

Определение возможных угроз компьютерной сети не может быть осуществлено с использованием одного только вывода из посылок, поэтому при его осуществлении большую важность приобретает возможность пополнять базу знаний фактами, от которых позже можно будет отказаться. Из этого следует, что рассуждения в ходе вывода, должны иметь возможность модифицироваться.

Рассмотрены основные свойства и принцип работы формального концептуального анализа (ФКА). Показано, что данный метод помогает сделать явными связи между понятиями (концепциями) и тем самым из неструктурированной информации получить структурированную, что позволяет формировать логические правила для оперативной реакции на несанкционированные проникновения в компьютерную сеть на основе знаний экспертов.

В ходе научного исследования была разработана модель системы, основным ядром которой является интеллектуальный модуль. Модуль состоит из «решателя задач», который включает в себя базу данных, процессор логического вывода и систему поддержки рассуждений, и «администратора диалога» - интерфейсом между «решателем задач» и внешней средой (пользователь, эксперт). Администратор обеспечивает возможность активного участия эксперта в формировании базы знаний. Факты и правила, сформулированные экспертом, вводятся в систему, и затем обрабатываются компилятором, входящим в состав администратора диалога.

Процессор логического вывода удовлетворяется только извлечением последовательности выводов, не заботясь об

истории вывода. В этой связи система поддержки рассуждений может трактоваться как дополнительная «интеллектуальная» память процессора логического вывода.

В процессе мониторинга сети информация изменяется, и пользователя интересует то, что является истинным в данное время. В связи с этим необходимо непрерывно обновлять текущее множество допущений при осуществлении логического вывода. Новые допущения могут привести к противоречиям со сделанными ранее выводами на основе предыдущих допущений. За поддержание непротиворечивости множества полученных утверждений в разработанной модели интеллектуальной системы отвечает так же система поддержки рассуждений.

В данной работе определены задачи, решение которых может повысить эффективность работы систем защиты компьютерной сети от атак, а также предложены методы их решения. Для создания системы идентификации атак предложено использовать автоматизированную систему обучения. Доказана возможность использования нейронных сетей и эффективность применения модели немонотонного логического вывода. Предложенная модель интеллектуальной системы позволяет повысить эффективность процесса выявления и ликвидации атак на компьютерную сеть.

Список литературы:

1. Анин Б.Ю. Защита компьютерной информации. – СПб.: БХВ – Петербург, 2000.
2. Герасименко В.А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных. В 2-х кн.: Кн.1.- М., 1994.
3. Герасименко В.А., Малюк А.А. Основы защиты информации. – М.: МИФИ, 1997.
4. Грушо А.А. Тимонина Е.Е. Теоретические основы защиты информации. М.: Яхтсмен, 1996.
5. Зегжда Д.П. Теория и практика обеспечения информационной безопасности. – М.: Яхтсмен, 1996.
6. Зегжда Д.П., Ивашко А.М. Как построить защищенную информационную систему. Ч.1/ Под. ред. П.Д. Зегжды и В.В. Платонова. – СПб.: Мир и семья – 95, 1997.
7. Зегжда Д.П., Ивашко А.М. Как построить защищенную информационную систему. Технология создания безопасных систем. Ч.2/ Под. ред. П.Д. Зегжды и В.В. Платонова. – СПб.: НПО «Мир и семья – 95», ООО «Интерлайн», 1998.
8. Морозова Т.Ю., Тверской А.Н., Никонов В.В. Защита данных в беспроводных сетях. Особенности методов защиты и определение их эффективности // Журнал «Каталог Системы безопасности». М.: Гротек, № 1 (15) – 2008.
9. Тверской А.Н. Проблемы безопасной передачи данных в беспроводных компьютерных сетях // Ежемесячный научно-технический производственный журнал «АСУ для промышленных предприятий», М.: НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ, № 10, 2009.
10. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. — СПб.: Питер, 2006.

РОЛЕВАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ С СЕМАНТИЧЕСКИМ КОНТЕКСТОМ

Н.А. Семенова

факультет Прикладной математики и кибернетики

В статье приведено формальное описание разработанной автором СК-РУД модели, в рамках которой показано, что на основе расширения классической модели ролевого управления доступом RBAC за счет описания правил автоматизации назначения и отзыва ролей и введения семанти-

ческого контекста возможно построение системы семантически осмысленного ролевого управления доступом, соответствующей реальным информационным процессам АИС предприятия в части управления правами доступа учетных записей пользователей.

На основе классической модели RBAC [1] построим ее расширение (СК-РУД модель), обладающее следующими свойствами:

- Учетным записям пользователей АИС соответствуют сотрудники предприятия, обладающие рядом атрибутов, позволяющих однозначно определить выполняемые ими должностные обязанности;
- Ограничения, накладываемые на множества ролей, на которые может быть авторизована учетная запись пользователя, зависят от его должностных обязанностей;
- Учитывается порядок действий по отзыву и назначению ролей.

Определение 1. Иерархией ролей «по предусловию» RH' будем называть заданное на множестве ролей R отношение строгого порядка «>». При этом для учетной записи пользователя $u \in U$, если роли $(r_1, r_2) \in RH'$, $c_{r_1}(u) = true$ и $r_1 > r_2$, то $c_{r_2}(u) = true$ и $c_{r_1}(u) = c_{r_2}(u) \cdot c'_{r_1}(u)$, где « \cdot » — оператор логической конъюнкции. Роль r_1 будем называть предком r_2 «по предусловию». Будем считать, что если все учетные записи пользователей, обладающие ролью r_2 , также обладают ролью r_1 , то выполняются условия: $(c_{r_2}(u) = true) \Rightarrow (c_{r_1}(u) = true)$ и $r_2 > r_1$.

В дополнение к модели RBAC используем следующие обозначения и определение:

A — множество атрибутов учетных записей пользователей; V — множество допустимых значений атрибутов, где по определению для каждого из элементов множества A множество V содержит соответствующий вектор, определяющий значения, которые может принимать данный атрибут: $V = \{(v_{ij})\}$, где i — номер атрибута из A ,

$1 \leq j \leq N_i$, N_i — число возможных различных значений атрибута $a_i \in A$; $values: A \rightarrow 2^V$ — функция, для каждого атрибута задающая множество его допустимых значений;

$(u, ux_1, \dots, ux_{na}) \in U'$ — элемент множества атрибутов-пользователей, где $ux_i \in values(a_i)$, $u \in U$, $1 \leq i \leq na$, $1 \leq na \leq |A|$ — число атрибутов учетной записи.

$ca_r: U' \rightarrow \{false, true\}$ — функция атрибут-условий такая, что $ca_r(u') = ca_r(t_1(u'), \dots, t_{na}(u'))$, $u' \in U'$, $r \in R$, и $ca_r(y_1, \dots, y_{na})$ — булева функция от na переменных и $t_i: U' \rightarrow \{false, true\}$ — функция такая, что $t_i(u') = true$ тогда и только тогда, когда для $u' \in U'$ выполняется условие $ux_i = t_i$, где $t_i \in values(a_i)$, $1 \leq i \leq na$.

$CA = \{ca_{r_1}, \dots, ca_{r_t}\}$ — множество функций атрибут-условий, определяющих, при каких ограничениях на атрибуты учетной записи пользователя ей может быть назначена некоторая роль $r_i \in R$, где $1 \leq i \leq t$, $t \geq 0$.

Определение 2. Если роль r имеет соответствующее атрибут-условие $ca_r \in CA$ и назначение ее учетной записи пользователя u по этому условию было инициировано сессией от имени специальной учетной записи пользователя $system$, будем называть такое назначение *автоматическим*, а роль — *атрибут-ролью* (обозначим множество таких ролей через R_a). Роли, для которых не существует ни одного атрибут-условия $ca_r \in CA$, будем называть *классическими*, а способ их назначения учетным записям пользователей — *классическим* (обозначим множество таких ролей через R_k).

Утверждение 1. Пусть атрибут-роли $r_1, r_2 \in R_a$ таковы, что $r_1 > r_2$, и атрибут-условие для роли r_2 имеет вид: $ca_{r_2}(u) = ca_{r_2}(t_1(u), \dots, t_k(u))$, $k \geq 1$. Тогда атрибут-условие для r_1

имеет вид: $ca_{r_1}(u) = ca_{r_2}(t_1(u), \dots, t_k(u)) \cdot ca'_{r_1}(t_1(u), \dots, t_k(u), t_{k+1}(u), \dots, t_{k+m}(u))$, $t_i \in values(a_i)$, $m \geq 1$.

В [3] обосновано, что для возможности авторизации на некоторую роль r_1 учетная запись пользователя должна удовлетворять атрибут-условиям для дочерней роли r_2 .

Определение 3. Для системы $\Sigma = \langle \Gamma, Q, a, \Psi \rangle$ определим $INIT\sigma \subseteq U$ — множество возможных инициаторов выполнения действия (перехода) $\sigma \in \Psi$, где для $s \in user^{-1}(INIT\sigma)$ существуют состояния $\gamma, \gamma_g \in \Gamma$ такие, что s может инициировать переход $\sigma(\gamma) = \gamma_g$.

Определение 4. Определим $H: U' \times \Gamma \times \Psi \rightarrow 2^\Psi$ — функцию ограничения действий над учетной записью пользователя, которая для каждого действия $\sigma \in \Psi$ над учетной записью пользователя $u' \in U'$, приведшего систему в текущее состояние $\gamma \in \Gamma$, задает множество действий $H(u', \gamma, \sigma) \rightarrow \Psi$, которые могут быть выполнены над заданной учетной записью пользователя для перехода в последующее состояние.

Определение 5. Траектория действий $Tr: U' \times \Gamma \times \Gamma \times H \rightarrow \Psi^n$ — это конечная последовательность действий $\sigma_i \in H$, где $1 \leq i \leq n$, которая должна быть выполнена над учетной записью пользователя $u' \in U'$ в системе, находящейся в состоянии $\gamma_0 \in \Gamma$, для перехода системы в некоторое новое состояние $\gamma_n \in \Gamma$, при условии действия ограничений H , где $n \geq 1$. При этом используем следующие обозначения: $Tr[0] \in H(u', \gamma_0, \sigma_0)$ — первое действие, выполненное в системе над учетной записью из состояния γ_0 при реализации траектории действий Tr , $Tr[1] \in H(u', \gamma_1, Tr[0])$ — второе действие, и т.д.

СК-РУД модель задается множествами ($U', R, P, RH', CA, CR, V, A, AR, AP$) и функциями $PA, UA, AUA, H, Tr, roles$ и $user$.

Определение 6. В рамках СК-РУД модели семантическая система ролевого управления доступом — это конечный автомат $\Sigma = \langle \Gamma, Q, a, \Psi \rangle$, состояния которого задаются кортежем $\gamma = (S, U', UA, user, roles, H, Tr) \in \Gamma$, а правила перехода между состояниями определяются предварительными условиями CR , атрибут-условиями CA , функцией ограничения действий H и траекторией действий Tr . По определению множества P, R, RH', A, V, AR , а также условия CR и CA не изменяются в процессе функционирования системы.

Зададим формально для семантической системы ролевого управления доступом типы действий $\sigma_i \in \Psi$, $1 \leq i \leq 8$, переводящие систему из состояния в состояние. Будем использовать обозначение σ_{ij} для обозначения порядка действий на траектории, где i — тип действия, $j \in N_0$ — порядковый номер действия, $\gamma_0 = (S_0, U'_0, UA_0, user_0, roles_0, H, TR_0)$ — исходное состояние, $\gamma_1 = (S_1, U'_1, UA_1, user_1, roles_1, H, TR_1)$ — результирующее состояние.

$\sigma_1 = take_role(x, r)$ — активация сессией одной из авторизованных ролей.

$\gamma_0 = \{\sigma_1 \in H(user_0(x), \gamma_0, \sigma), x \in S_0, r \in UA_0(user_0(x)), \sigma \in \Psi\}$.

$\gamma_1 = \{H(user_1(x), \gamma_1, \sigma_1) = H(user_0(x), \gamma_0, \sigma), TR_1 = TR_0, S_1 = S_0, PA_1 = PA_0, user_1 = user_0, UA_1 = UA_0, roles_1(x) = roles_0(x) \cup \{r\}, \text{ для } x' \in S_0 \setminus \{x\} \text{ выполняется } roles_1(x') = roles_0(x')\}$.

$\sigma_2 = remove_role(x, r)$ — удаление у сессии одной из ранее активированных ролей.

$\gamma_0 = \{\sigma_2 \in H(user_0(x), \gamma_0, \sigma), x \in S_0, r \in roles_0(x), \sigma \in \Psi\}$.

$\gamma_1 = \{TR_1 = TR_0; H(user_1(x), \gamma_1, \sigma_2) = H(user_0(x), \gamma_0, \sigma); S_1 = S_0, PA_1 = PA_0, user_1 = user_0, UA_1 = UA_0, roles_1(x) = roles_0(x) \setminus \{r\}, \text{ для } x' \in S_0 \setminus \{x\} \text{ выполняется } roles_1(x') = roles_0(x')\}$.

$\sigma_3 = assign_role(u, x, r)$ — назначение роли классическим способом.

$\gamma_0 = \{x \in S_0, \sigma_3 \in H(u, \gamma_0, \sigma), u, user_0(x) \in U', r \in can_assign(c_r(u)), r \in R_k, AUA_0(user_0(x)), \sigma \in \Psi\}$.

$\gamma_1 = \{H(u, \gamma_1, \sigma_3) = H(u, \gamma_0, \sigma), S_1 = S_0, PA_1 = PA_0, user_1 = user_0, roles_1(x) = roles_0(x) \setminus \{r\}, \text{ для } u' \in U' \setminus \{u\} \text{ выполняется } UA_1(u') = UA_0(u'), UA_1(u) = UA_0(u) \cup \{r\}, \text{ для } x' \in S_0 \setminus \{x\} \text{ выполняется } roles_1(x') = roles_0(x')\}$.

$\sigma_4 = revoke_role(u, x, r)$ — отзыв роли классическим способом.

$\gamma_0 = \{x \in S_0, \sigma_4 \in H(u, \gamma_0, \sigma), u, user_0(x) \in U', r \in R_k \cap can_revoke(AUA_0(user_0(x))) \text{ и для всех } x': user_0(x') = u \text{ выполняется } r \notin roles_0(x'), \sigma \in \Psi\}$.

$\gamma_1 = \{TR_1 = TR_0; \text{ если существует } r': r' \geq r \text{ и } r' \in roles_0(x), \text{ то } H(u, \gamma_1, \sigma_4) = \{\sigma_4\}; \text{ иначе } H(u, \gamma_1, \sigma_4) = H(u, \gamma_0, \sigma); S_1 = S_0, PA_1 = PA_0, user_1 = user_0, \text{ для } u' \in U' \setminus \{u\} \text{ выполняется } UA_1(u') = UA_0(u'), UA_1(u) = UA_0(u) \setminus \{r\}, \text{ для } x' \in S_0 \setminus \{x\} \text{ выполняется } roles_1(x') = roles_0(x'), roles_1(x) = roles_0(x) \setminus \{r\}\}$.

$\sigma_5 = change_user_attr(u, i, v)$ — изменение значения i атрибута учетной записи пользователя u на значение v .

$\gamma_0 = \{\sigma_5 \in H(u, \gamma_0, \sigma), u_0 = (u, v_1, \dots, v_i, \dots, v_n) \in U', v_i \neq v, \sigma \in \Psi\}$

$\gamma_1 = \{H(u, \gamma_1, \sigma_5) = \{\sigma_8\}, u_1 = (u, v_1, \dots, v_i, \dots, v_n), \text{ для } u' \in U' \setminus \{u\} \text{ выполняется } U'_1 = U'_0, S_1 = S_0, PA_1 = PA_0, user_1 = user_0, UA_1 = UA_0, roles_1 = roles_0\}$.

$\sigma_6 = auto_assign_role(u, r)$ — автоматическое назначение роли по правилу.

$\gamma_0 = \{TR_1[0] = \sigma_6, u \in U', r \in R_a, ca_r(u) = true\}$.

$\gamma_1 = \{H(u, \gamma_1, \sigma_6) = \{\sigma_6, \sigma_7\}, U'_1 = U'_0, S_1 = S_0, PA_1 = PA_0, user_1 = user_0, \text{ для } u' \in U' \setminus \{u\} \text{ выполняется } UA_1(u') = UA_0(u'), UA_1(u) = UA_0(u) \cup \{r\}, roles_1 = roles_0\}$.

$\sigma_7 = auto_revoke_role(u, r')$ — автоматический отзыв роли.

$\gamma_0 = \{TR_1[0] = \sigma_7, u \in U', r \in UA_0(u), r \in R_a, ca_r(u) = false\}$.

$\gamma_1 = \{H(u, \gamma_1, \sigma_7) = \{\sigma_6, \sigma_7\}, U'_1 = U'_0, S_1 = S_0, PA_1 = PA_0, user_1 = user_0, \text{ для } u' \in U' \setminus \{u\} \text{ выполняется } UA_1(u') = UA_0(u'), UA_1(u) = UA_0(u) \setminus \{r\}, roles_1 = roles_0\}$.

$\sigma_8 = auto_recalculate(u)$ — построение траектории действий автоматизированного отзыва и назначения ролей

$\gamma_0 = \{TR_1[0] = \sigma_8, u \in U'\}$.

$\gamma_1 = \{H(u, \gamma_1, \sigma_8) = \{\sigma_6, \sigma_7\}, TR_1 = (\{TR_0\}, \sigma_{71}, \sigma_{72}, \dots, \sigma_{7k}, \sigma_{61}, \sigma_{62}, \dots, \sigma_{6m}), S_1 = S_0, PA_1 = PA_0, user_1 = user_0, UA_1 = UA_0, roles_1 = roles_0, \text{ где } k \geq 1 - \text{ количество ролей, которые следует отозвать, } m \geq 1 - \text{ количество ролей, которые следует назначить}\}$.

Утверждение 2. Пусть в результате выполнения действия σ_5 система $\Sigma = \langle \Gamma, Q, a, \Psi \rangle$ перешла в состояние γ_1 , где атрибуты учетной записи пользователя $u' \in U'$ изменились таким образом, что необходимо отозвать у нее атрибут-роли $r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1k} \in R_a$ и назначить ей атрибут-роли $r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2m} \in R_a$, переведя систему в состояние γ_2 , где $k \geq 1, m \geq 1$. Переход системы из состояния γ_1 в состояние γ_2 возможен только в том случае, если соответствующая траектория действий Tr удовлетворяет следующим условиям:

1) Действия типа σ_7 по отзыву ролей должны выполняться до инициации действий типа σ_6 по назначению связанных с ними по предусловиям CR ролей;

2) Дочерние роли с использованием действий типа σ_7 отзываются у учетной записи пользователя позже, чем родительские;

3) Дочерние роли с использованием действий типа

σ_6 назначаются учетной записи пользователя раньше, чем ролевые.

В [3] обоснованы условия, задающие порядок следования элементов каждой траектории действий T .

Определение 7. Состояние $\gamma \in \Gamma$ семантически осмысленной системы ролевого управления доступом $\Sigma = \langle \Gamma, Q, a, \Psi \rangle$ называется *безопасным*, если каждой учетной записи пользователя $u \in U'$ назначены только роли, не противоречащие условиями CR и CA .

Определение 8. Семантически осмысленная система ролевого управления доступом $\Sigma = \langle \Gamma, Q, a, \Psi \rangle$ называется *безопасной*, если любое состояние γ_g , достижимое из начального безопасного состояния γ посредством действий, инициированных сессиями от имени учетной записи пользователя $admin$, является безопасным.

Теорема 1. Пусть семантически осмысленная система ролевого управления доступом $\Sigma = \langle \Gamma, Q, a, \Psi \rangle$ удовлетворяет следующим условиям:

1) Все действия по назначению и отзыву атрибутов ролей из множества R_a инициируются автоматически в порядке, определенном траекториями действий, рассчитанных в соответствии с результатами применения данных действий;

2) Множество $INIT\sigma_5$ включает в себя ровно одну учетную запись пользователя $attribute_source$ ($INIT\sigma_5 = \{attribute_source\}$);

3) Множество $INIT\sigma_6, INIT\sigma_7$ и $INIT\sigma_8$ включает в себя ровно одну учетную запись пользователя $system$ ($INIT\sigma_6 = INIT\sigma_7 = INIT\sigma_8 = \{system\}$);

4) Множества $INIT\sigma_3$ и $INIT\sigma_4$ включает в себя ровно одну учетную запись пользователя $admin$ ($INIT\sigma_3 = INIT\sigma_4 = \{admin\}$).

Тогда, если начальное состояние системы $\gamma_0 = (U'_0, UA_0, user_0, roles_0)$ является безопасным, то система $\Sigma = \langle \Gamma, Q, a, \Psi \rangle$ является безопасной.

В [4] в рамках СК-ПУД модели обоснованы достаточные условия безопасности системы семантически осмысленного ролевого управления доступом.

Заключение

Таким образом, в рамках предложенной модели обоснованы достаточные условия безопасности систем семантически осмысленного ролевого управления доступом, и показана возможность сочетания методов теоретического анализа безопасности механизмов управления доступом, основанных на использовании автоматного субъектно-сущностного подхода.

Список литературы:

1. National Institute of Standards and Technology, Proposed Standard for Role-Based Access Control, <http://csrc.nist.gov/rbac/rbacSTD-ACM.pdf>.
2. R. S. Sandhu. The schematic protection model: Its definition and analysis for acyclic attenuating systems. Journal of the ACM, 35(2):404–432, 1988.
3. Семенова Н.А. Семантическая ролевая модель управления доступом // Прикладная дискретная математика, 2012. № 2. С. 50-64.
4. Семенова Н.А. Применение методов формального анализа понятий для построения и оптимизации ролевых моделей разграничения доступа // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы, 2010. № 2. С. 31-44.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ОТ n ПЕРЕМЕННЫХ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В КРИПТОГРАФИИ

П.А. Обросов

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

Работа посвящена рассмотрению такой частной области криптографии, как изучение булевых функций и их приложения в теории кодирования и некоторых особенных случаев при рассмотрении схем шифрования. Исследуется важный вопрос нахождения для различных видов булевых функций от заданного числа переменных, непересекающихся классов эквивалентности, последующего выяснения мощностей соответствующих классов, а так же нахождения среди них функций без запретов и некоторых, отдельных, наиболее интересных с точки зрения криптографии параметров.

Введение

Рассмотрим основной список задач, который был предложен к рассмотрению и реализации в рамках исследования:

- Реализовать предложенные научным руководителем модульные алгоритмы проверки статистической неотличимости пары заданных функций f и g от n переменных, с последующим с ним согласованием.

- Реализовать предложенный Модифицированный Алгоритм выявления принадлежности заданной пары функций $f, g: (F_2)^n \rightarrow F_2$ от n переменных множеству $Q(p_1, \dots, p_s)$ [всех пар статистически неотличимых функций по $(\text{mod } p)$, для $\forall p \in \{p_1, \dots, p_s\}$].

- С использованием Модифицированного Алгоритма провести соответствующие исследования для $n > 2$. При этом наиболее интересным результатам исследований является:

- выявление конкретных непересекающихся классов эквивалентности (всех непересекающихся классов неотличимых функций от n переменных), и

- нахождение в этих классах функции без запретов.

- С использованием указанных алгоритмов провести соответствующие исследования для $n > 2$. При этом были озвучены некоторые ограничения по исследованию в практически важных подмножествах множества булевых функций от n переменных, таких, как, например:

- равновероятные функции с небольшой алгебраической нелинейностью, для которых $\text{deg}(f) = 2$ и $\text{deg}(f) = 3$;

- функции с большим коэффициентом корреляционной иммунности

- «Бент-функции» или наиболее близкие к ним равновероятные функции

- Аффинные функции и др.

Обобщенный алгоритм проверки неотличимости булевых функций по выходным s -граммам.

Рассмотрим выходную последовательность $\gamma_i, i=1, 2, \dots$ получаемую из неизвестной случайной входной последовательности $h_i, i=1, 2, \dots$, с помощью неизвестной (ключевой) функции усложнения $f: (F_2)^n \rightarrow F_2$ по следующему правилу:

$$\gamma_i = f(h_i, h_{i+1}, \dots, h_{i+n-1}), i=1, 2, \dots, s \quad (1)$$

$$\gamma_1 = f(h_1), \gamma_2 = f(h_2), \dots, \gamma_s = f(h_{s+n-1}) \quad (1)$$

при этом исходная последовательность $h_i, i=1, 2, \dots$, рассматривается как последовательность независимых случайных величин с равновероятным распределением на

множестве $\{0,1\}$. Результирующую последовательность вида (1) можно рассматривать как выходную последовательность фильтрующего генератора с неизвестным равновероятным входом, поступающим на соответствующий (не обязательно линейный) регистр сдвига, и ключевой функцией съема f .

В таком случае каждая функция съема f будет характеризоваться распределением вероятностей появления выходных s -грамм, т.е. набором вероятностей $\vec{P}_f = \{P(\gamma_1=a_1, \gamma_2=a_2, \dots, \gamma_s=a_s) | s=1, 2, \dots, a_j \in (0,1)\}$.

Известно, что равновероятность выходных s -грамм (при любом фиксированном $s=1, 2, \dots$) равносильна тому, что в последовательности (1) может появиться любая s -грамма. Такие функции f называются функциями без запрета. И наоборот, если некоторая s -грамма не может появиться в выходной последовательности (1) ни при какой входной последовательности $h_i, i=1, 2, \dots$, то соответствующая s -грамма является запретной и соответственно функция f обладает запретами.

Введём определение: Функции f и g будем называть статистически неотличимыми (эквивалентными) и обозначать $f \sim g$, если для этих функций совпадают вероятности выходных s -грамм при любых $s=1, 2, \dots$ (то есть $\vec{P}_f = \vec{P}_g$).

Пусть $M(f)$ – класс функций эквивалентных заданной функции f . Тогда все множество функций от n переменных распадается на непересекающиеся классы эквивалентных функций $M(f_1), M(f_2), \dots, M(f_t)$, где t – число различных классов эквивалентности.

Рассмотрим случай, когда число переменных $n = 2$.

Известно, что общее число всех возможных булевых функций от заданного числа переменных n равняется 2^{2^n} , обозначим эту величину, как FN .

Число всех возможных булевых функций от $n = 2$ переменных $FN = 2^{2^2} = 2^{2^2} = 16$.

$S = \{1, 2, 3, \dots, s\}$, где $s=2^n-1$ - Число случаев для различных длин s -грамм, которые необходимо рассмотреть для полноценного анализа.

$s = 2^n - 1 = 2^2 - 1 = 3$. Значит, в рассмотрение придётся взять 3 различных s -граммы, или другими словами рассмотреть три случая: $S = \{1, 2, 3\}$

Вероятности выходных s -грамм для всех рассматриваемых случаев S_i вычисляются путем подсчета частот встречаемости выходных s -грамм в последовательностях:

$$\gamma_1=f(h_1), \gamma_2=f(h_2), \dots, \gamma_v=f(h_{v+n-1}) \quad (1)$$

при обработке всех возможных входных двоичных последовательностей: $\{x_1, x_2, \dots, x_{n+s-1}\}$ (2)

Как следствие получаем s вариантов на рассмотрение:

Далее строятся все возможные двоичные последовательности вида: $\{x_1, x_2, \dots, x_{n+s-1}\}$

Для этого представим их все в виде матрицы $V(2^{ns1}, ns1)$, состоящей из: 2^{ns1} – строк и $ns1$ – столбцов. Элементы матрицы будут принимать значения 0 и 1.

Элементами строк матрицы будут двоичные представления чисел от 0 до $2^{ns1}-1$.

К примеру, для случая с $s = 1, ns1 = 2, h_1 = \{x_1, x_2\}$ будем рассматривать матрицу:

$$V(4,2) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Итак, для каждой из 16-ти булевых функций от двух переменных, будем вычислять (с использованием ПЭВМ) вероятности появления s -грамм, в тех последовательностях γ_i , что мы будем получать, после того, как подадим на вход соответствующей рассматриваемой булевой функции все

возможные входы $\{x_1, x_2, \dots, x_{n+s-1}\}$ для каждого s соответственно.

То есть для $n=2, s=1$:

$$\gamma_1=f(h_1) = \{y_1, y_2, \dots, y_j\}, \text{ где } y_j \in \{0,1\}$$

При этом не забываем, что рассматриваемые нами s -граммы, согласно описанию выше вероятно будут встречаться в последовательностях γ_i одинаковое число раз. То есть для случая с монограммами, т.е. когда $s=1$:

Мы рассматриваем частоту появления либо 0, либо 1. Но частоты встречаемости для первого случая (появление нуля) и для второго (появление единицы) при всех возможных входах должны будут быть равны друг другу.

Та же ситуация и для случая с $s>1$, например для биграмм, т.е. для $s=2$: Для этого случая мы рассматриваем частоту появления 00, 01, 10 и 11. Но опять же очевидно, что при рассмотрении всех возможных входов частоты встречаемости биграмм 00 и 11 должны будут совпадать, так же как и частоты встречаемости биграмм 01 и 10. Данный факт дополнительно рассматривается в ходе исследования.

Обозначим за « z » то число раз, сколько встретилась рассматриваемая s -грамма.

Для каждой s -граммы получим набор дробей вида:

$$\frac{z}{2^{s+n-1}} = \text{вероятность появления соответствующей } s\text{-граммы.}$$

Причём для каждой из 2^{2^n} функций мы получим по 2^s дробей в соответствие с рассматриваемой s -граммой.

Т.е. для каждой функции получим:

	0	1
1-грамма:	$\frac{z}{2^{s+n-1}}$	$\frac{z}{2^{s+n-1}}$

	00	01	10	11
2-грамма:	$\frac{z}{2^{s+n-1}}$	$\frac{z}{2^{s+n-1}}$	$\frac{z}{2^{s+n-1}}$	$\frac{z}{2^{s+n-1}}$

	0	1	...	$(2^s)-1$
s-грамма:	$00\dots00_{(s)}$	$00\dots01_{(s)}$...	$11\dots11_{(s)}$
	$\frac{z}{2^{s+n-1}}$	$\frac{z}{2^{s+n-1}}$	$\frac{z}{2^{s+n-1}}$	$\frac{z}{2^{s+n-1}}$

Для всех 2^{2^n} булевых функций от n переменных вычисляем вероятности выходных s -грамм для $s=2^n-1$. Данные вероятности вычисляются путем подсчета частот встречаемости выходных s -грамм в последовательностях (1) при

$n = 2, s = 1$ $ns1 = n+s-1 = 2+1-1 = 2$ Будем обрабатывать все: $h_1 = \{x_1, x_2\}$ двоичных последовательностей	$n = 2, s = 2$ $ns1 = n+s-1 = 2+2-1 = 3$ Будем обрабатывать все: $h_2 = \{x_1, x_2, x_3\}$ двоичных последовательностей	$n = 2, s = 3$ $ns1 = n+s-1 = 2+3-1 = 4$ Будем обрабатывать все: $h_3 = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ двоичных последовательностей
--	---	--

обработке всех возможных входных двоичных последовательностей: $\{x_1, x_2, \dots, x_{n+s-1}\}$

И, наконец, в конце по полученным вероятностям строим соответствующие получившиеся непересекающиеся классы статистически эквивалентных булевых функций.

Данный алгоритм является одним из наиболее примитивных с алгоритмической точки зрения, к тому же данное решение является решением «в лоб», и его использование

для нашего исследования хорошо лишь для проверки наших теоретических оценок и результатов. Алгоритм также требует серьёзной модификации в случае, когда мы рассматриваем задачу определить: являются ли две заданные булевы функции статистически неотличимыми или нет.

Модифицированный алгоритм проверки статистической неотличимости заданных функций

Именно по этой причине в работе также рассматривается Модифицированный Алгоритм проверки неотличимости заданной пары булевых функций от n переменных, базирующийся на вышеописанном. Реализация модифицированного алгоритма осуществляется на языке Си++ с использованием наиболее оптимальных и эффективных методов, и с учётом особенности архитектуры самого Алгоритма.

Стоит так же отметить криптографическую составляющую данной работы. В традиционных системах шифрования, переводящих открытое сообщение в зашифрованное, с помощью секретного ключа, решающую роль играет аппарат булевых функций. К этим функциям предъявляется ряд требований, имеющих целью предельно осложнить расшифровку сообщения лицом, не являющимся его адресатом.

Для иллюстрации применения булевых функций приведём схему поточного шифрования, когда каждый поступающий символ тут же преобразуется в символ шифртекста.

Поточные шифры основаны на так называемом шифре Вернама, имеющем следующую схему:

Исходный текст → Шифрование с ключом → Шифртекст

и обратная операция:

Шифртекст → Дешифрование с ключом → Исх. текст

Злоумышленника в вышеописанной схеме интересует именно ключ, который в свою очередь может являться той самой ключевой функцией усложнения $f: (F_2)^n \rightarrow F_2$, то есть некой булевой функцией. У злоумышленника, таким образом, в зависимости от условий может иметься несколько опций по выявлению неизвестной ему ключевой функции усложнения:

В случае если он обладает шифратором, у него имеется возможность подать большое число открытых текстов, и по статистическим характеристикам шифртекстов определить примерный класс эквивалентности, в котором содержится данная функция. И найдя в каком классе эквивалентности находится интересующая его ключевая функция, перебирать не все возможные булевы функции от n переменных, а производить поиск только среди того сравнительно небольшого количества, что содержится в конкретном классе эквивалентности.

Именно по этому для выбора таких функций, в классе которых содержится максимальное или минимальное число эквивалентных, в зависимости от задачи шифрования и криптосхемы, и стоит знать, как выглядят соответствующие классы эквивалентности.

С данной тематикой так же тесно связаны и такие области криптографических приложений, как Генераторы последовательностей случайных чисел (ГПСЧ), а так же ключевых функций съёма фильтрующего генератора, с неизвестным равновероятным входом, которые являются полем для исследования и по сегодняшний день. Результаты данного исследования могут быть применимы в этом контексте при разработке генераторов случайных последовательностей, где булевы функции будут использоваться, для генерации из исходных последовательностей (не обязательно случайных) преобразованных случайных последовательностей. Причём преобразованные последовательности, вследствие преобразования соответствующей (или несколькими) булевой функцией должны получаться

«лучше» с теоретико-вероятностной точки зрения по сравнению с исходными.

Заключение

На данном этапе были реализованы вышеописанные алгоритмы проверки статистической неотличимости пары заданных функций f и g от n переменных. С использованием Модифицированного Алгоритма проведены соответствующие исследования для $n > 2$. На данный момент происходят доработки алгоритма в связи с его сложной внутренней структурой и большим количеством вложенных алгоритмов (нахождение линейно независимых векторов, и др.). Произведено начальное определение непересекающихся классов неотличимых функций от малого числа переменных. В дальнейшем, на последнем этапе исследования, также будет рассмотрен и вопрос о нахождении в этих классах функций без запретов.

После получения наиболее оптимальных решений без потери точности вычислений на всех этапах алгоритма будет проведено соответствующие исследование для $n > 2$. В рамках работы будет также рассмотрены предложенные практически наиболее важные подмножества множества булевых функций от n переменных, которые были перечислены ранее: равновероятные функции с небольшой алгебраической нелинейностью, для которых $\deg(f) = 2$ и $\deg(f) = 3$; функции с большим коэффициентом корреляционной иммунности;

«Бент-функции» или наиболее близкие к ним равновероятные функции; Аффинные функции и др.

Попытка разработки альтернативных или дополнительных методов изучения статистических характеристик двоичных последовательностей, их совершенствование, и опробование на практике, имеет смысл и перспективны. Также можно предложить оптимизировать Алгоритмы, в первую очередь для повышения скорости подсчётов для $n > 5$.

Список литературы:

1. Буряков М. Л., Логачев О. А. Об уровне аффинности булевых функций // Дискретная математика. 2005. Т. 17, N4. С. 98-107.
2. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика: Учеб. Пособие для втузов. М.: Высш. шк., 1984. С. 248.
3. Логачев О. А., Сальников А. А., Яценко В. В. Бент-функции на конечной абелевой группе // Дискретная математика. 1997. Т. 9, N 4. С. 3-20.
4. Рожков М.И. Некоторые алгоритмические вопросы идентификации конечных автоматов по распределению выходных m -грамм. Часть 1. — Обзорение прикл. и промышл. матем., сер. дискретн. матем., 2008, т. 15, в. 4, с. 613-630.
5. Рожнев А. Ю. Гипотезы о запретах булевых функций
6. Сачков В.Н. Комбинаторные методы дискретной математики. М.: Наука, 1977. С. 320.
7. Севастьянов Б.А., Чистяков В.П. О числе входных последовательностей, соответствующих выходной последовательности конечного автомата. — Обзорение прикл. и промышл. матем., сер. дискретн. матем., 1994, т. 1, в. 1, с. 96-107.
8. Смышляев С. В. Локально обратимые Булевы функции
9. Смышляев С. В. О криптографических слабостях некоторых классов преобразований двоичных последовательностей
10. Смышляев С. В. О числе совершенно уравновешенных булевых функций с барьером длины 3
11. Сумароков С.Н. Запреты двоичных функций и обратимость для одного класса кодирующих устройств., 1994, т. 1, в. 1, с. 33-55.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ «RED OCTOBER»

М.Я. Тишков, И.Т. Балмаев

факультет Прикладной математики и кибернетики

В работе рассказывается об операции RedOctober: её технической составляющей, целях разработчиков, а также о возможных заказчиках и исполнителях.

В октябре 2012 года Лаборатории Касперского по просьбе одного из своих партнеров начала исследование атак на его сервера. Антивирусной компанией были проанализированы письма и вредоносные модули, что привело к раскрытию более масштабной операции кибершпионажа.

Оказалось, что последние пять лет против дипломатических ведомств, государственных структур и научно-исследовательских организаций разных стран мира проводились серии кибератак, которые специалисты Лаборатории Касперского объединили в одну операцию под названием «RedOctober».

В ходе данной операции были заражены сотни машин. Несколько фактов, которые удалось выяснить в ходе исследования:

- Атакующие были активны на протяжении последних пяти лет
- Украденная информация использовалась в последующих атаках
- Было создано более 60 доменных имен и несколько хостингов, главным образом размещенных в Германии и России
- Сложная инфраструктура управляющих серверов: внешние сервера проксируют запросы к серверам высшего уровня, и так далее до главного сервера, который пока остается нераскрытым.
- Легко расширяемая платформа позволяет легко добавлять новые модули для сбора информации
- Вирусные модули собирают большое количество конфиденциальной информации из разных источников: подключенных смартфонов (iPhone, Nokia, WindowsMobile), сетевого оборудования (Cisco); файлы с USB-дисков (включая ранее удаленные файлы, для чего использует собственную технологию восстановления); крадет почтовые базы данных из локального хранилища Outlook или с удаленного POP/IMAP сервера, а также извлекает файлы с локальных FTP-серверов в сети.
- Было использовано как минимум три различных эксплойта к уже известным уязвимостям: CVE-2009-3129 (MS Excel), CVE-2010-3333 (MS Word) и CVE-2012-0158 (MS Word).
- Эксплойты были созданы другими людьми, создатели RedOctober лишь изменяли исполняемые файлы на свои.
- Осуществлялось заражение рабочих станций в локальной сети с использованием уязвимости MS08-067, которая так же использовалась червем Conficker(Kido).
- В бинарных модулях были оставлены строки, указывающие на российское происхождение

Все цели злоумышленников можно разделить на несколько групп:

1. Правительственные структуры (включая дипломатические ведомства)
2. Исследовательские институты, связанные с разработкой вооружений, а также продукции двойного назначения.
3. Торговые и коммерческие структуры
4. Энергетические компании
5. Аэрокосмическая отрасль

6. Частные организации, которые так или иначе связаны с вооруженными силами (крупные охранные организации, которые работают по подрядам правительств, а также подрядчики министерств обороны).

В ходе разбирательства были обработаны срабатывания системы KSN(KasperskySecurityNetwork), по результатам чего была составлена следующая таблица.

Страна	Кол.
Россия	38
Казахстан	21
Азербайджан	15
Бельгия	15
Индия	14
Афганистан	10
Армения	10
Иран	7
Туркменистан	7
Украина	6
США	6
Вьетнам	6
Белоруссия	5
Греция	5
Италия	5
Марокко	5
Пакистан	5
Швейцария	5
Уганда	5
Объединенные Арабские Эмираты	5

Стоит вспомнить, что к системе KSN подключено относительно мало рабочих станций и их количество разнится в зависимости от страны (например, в США установка неамериканского ПО на ряд машин запрещено), и полной картины она дать не может. Тем не менее это пока чуть ли не единственная статистика, доступная нам на данный момент и она может дать понятие о географическом размахе.

В ходе заражения жертве по почте отправлялся специально сконструированный Word/Excel файл, использующий одну из уязвимостей для выполнения вредоносного кода, после чего на диске создавался главный модуль, прописывающийся в автозагрузку и опрашивающий контролируемые сервера на наличие индивидуальных заданий.

В RedOctober используется более 1000 вредоносных файлов, распределенных по 30 группам. Модули были скомпилированы в период с 2007 года по начало 2013. Это позволяет злоумышленникам настраивать программу под конкретные цели.

После описания технической стороны вопроса, необходимо также рассказать об исполнителях и заказчиках подобной операции. Вопрос не простой, можно только сделать выводы на основе исследования той немногочисленной информации, которая просочилась в сеть интернет. Известно, что в коде вредоносного файла обнаружили куски кода, написанные транслитом (английскими буквами русские слова). Кроме того известно, когда и во сколько злоумышленники закидывали на сервера свои вредоносные

файлы. Просмотрев все даты, можно сделать вывод, что большинство модулей были загружены в пятницу или субботу. Причем время этих загрузок - диапазон времени с 9 до 12 часов по Гринвичу. Если принять во внимание возможность того, что эта какая-то организация, то можно сделать вывод, то по прошествию контрольного срока, авторов зловредотчитывались о своей работе и закачивали своё творение на сервера в конце рабочего дня. Из этих рассуждений может следовать то, что под страну-площадку управления используется Китай. Имея время +8 к Гринвичу все встает на свои места. Кроме того, при составлении названия, Лаборатория явно провела ассоциацию (Red<красный<Китай). Плюс к этому, возможно, кто-то из сотрудников читал книгу Тома Клэнси «Охота за Красным Октябрем», в которой все сводилось к тому, что американцы получили новейшие технологии в области кораблестроения путем угона подводной лодки Красный Октябрь. Также стоит отметить, что в Китае не было отмечено ни одного случая заражения вредоносными программами из серии RedOctober, а также тот факт, что объектами похищения были файлы AcidCryptofiler, используемые для передачи данных в военном блоке NATO. Тем самым отмечают страны-члены блока, в том числе США. Учитывая ограниченность стран, способных к созданию кибероружия такого уровня, то остаётся Россия и Китай. Некоторые аналитики высказали мнение, что слова транслитом в коде-просто уловка. В ходе нашего исследования, мы, как отмечалось выше, провели исследование времени, когда были написаны вредоносные модули. Особенно интересна картина после календарного Нового года, который, как известно, в Китае не имеет такую значимость как в России. Например, первый модуль в 2013 году был скомпилирован 8 января (опять же под вечер), хотя до этого модули выкладывались перед выходными. Это вполне может означать, что русская часть команды разработчиков банально ездил домой на неделю встретить Новый год, а перед началом рабочей недели в России, опять уехали в Китай на заработки. То есть мы сделали вывод, что скорее всего RedOctober-детище китайской организации (при этом вовсе не обязательно, что государственной, скорее всего имеет место быть вариант с негласным подрядчиком из числа ИТкомпаний Востока Китая. Работают над этим кодом не только китайцы, но и российские программисты (можно даже предполагать, что работа организована таким образом, что они не знают, что они на самом деле делают).

В ходе нашего исследования мы всесторонне изучили операцию RedOctober. Было проанализировано большое количество материала, которое оказалось доступным в сети Интернет. На основе проделанного исследования можно подытожить:

1. Основными целями операции RedOctober стали военные и правительственные структуры-то, информация о которых может быть использована в дипломатической игре, построении внешней политики государства, а также для организации копирования и производства в собственной стране продуктов военного назначения.
2. Исполнителем данной операции стала интернациональная команда программистов из Китая, России и, возможно, некоторых других стран.
3. Заказчиком операции стало Китайское правительство.
4. И, пожалуй, самый главный, Китай полноценно включился в гонку кибероружия на равне с другими странами.

Список литературы:

1. http://www.securelist.com/ru/blog/207764382/Operatsiya_Red_October_obshirnaya_set_kibershponazha_protiv_dipl

omateskikh_i_gosudarstvennykh_struktur (28.01.13); Блог Лаборатории Касперского Securelist.

2. http://www.securelist.com/en/analysis/204792262/Red_October_Diplomatic_Cyber_Attacks_Investigation (28.01.13) Развернутый обзор RedOctoberна английском языке

3. <http://www.osp.ru/news/articles/2013/02/1303388> (28.01.13) Статья, в которой даны мнения зарубежных аналитиков и специалистов в области компьютерной безопасности относительно операции RedOctober.

ОПЫТ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАРАЖЕНИЯ ПК ТРОЯНСКОЙ ПРОГРАММОЙ

С.С. Малахов

факультет Прикладной математики и кибернетики

В докладе излагается опыт выявления и обезвреживания вредоносной программы «Trojan.Click2.8168», которая не была обнаружена антивирусом.

Большинство пользователей сети Интернет знают о риске инфицирования ОС при раскрытии всплывающих окон, которые появляются после загрузки сайтов, особенно если последние базируются на бесплатном хостинге.

Во время одного из сеансов посещения подобного сайта на экран было выведено окно, имитирующее сообщение от социальной сети «ВКонтакте», информирующее о большом посещении персональной страницы. Окно успело загрузиться полностью, перед тем как было закрыто. Как позже выяснилось, ОС была инфицирована вредоносной программой «Trojan.Click2.8168».

Примерно через 7 дней во время работы ПК отключились одновременно клавиатура и мышь, подсоединенные к порту PS/2. При этом индикатор работы мыши периодически включался, равно как и сигнальные светодиоды на клавиатуре. Диспетчер устройств не выдавал сведений об ошибке или повреждении. Перегрузка системы оказалась нерезультативной. Кроме того, без видимых причин активно работал процессор, а общее быстродействие ОС значительно снизилось.

Одновременно выяснилось, что во время посещения персональной страницы соц. сети «ВКонтакте» после нажатия кнопки «Выйти» сервер либо не реагировал, либо переключался на страницу входа без необходимости ввода пароля для повторного входа.

Выше изложенные обстоятельства дали основание полагать, что ПК инфицирован, вероятнее всего, троянской программой.

Проверка антивирусной программой «Kaspersky Internet Security 2012» не выявила наличие вредоносного ПО. С помощью утилит «IP-tools», «NetStat Agent», «Procexp» фиксировались соединения с Интернетом, но определить какие именно были вызваны активностью вредоносного ПО не удалось. Стоит заметить, что в файле hosts также не оказалось изменений.

Скачанная утилита «Dr.Web CureIt» с официального сайта <http://drweb.com/> определила деятельность программы «Trojan.Click2.8168». Инфицированным оказался созданный в результате работы компилятора программы «Dev-C++» исполнимый файл.

После проведения мер по деактивации вредоносного ПО, удаления инфицированного файла сервер соц. сети «ВКонтакте» стал функционировать корректно, в соответствии с требуемыми действиями, восстановилась работоспособность портов PS/2.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗАННЫХ УГРОЗ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ, ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННЫХ РИСКОВ СИСТЕМ

А.В. Вильчинский

факультет Прикладной математики и кибернетики

Введение

В настоящее время термин "информационный риск" нашел широкое применение. Однако пока не существует принятой большинством ученых и практиков трактовки понятия "информационный риск". Появление данного понятия в середине 90 – х годов прошлого столетия объясняется необходимостью использования нового подхода к решению проблемы информационной безопасности бизнеса. Проблема, которой занимался узкий круг специалистов, стала настолько острой, что решаться она должна на всех уровнях управления.

Связность информационных рисков

Некоторые специалисты еще в большей степени сужают понятие информационного риска. Они рассматривают информационный риск как угрозу безопасности информации только в компьютерных системах. Сторонниками таких подходов к пониманию категории "информационные риски" являются, как правило, специалисты в области защиты информации.

В некоторых работах рассматриваются только технические средства информационных технологий, исключая такой ключевой элемент информационных систем, как специалист.

Практически отсутствуют подходы к трактовке понятия "информационный риск", в которых в качестве возможных нежелательных событий рассматривались бы события, приводящие к снижению достоверности, полноты и актуальности информации на стадии ее получения и ввода в информационную систему.

В понятие информационный риск не включают также риски, связанные с возможным наличием ошибок в моделях, алгоритмах обработки информации, программах, которые используются для выработки управляющих решений.

Не всегда понятие информационный риск связывают с возможностью снижения качества информации ниже допустимого предела в результате сбоев и отказов программных и технических средств.

Все приведенные подходы к пониманию термина "информационный риск" объединяет два обстоятельства: отсутствие комплексного системного взгляда на проблему и ясности понимания конечных результатов воздействия информационных рисков на предприятие.

Другая группа специалистов рассматривает информационные риски как экономическую категорию. Они понимают информационные риски как возможность возникновения убытков, неполучение прибыли и другие негативные последствия для предприятия. Примером одного из таких подходов может служить следующее определение: "Информационные риски — это опасность возникновения убытков или ущерба в результате применения компанией информационных технологий. Иными словами, IT-риски связаны с созданием, передачей, хранением и использованием информации с помощью электронных носителей и иных средств связи"[2].

Под информационной системой предприятия будем понимать систему взаимосвязанных информационных объектов, которые реализуют информационный процесс в целях эффективного функционирования предприятия. Сущность информационного процесса состоит в получении, обработке, хранении и передаче необходимой информации.

В качестве информационных объектов (ИО) рассматриваются специалисты, имеющие отношение к информационному процессу, вычислительные машины, системы, комплексы и сети, информационные ресурсы, коммуникационные системы, системы ввода, хранения, передачи и представления информации. К информационным ресурсам относятся идентифицируемые данные на машинных носителях, бумажные документы, базы данных, файлы и сообщения в электронных устройствах.

То есть, к информационным объектам относятся все специалисты, технические устройства, другие материальные средства и информационные ресурсы предприятия, которые задействованы в информационном процессе.

Сущность информационного риска заключается в том, что это случайное событие, приводящее к негативным последствиям в информационной системе. Воздействуя на информационную систему, в конечном итоге риски приводят к ущербу или убыткам предприятия, в чем и заключается экономический смысл понятия "информационный риск".

С учетом приведенных рассуждений определение информационного риска может быть представлено в следующем виде. Информационный риск – это возможность наступления случайного события в информационной системе предприятия, приводящего к нарушению ее функционирования, снижению качества информации ниже допустимого уровня, в результате которых наносится ущерб предприятию.

Качество информации определяется следующими показателями:

- достоверность;
- актуальность;
- конфиденциальность;
- полнота;
- своевременность получения;
- форма представления;
- избыточность.

Рассматривая соотношение понятий "причина" и "фактор", необходимо отметить, что причина определяет внутренне источники активности процессов или объектов порождающих риски. Факторы же рассматриваются как обстоятельства, способствующие реализации рисков.

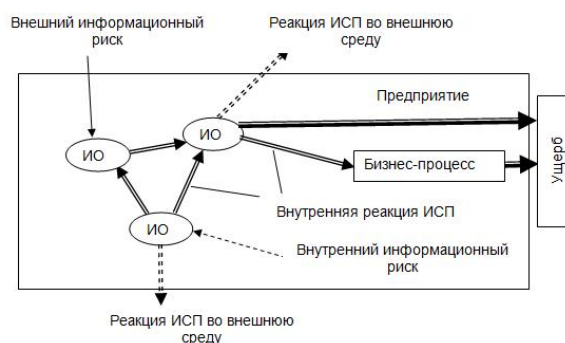


Рис. 1. Схема воздействия информационных рисков на процесс функционирования предприятия

Факторы информационных рисков, в меньшей степени связаны с конкретными источниками риска, чем причины рисков. Они в основном отражают состояние ИСП в целом, и особенно состояние подсистемы противодействия информационным рискам. Понятию "фактор риска" близко понятие "уязвимость системы", которое используется специалистами по защите информации. Для наступления

рискового события необходимо одновременное наличие причины и фактора риска.

Информационный риск воздействует на один или несколько информационных объектов ИСП. Реакция ИО на воздействие риска может быть направлена во внешнюю среду или на внутренние объекты. Например, под воздействием некоторого события на ОИ во внешнюю среду несанкционированно передается конфиденциальная информация. Внутренняя реакция ИО на воздействие риска может быть направлена на другие ИО или непосредственно на бизнес-процессы. Если негативное воздействие на ИО не будет заблокировано, то, распространяясь от ИО к ИО, оно отрицательно повлияет на бизнес-процессы. Например, возникшая ошибка в расчетах, если она не будет своевременно обнаружена, попадет в устройство управления автоматизированной линии, что приведет к выпуску бракованной продукции.

Существует три пути причинения ущерба предприятию в результате реализации информационного риска. Ущерб может быть следствием использования в бизнес-процессе управляющей информации, качество которой в результате воздействия информационного риска снизилось до неприемлемого уровня. Например, применение недостоверной информации, нарушение доступности информации в течение времени, превышающего предельно допустимое, приведут к ущербу предприятия. Предприятия несут убытки за счет прямого воздействия информационных рисков на объекты информационной системы, в результате которого объекты приходят в неработоспособное состояние. Такие риски будем называть прямыми информационными рисками. Для восстановления их работоспособности предприятие вынуждено расходовать ресурсы. Примерами таких рисков являются уничтожение технических средств в результате аварий и стихийных бедствий, утраты программных средств, информационных баз данных и т. п.

Третьим путем причинения ущерба предприятию в результате реализации информационных рисков является изменение внешней среды, которое сказывается на эффективности функционирования предприятия. Так, например, при нарушении конфиденциальности информации ухудшается конъюнктура рынка, возможен срыв переговоров с партнерами и другие последствия, приносящие ущерб материальным или интеллектуальным ресурсам предприятия. Большой ущерб предприятию наносится при попадании во внешнюю среду сведений об имевших место информационных рисках, касающихся предприятия. В некоторых случаях деловой репутации предприятия наносится такой ущерб, который может привести к банкротству предприятия.

Информационные риски, которые наносят ущерб предприятию, являющийся следствием воздействия рисков на бизнес-процессы предприятия или внешнюю среду, будем называть косвенными информационными рисками.

Таким образом, информационные риски воздействуют на информационные объекты ИСП, вызывая изменение внутренних и внешних условий функционирования предприятия. В результате этих изменений предприятию терпит убытки, ему наносится определенный ущерб. Внешние информационные риски могут непосредственно воздействовать на внешнюю среду, в результате чего внешняя среда непосредственно воздействует на бизнес-процессы предприятия.

Заключение

Управление информационными рисками выходит на одно из первых мест среди проблем обеспечения экономической безопасности предприятия. Придание экономического смысла информационному риску позволяет при-

менять экономические методы управления этим риском. Эти обстоятельства требуют привлечения к управлению информационными рисками специалистов и менеджеров всех уровней, в том числе, и менеджеров высшего звена.

Список литературы:

1. Тимонин М. В., Лаврентьев В. С. Пример моделирования риска информационной безопасности с помощью теории нечеткой меры // Безопасность информационных технологий. 2010. № 1. С. 30–35.
2. Pearl J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1988.
4. Pearl J. Causality: Models, Reasoning, and Inference. Cambridge University Press, 2000.
5. Grabisch M. K-order Additive Fuzzy Measures // 6th Int. Conf. on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU). Granada, Spain, 1996. P. 1345–1350.

ОБНАРУЖЕНИЕ И ПОДАВЛЕНИЕ DDoS АТАК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ DATA MINING

А.С. Попов

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

В данной работе проводится анализ использования различных алгоритмов интеллектуального анализа данных для выявления наиболее оптимального из них для различных уровней модели OSI в сочетании со множеством сетевых технологий, осложняющих обнаружение (D)DoS атак.

Введение

Целью исследования является получить приемлемые по критериям алгоритмы обнаружения и предотвращения DDoS атак.

Основными критериями оценки положительной работы алгоритмов является формирование правил для быстрой обработки сетевых пакетов, малое (предсказуемое) количество ложноположительных и ложноотрицательных срабатываний, скорость обучения в условиях атаки.

Постановка проблемы

Проблема разграничения легитимных пользователей и вредоносных компьютеров со временем лишь усложняется. Технические меры, с помощью которых удавалось выявлять подозрительные компьютеры, теперь не работают. Всё большее количество бот-сетей являются максимально приближены к поведению реальных пользователей. Современные агенты бот-сетей умеют самостоятельно имитировать JavaScript движок, генерацию страницы, переадресацию страниц, переход по ссылкам и, самое главное, они перестали быть «жадными» при потреблении ресурсов сервера жертвы.

Дополнительную сложность для обнаружения и предотвращения вносят сетевые технологии, такие как NAT (трансляция сетевых адресов) и SSL. Поскольку адресное пространство IPv4 уже давно закончилось, многие крупные компании и домовые сети используют лишь несколько внешних IP адресов для предоставления доступа в сеть Интернет своим сотрудникам или абонентам. За одним IP адресом могут скрываться тысячи легитимных абонентов. Не редки ситуации, когда малообразованный начинающий злоумышленник использует свой домашний компьютер для участия в массовой DDoS атаке на крупный ресурс сети Интернет. В результате чего, его внешний IP адрес может попасть в чёрный список и все абоненты, имеющие этот же IP адрес, не смогут попасть на желаемый ресурс.

DDoS атаки носят массовый характер, поскольку им подвержены как крупные сетевые порталы, так и сайты малых организаций. Атакам могут подвергнуться и государственные сайты, например оказывающие электронные услуги населению, информирующие о чрезвычайных ситуациях и т.п. Можно выделить экономический, репутационные и политические риски. Обеспечение доступности информации является одной из составляющих комплексной защиты информации, наряду с целостностью и конфиденциальностью.

Данные для анализа

Для работы алгоритмов необходимо подготовить исходные данные, выбрать атрибуты, и параметры работы алгоритмов. Исходными данными являются сетевые пакеты, захваченные на стороне жертвы, атрибутами – поля пакетов на IP, TCP и HTTP уровнях. Следует также оговориться, что в реальной жизни для алгоритмов обнаружения доступны лишь атрибуты, передающиеся по протоколу Netflow от маршрутизаторов к коллекторам-анализаторам. Передаваемая ими информация носит статистический характер о проходящем трафике – количество пакетов, IP адреса отправителя и получателя, порты отправителя и получателя. Следовательно, лишь это небольшое количество атрибутов необходимо использовать для обнаружения.

После обнаружения атаки и перенаправления трафика на центр очистки, становится возможным использовать весь спектр атрибутов всех уровней модели OSI. Например, становится возможным анализировать переходы по URL адресам, встраивать дополнительную информацию при обмене данными с пользователем, применять иные техники предотвращения атаки.

Анализ данных

Для анализа наборов данных используется Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA). Инструмент разработан в университете Waikato для работы с алгоритмами машинного обучения.

BFTree – алгоритм для построения классификатора дерева лучшего первого решения. Этот алгоритм использует бинарное разделение для номинальных и числовых атрибутов. Для отсутствующих значений, используется метод "дробных" значений.

LADTree – алгоритм для создания мульти-класса дерева переменного решения, используя стратегию LogitBoost.

Trees.DecisionStump – алгоритм тупиковых решений, состоящий из одного уровня дерева решений. То есть, это дерево решений с одним внутренним узлом (корнем), который непосредственно связан с конечными узлами (листьями).

Rules.Part – деревья частичных решений. Лист с наибольшим покрытием превращается в правило, и дерево отбрасывают. Обрезка деревьев решений позволяет избежать проблемы метода "подрезания", который сразу же обрезает отдельные правила, после их построения.

HyperPipes – для задач дискретной классификации, записывает диапазон значений, наблюдавшихся в обучающих данных для каждого атрибута и категории и работает с диапазонами, содержащими значения атрибутов теста, например, выбор категории с наибольшим количеством правильных диапазонов.

NBTTree – алгоритм для генерации дерева решений с наивной байесовской классификацией на листьях.

Заключение

К сожалению, на данный момент не удалось сформировать окончательный список атрибутов и определить приемлемый алгоритм анализа сетевого трафика. В дальнейшем планируется увеличить разнообразие входных данных и количество параметров анализирующих алгоритмов.

Список литературы:

1. Ian H. Witten, Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, 3rd Edition, Morgan Kaufmann, 650 p., 2011
2. Kyung Choi, Intrusion Detection of NSM Based DoS Attacks Using Data Mining in Smart Grid, Energies, 4091-4109 p., 2012

БЕЗОПАСНОСТЬ СОЦИАЛЬНЫХ КАРТ

И.Ю. Волков

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Аннотация

Сегодня пластиковые карты со встроенным чипом радиочастотной идентификации (RFID чипом) применяются в самых разных областях нашей жизни: в качестве пропусков, билетов для проезда в транспорте, электронных средств оплаты. Существует множество RFID чипов, но самым распространенным в мире является чип типа Mifare Classic фирмы Philips (ныне - NXP). На момент выхода он был лучшим в соотношении цена/безопасность. Сейчас можно с уверенностью сказать, что заложенная производителем защита информации на Mifare Classic присутствует лишь формально.

Введение

В Москве учащимся и пенсионерам оформляют социальные карты москвича (СКМ), содержащие RFID чип типа Mifare Classic. В основном они используются для проезда на транспорте. Это карты с объемом памяти 1Кбайт или 4Кбайт (см. рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид социальной карты москвича

Вся область памяти карты разбита на сектора, и каждый сектор отвечает за свое приложение, например, в нулевом секторе находится блок производителя, доступный только для чтения, и классификатор приложений. Первый сектор отвечает за проезд в метро, второй и третий - за проезд по железной дороге, четвертый - в наземном транспорте, тринадцатый и четырнадцатый сектора хранят данные о владельце карты и могут быть прочитаны открытым ключом A0A1A2A3A4A5. Примечательно то, что на новых социальных картах, с объемом памяти 4Кбайт, в 32 секторе хранятся полные паспортные данные владельца карты.

Вся безопасность информации строится на том, что к каждому сектору имеется два шестидесятибитных ключа доступа: А и В. Не выполнив авторизацию с соответствующим ключом, записать или прочитать данные из выбранного сектора невозможно. В процессе авторизации не происходит непосредственной передачи ключа по открытому каналу; вся процедура проходит таким образом:

1. Ридер указывает сектор к которому хочет получить доступ и выбирает ключ А или В. После передачи первого случайного числа связь между ридером и картой шифруется по специальному секретному алгоритму Струто-1.

2. Карта читает секретный ключ и условия доступа к сектору. Затем карта посылает случайное число ридеру (стадия 1).

3. Ридер вычисляет ответ, используя секретный ключ и дополнительное значение. Ответ вместе со случайным значением от ридера передается карте (стадия 2).

4. Карта проверяет ответ ридера, сравнивая его с собственным вариантом. Затем вычисляет ответ на вызов и передает его (стадия 3).

5. Ридер проверяет ответ карты, сравнивая его с ожидаемым.

Если все проверки пройдены, можно, в соответствии с правами доступа, работать с содержимым сектора.

Все тайное становится явным

После вскрытия в 2008г. Нолем и Плётцем структуры чипа Mifare Classic выяснилось, что криптографические операции, которые способен выполнять чип, реализованы на аппаратном уровне в виде так называемого регистра сдвига с линейной обратной связью, или LFSR (linear feedback shift register), и "фильтр-функции" для усложнения генерируемой шифр-последовательности (см. рис. 2).

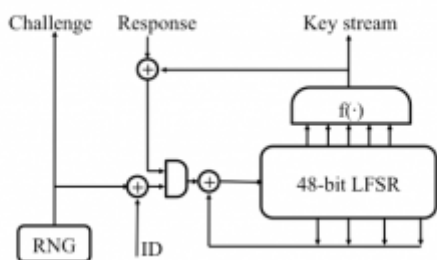


Рис. 2. Структура шифра Crypto-1

В процессе авторизации в секторе карты передаваемые случайные числа используются для начальной настройки шифра, ключ при этом представляет начальное состояние LFSR. Зная шифр-последовательность, можно "откатить" состояние LFSR до начального, получив тем самым заветный ключ от сектора. Этот принцип и используется для восстановления ключей.

Шифрование потока после авторизации осуществляется наложением шифр-последовательности на полезные данные операцией исключающее ИЛИ. Так как и на стороне карты, и на стороне ридера шифры генерируют одинаковые шифр-последовательности, то полезная информация дешифруется однозначно.

Потенциальные угрозы безопасности

Итак, секретный шифр стал известным. Теперь любой желающий может получить доступ к информации на социальной карте. Чем это опасно?

1. Неправомерное изменение информации.

Например, продление проездного дома, минуя кассу. Борьба с этим можно с помощью шифрования содержимого сектора, введения хеша данных или системой стоп-листов. Указанные меры должны производиться с учетом уникального номера карты, взятого из блока производителя (который доступен только для чтения).

2. Клонирование карт.

Существуют китайские "клоны" карт Mifare Classic, полностью повторяющие их поведение, но позволяющие менять данные в блоке производителя. С помощью таких болванок можно точь-в-точь скопировать карту-оригинал, и ридеру отличить их будет невозможно.

На такой случай при каждой проверке валидности карты необходимо менять на ней какую-либо информацию, например, записывать время прохода или увеличивать

счетчик проходов с одновременной отправкой информации в центр обработки данных. При повторном проходе нужно сравнивать значение изменяемой величины с сохраненной на сервере. При несовпадении значений система контроля доступа не должна пропускать владельца карты. Владелец оригинала карты сможет быстро решить проблему с доступом у диспетчера, предъявив оригинал, владелец "клона" не сможет это сделать, так как будет разоблачен.

Еще один способ - при проверке валидности карты попытаться записать что-либо в блок производителя. Оригинальная карта Mifare Classic выдаст ошибку, китайский "клон" - может, и нет. Данный метод не всегда применим, поскольку технологии изготовления болванок постоянно совершенствуются.

3. Неправомерное чтение персональных данных.

Бесконтактную карту можно прочитать через сумку или одежду. Поскольку на всех социальных картах ключи доступа одинаковые, то время полного прочтения составляет несколько секунд. Так как на новых социальных картах теперь хранятся паспортные данные, проблема становится весьма актуальной.

Самый простой способ защитить свою карту: обернуть ее в фольгу. Так карту гарантировано никто не прочтает, а в случае необходимости использования нужно просто достать ее. Также продаются специальные защитные экраны для бесконтактных карт.

Иной вариант - диверсифицировать ключи доступа. Например, ключ от сектора может быть результатом математической функции от уникального номера карты. Подбор ключа в таком случае займет значительное время.

Заключение

Введение комплекса перечисленных мер защиты информации для социальных карт позволит значительно повысить уровень информационной безопасности.

Список литературы:

1. Nicolas T. Courtois THE DARK SIDE OF SECURITY BY OBSCURITY.

2. Читаем паспортные данные студентов, школьников и пенсионеров у них из кармана <http://habrahabr.ru/post/143807/> Электронный ресурс. Дата обращения: 26.01.2013 г

3. Ясно, что небезопасно <http://www.computerra.ru/magazine/352574/> / Электронный ресурс. Дата обращения: 28.01.2013 г.

КЛАССИФИКАЦИЯ УГРОЗ НАРУШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

А.В. Балыбердин

НИЯУ «МИФИ», факультет «Кибернетики и информационной безопасности»

Основная цель любой классификации состоит в том, чтобы предложить такие классификационные признаки, используя которые можно наиболее точно описать классифицируемые явления или объекты. В связи с тем, что в настоящее время в существующих классификациях не в полном объеме раскрываются возможные угрозы нарушения безопасности мобильных устройств, поэтому в данном исследовании предпринята попытка провести более детальный анализ угроз для мобильных устройств и составить соответствующую классификацию.

Цель статьи – выявить и проанализировать существующие угрозы для мобильных устройств и на основе проведенного анализа составить классификацию.

Задачи статьи – рассмотреть весь спектр известных угроз на мобильных устройствах и классифицировать их по различным признакам с целью последующего анализа и реализации способов и методов эффективной защиты мобильных устройств.

В настоящее время мобильные устройства – это уже миниатюрный компьютер. Мы храним в памяти этого беспроводного устройства контакты людей, которые нас окружают, PIN-коды банковских карточек. С помощью современных коммуникаторов управляем банковскими счетами, выходим в Интернет, общаемся, охраняем свои дома и машины. Одновременно с развитием новых информационных технологий появляются новые возможные угрозы нарушения безопасности мобильных устройств, которыми может воспользоваться злоумышленник. Возникают новые направления мобильной киберпреступности, новые возможности для злоупотребления и неправомерного использования мобильных устройств и данных.

В данной статье проводится анализ трёх известных классификаций.

Первая классификация:

- 1) Инфраструктура оператора;
- 2) Канал сотовой связи;
- 3) Физический анализ МСС (мобильная криминалистика);
- 4) Скрытая установка агентского ПО (вирусное ПО);
- 5) Wi-Fi, Bluetooth и др. (коммутиационные модули).

Вторая классификация:

- 1) Атаки через веб-приложения и сети;
- 2) Вредоносные программы;
- 3) Атаки с использованием социальной инженерии;
- 4) Захват ИТ - ресурсов;
- 5) Утечка данных;
- 6) Угрозы целостности данных;
- 7) Кража (потеря);
- 8) Внедрение контроля за пользователем мобильной связи;
- 9) Продажа б/у - телефонов;
- 10) Использование мобильных телефонов как модемов для интернет-соединений;
- 11) Применение мобильных устройств большой емкости.

Третья классификация:

- 1) SMS спам мобильного телефона;
- 2) Компромет с использованием телефона;
- 3) Несанкционированная переадресация исходящего звонка;
- 4) Подделка номера отправителя SMS;
- 5) Мобильный телефон на работе и конфиденциальная информация;
- 6) Определение местоположения человека по его мобильному телефону;
- 7) Атака компромат.

После проведенного анализа составляется более полная классификация по следующим признакам:

- по источнику (его местонахождению) – на внутренние (возникают непосредственно на объекте и обусловлены взаимодействием между его элементами или субъектами) и внешние (возникают вследствие его взаимодействия с внешними объектами);

- по вероятности реализации – на потенциальные и реальные;

- по размерам наносимого ущерба - на общие (наносят вред объекту безопасности в целом, оказывая существен-

ное негативное воздействие на условия его деятельности), локальные (затрагивают условия существования отдельных элементов объекта безопасности) и частные (наносят вред отдельным свойствам элементов объекта или отдельным направлениям его деятельности);

- по природе происхождения - на случайные и преднамеренные;

- по предпосылкам возникновения – на объективные и субъективные;

- по видам объектов безопасности – на угрозы собственно информации, угрозы персоналу объекта, угрозы деятельности по обеспечению информационной безопасности.

Результатом статьи служит новая сформированная классификация, охватывающая весь спектр известных угроз нарушения безопасности мобильных устройств.

Также стоит отметить, что при составлении классификации мобильное устройство, как информационная система, рассматривается в двух состояниях:

- 1) Реализация угроз злоумышленниками с помощью мобильных устройств на иные информационные системы;
- 2) Реализация угроз злоумышленниками, направленных на получение значимой информации с мобильных устройств.

В статье в полной мере решены поставленные задачи и достигнуты поставленные цели.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 50922- 2006. Защита информации. Основные термины и определения. – Введ. 2008-02-01. – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.

2. Комментарий к Уголовному кодексу Российской Федерации. - 3-е изд., изм. и доп./ Под общ. ред. Ю.И.Скуратова, В.М.Лебедева. - М.: Норма-Инфра-М, 2000. – 896 с.

3. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: федер. закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ: [принят Гос. Думой 8 июля 2006 г.: одобрен Советом Федерации 14 июля 2006 г.]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2006/07/29/informaciadok.html>.

4. Информационные технологии. Основные термины и определения в области технической защиты информации: рекомендации по стандартизации. Р 50.1.053-2005: утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 апреля 2005 г. № 77-ст. - Введ. 2006-01-01. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://allsnips.info/docs/45/45674/index.htm>.

5. В.Н. Федорченко, И.В. Гензерский, Н.Ю. Шевякова *Харьковский национальный экономический университет, Харьков* Анализ угроз для мобильных устройств и способов их защиты.

6. Исследование лаборатории G Data SecurityLabs [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://ru.gdatasoftware.com/security-labs>.

7. Доклад «Мобильные угрозы 2010/2011» [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.juniper.net/ru/ru/dm/interop/go/>.

8. McAfee Threats Report: Second Quarter 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.mcafee.com/us/resources/reports/rp-quarterlythreat-q2-2011.pdf>.

9. McAfee Threats Report: First Quarter 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.mcafee.com/us/resources/reports/rp-quarterlythreat-q1-2011.pdf>.

10. Михайлов Д.М., Жуков И.Ю. Под редакцией Ивашко А.М. Защита мобильных телефонов от атак. – М.:Фойлис, 2011. – 192 с.: ил.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА БАЗЕ «ТОНКИХ» И «ТОЛСТЫХ» КЛИЕНТОВ

А.А. Гауриленко
 факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Сравнительное исследование проводится с целью сравнения двух различных концепций построения локальной вычислительной сети (ЛВС) по критерию характеристик надёжности. Первая концепция заключается в построении ЛВС из «толстых» клиентов, вторая – из «тонких» клиентов.

В последние годы обозначилась тенденция перехода ЛВС на «тонкие» клиенты. Среди плюсов перед «толстыми» предпочтительными выделяются такие показатели, как цена, простота администрирования, энергоэффективность [1]. Данное исследование направлено на оценку ключевого показателя для любой ЛВС - показателя надёжности. Для сравнения необходимо спроектировать две ЛВС, состоящие из «тонких» и «толстых» клиентов, соответственно. Для удобства расчетов достаточно смоделировать небольшую корпоративную сеть отдела, состоящую из 20-25 типовых устройств. Построение ЛВС позволит составить структурную схему расчета надёжности и приступить к расчетам. В ходе расчетов необходимо определить показатели коэффициентов готовности, наработки на отказ и времени восстановления систем для обеих ЛВС [2]. После проведения расчетов, показатели сравниваются, на основании чего делаются выводы.

Первым этапом исследования является построение двух ЛВС, состоящих из «толстых» и «тонких» клиентов, соответственно. Допустим, что исследуемый отдел состоит из 20-и рабочих мест и занимается конструкторскими работами, используя соответствующее программное обеспечение (ПО). Таким образом, для построения ЛВС из «толстых клиентов» понадобятся 20 рабочих станций, сервер, принтер. Все устройства объединяются в сеть через коммутатор (см. рис. 1). Для построения ЛВС из «тонких клиентов» понадобятся 20 терминальных станций, сервер, принтер, а так же терминальный сервер, на котором обеспечивается доступ пользователей через «тонкий» клиент к необходимым для работы ресурсам. Все устройства объединены в сеть через коммутатор (см. рис. 2) [3].

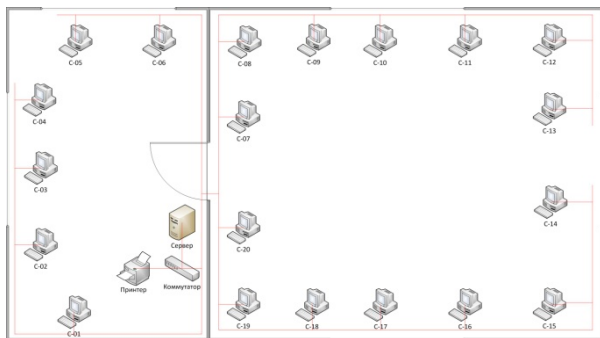


Рис. 1. Схема соединения устройств для ЛВС на базе «толстых» клиентов

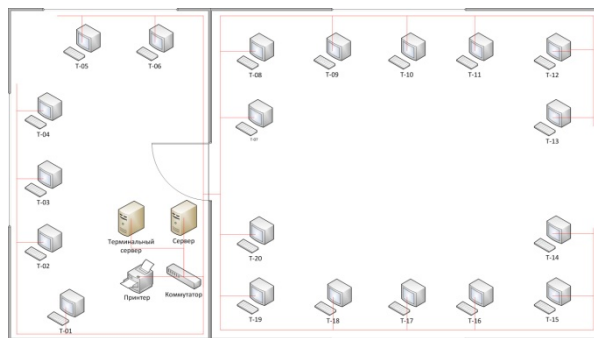


Рис. 2. Схема соединения устройств для ЛВС на базе «тонких» клиентов

Следующим этапом исследования является построение структурной схемы расчета надёжности для разных уровней разукрупнения ЛВС по ОСТ 4Г 0.012.242-84 [4]. Для этого необходимо определить, неисправность каких элементов является критичной для работы системы в целом. Допустим, загрузка отдела позволяет оставить 5 рабочих мест в резерве. Остальные 15 рабочих мест используются непрерывно в течение всего рабочего дня. Соответственно, отказ более, чем 6-и рабочих станций/терминальных станций скажется на отказе системы в целом. Так же, недопустим отказ сервера или одного из серверов, для ЛВС из тонких клиентов, недопустим отказ коммутатора. Отказ принтера не является критичным, так как задачи отдела напрямую не связаны с непрерывным его использованием. Таким образом, на верхнем уровне, образуется последовательная схема из трех блоков: коммутатор, сервер, рабочая группа. На следующем уровне разукрупнения рассматривается рабочая группа, как последовательное соединение 15-и рабочих станций/терминальных станций и параллельно к каждому из них подсоединенных 5-и резервных рабочих станций/терминальных станций. На следующем уровне рассматривается рабочая станция/терминальная станция, как последовательное соединение элементов, приводящих к отказу работоспособности системы. Структурные схемы надёжности приведены на рис. 3 (для ЛВС на базе «толстых клиентов») и на рис. 4 (для ЛВС на базе «тонких» клиентов). Отказ таких элементов, как: внешнее запоминающее устройство, монитор, клавиатура, мышь, видеокарта, системная плата, процессор, система охлаждения, оперативное запоминающее устройство является критичным для системы и ведет к отказу системы.

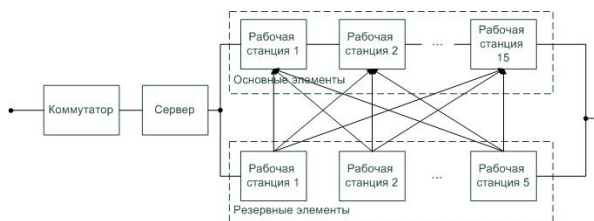


Рис. 3. Структурная схема надёжности ЛВС на базе «толстых» клиентов

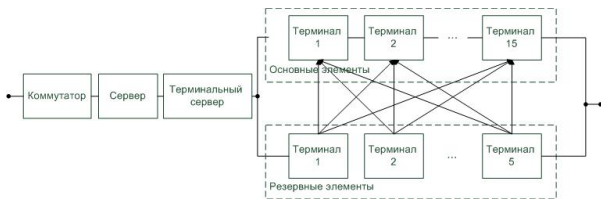


Рис. 4. Структурная схема надёжности ЛВС на базе «тонких клиентов»

Расчёт надёжности ЛВС производится в два этапа. Сначала рассчитывается надёжность элементов в отдельности, затем производится расчёт надёжности ЛВС в целом. Расчетные значения наработки на отказ для каждого устройства (T_O) возьмем из паспортных данных устройства. Далее производим расчет по ОСТ 4Г 0.012.242-84 по

следующей формуле: $T_O = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_{O_i}}}$, где T_{O_i} – наработка

на отказ системы, T_{O_i} – наработка на отказ отдельного элемента. Коэффициент готовности рассчитывается по следующей формуле: $K_G = \frac{T_O}{T_O + T_B}$. Из этой формулы

путем алгебраического преобразования получаем формулу для времени восстановления системы: $T_B = T_O \frac{1 - K_G}{K_G}$.

Нарботка на отказ совокупности рабочих станций/тонких клиентов, представляющих собой схему с нагруженным резервированием, рассчитывается по следующей формуле:

$T_O = \frac{1}{\lambda} \frac{\sum_{i=0}^m C_N^i (\lambda T_{BЭ})^i}{C_N^m (\lambda T_{BЭ})^m}$, где m – количество резервных

элементов, N – общее количество элементов, λ – интенсивность отказов, $T_{BЭ}$ – время восстановления одного элемента (воспользуемся оценочными значениями); при этом время восстановления такой системы рассчитывается по

формуле: $T_{BЭ} = \frac{T_{BЭ}}{m+1}$ [4]. Расчёт производится отдель-

но для ЛВС из «толстых» и «тонких» клиентов. Расчетные значения для показателей наработки на отказ, времени восстановления и коэффициента готовности представлены в сравнительной таблице 1.

Таблица 1. Сравнение показателей надёжности

Тип ЛВС/Показатель надёжности	T_O , ч	T_B , ч	K_G
На базе «толстых» клиентов	4.2×10^5	5.1	0.99998
На базе «тонких» клиентов	5×10^5	2.2	0.99999

Из полученных результатов видно, что K_G для ЛВС на базе «толстых» клиентов меньше, чем у аналогичной ЛВС на базе «тонких» клиентов. Время наработки на отказ для ЛВС на базе «тонких» клиентов больше, чем для ЛВС на базе «толстых» клиентов, а показатель времени восстанов-

ления ниже. Приведенное сравнение показывает, что система, построенная на базе «тонких» клиентов окажется надёжнее, чем система, построенная на базе «толстых».

Заключение

Результатом исследования является выявление того факта, что более надёжным типом ЛВС является ЛВС, состоящая из «тонких» клиентов. С практической точки зрения это показывает, что отход от привычных корпоративных сетей к технологии «тонкого» клиента является целесообразным с позиции надёжности функционирования системы. Внедрение ЛВС, состоящих из терминальных станций в совокупности с «облачным» ПО существенно сказывается на повышении автоматизации, качества и надёжности функционирования предприятий.

Список литературы:

1. Тонкие клиенты – как они есть - URL: <http://habrahabr.ru/post/90670/>
2. Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надёжности и испытания на безотказность. – М.: Наука, 1984.-328с.
3. Самойленко В.В.. Локальные сети. Полное руководство. — К., 2002
4. ОСТ 4Г 0.012.242-84. Методика расчета показателей надёжности, 1985.

ОСОБЕННОСТИ ESL-МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ

А.С. Мяжков

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Разработка любой многопроцессорной системы является многоэтапным процессом. Благодаря широкому развитию готовых вычислительных компонентов, периферийных контроллеров и стандартов связи между ними, одним из важнейших этапов разработки вычислительной многопроцессорной системы является именно моделирование и оптимизация такой системы на уровне потоков данных. В данной работе описывается то, каким образом с наибольшей эффективностью построить такую систему.

Автором работы было построено несколько программных моделей многопроцессорных систем и был накоплен опыт по решению задач такого уровня, анализ которого позволил сформировать ряд правил по эффективной организации процесса моделирования. К примеру, первая модель многопроцессорной системы была спроектирована автором в команде разработчиков более, чем за год. Описываемая далее модель была создана за 4 месяца.

Основной любой научно-исследовательской работы является техническое задание. Существует множество правил по составлению таких заданий, но для исследовательской работы есть свои особенности. При собственном исследовании в условии отсутствия четко определенного внешнего технического задания важно самому описать тот образ конечного результата, который должен получиться. Исследоваться всегда должна одна область. Не возможно систему сделать настолько гибкой, чтобы в короткие сроки можно было одновременно исследовать несколько областей. Если говорить про модели многопроцессорные системы, то не возможно в разумные сроки оптимизировать саму модель, изменять программную и аппаратную части одновременно, и необходимо определиться, что мы исследуем на данном этапе: алгоритмы на топологии или топологии на алгоритме.

Также, при моделировании важны программные методы, которые будут использоваться для создания системы. Для решения поставленных задач используется техника ESL (Electronic System Layer). ESL — это методология разработки и анализа комплексных систем: приборов, систем на кристалле, ПЛИС и др. Данная методология охватывает разработку, отладку и верификацию программной и аппаратной части на высоком уровне абстракции без привязки к ее непосредственной аппаратной и программной реализации.

Моделирование проводится в среде MLDesigner. Данная САПР позволяет использовать примитивы, написанные на C, C++, Tcl/Tk, а также модули, собранные из примитивов и других модулей. Также имеется возможность создавать собственные модули. В MLDesigner предполагается использовать множество моделей вычисления (доменов): SDF, DE, FSM, DDF. В ходе работы используется метод дискретно-событийного моделирования.

На начальном этапе моделирования также важно предусмотреть не только образ результата, который исследователь хочет получить, но и варианты развития модели. Например, в одной из работ ставилась задача исследования моделей организации потоков данных на конкретной топологии. В таком случае есть несколько вариантов разработки модели. В случае, когда известно, что данная модель развиваться только в сторону увеличения вариантов трафика данных по шине, то топологию можно задавать жестко: абсолютная схема адресации, большие уникальные блоки, низкий уровень абстракции. Если же есть предположение, что в дальнейшем планируется развитие самой архитектуры, то в таком случае следует придерживаться других принципов.

При работе над одной моделью (рис. 1), состоящей из двух колец передачи данных, не ставилось задачи сделать систему гибкой и масштабируемой. К одному из колец подсоединены блоки с моделью оперативной памяти (на рисунке – справа). К другому – через блоки кэш-памяти второго уровня блоки генерации трафика (процессорные блоки). Между собой оба кольца соединены через модели блоков кэш-памяти третьего уровня.

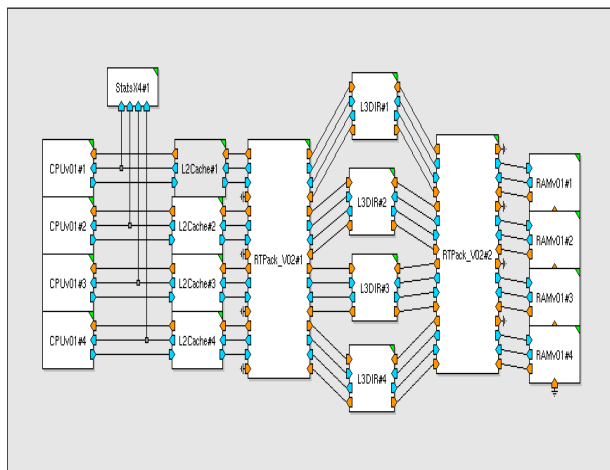


Рис. 1. Основные блоки системы в MLDesigner

Реализация данной модели была сбалансирована между трудозатратами и гибкостью самой модели. В рамках жестко заданных моделей генерации трафика и одного стандарта передачи данных была реализована гибкая система адресации пакетов внутри модели. Кроме того было создано несколько однотипных модулей (Рис.2), что в итоге позволило в условиях низких трудозатрат масштабировать модель как вглубь кольца (увеличение числа маршрутизаторов), так и вширь (увеличение количества уровней системы). Кроме того, выбранная система относительной адресации позволила значительно упростить блоки, отвечающие за маршрутизацию, что повлекло незначительное усложнение блоков генерации потока данных.

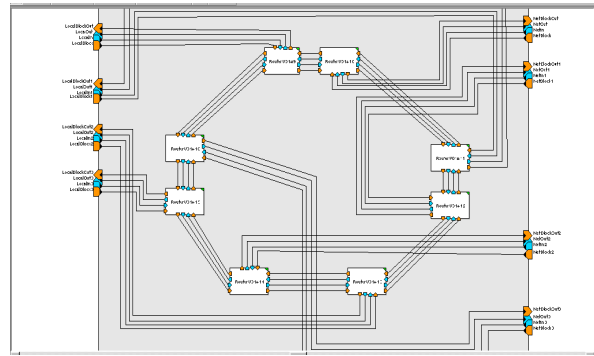


Рис. 2. Схема одного кольца

В ходе разработки любой модели возникают проблемы, которые могут завлечь начинающего разработчика многопроцессорных систем в две бездны. Одна из них – бездна абстракции и универсальности. При разработке любой из частей системы у разработчика возникает желание сделать эту часть системы универсальной и максимально гибкой, расширяемой, масштабируемой. В таком случае увлеченный разработчик вовлекает себя в построение новой системы моделирования внутри уже существующей. К примеру, если в модели есть совершенно определенный блок кэш-памяти, единственно совместимый с исследуемой системой, то не стоит строить универсальную модель кэш-памяти, в которую можно настроить так, что она будет моделировать необходимую.

Вторая бездна – бездна низкого уровня. Каждый раз, во время ESL-моделирования, разработчик встает перед проблемой, насколько глубоко необходимо проработать конкретный блок системы, и каждый раз возникает, на первый взгляд, разумная мысль, что просто необходимо изучить полную документацию по работе, например, контроллера оперативной памяти. Ситуация становится критичной, когда абстрактная модель на уровне потоков данных становится потактовой. В лучшем случае, время проектирования увеличивается в два раза от планируемого. В худшем – модель признается негодной из-за крайне долгого времени симуляции и подлежит разработке заново.

Как итог, большинство проблем при проектировании сложных неоднородных систем должно решаться «на берегу», до начала этапа собственно моделирования. Кроме того, на начальном этапе следует учитывать те направления развития модели, которые планируется разработать после реализации базового этапа.

Секция «Электроника»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭСР НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ, УСТАНОВЛЕННЫЕ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

В.В. Кузнецов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Электростатический разряд по модели заряженного устройства (CDM ЭСР) характеризуется чрезвычайно быстрым нарастанием тока ЭСР и короткой длительностью импульса тока ЭСР (несколько наносекунд). Электростатический заряд, накопленный корпусом электронного компонента стекает на землю через его вывод. При этом между выводами электронного компонента возникают импульсные перенапряжения. Степень устойчивостью электронного компонента к CDM ЭСР характеризуется пороговым потенциалом, при заряде до которого электронный компонент отказывает при последующем разряде. Имеются данные, что при соединении электронного компонента с печатной платой происходит снижение порога отказа электронного компонента при CDM ЭСР [1]. Такое снижение связано с тем, что весь заряд накопленный печатными проводниками протекает через вывод электронного компонента.

Целью настоящей работы является построение модели воздействия на печатный узел CDM ЭСР с целью подтверждения результатов [1] и их экспериментальной проверки. В качестве объекта воздействия ЭСР при моделировании и экспериментах используются силовые МОП - транзисторы фирмы International Rectifier.

Эквивалентная схема воздействия CDM ЭСР на корпус ИМС показана на рис.1.

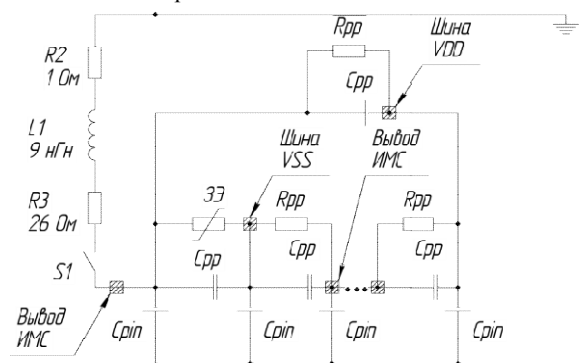


Рис. 1. Эквивалентная схема FCDM-ЭСР.

$R2$ — сопротивление датчика тока; $R3$ — сопротивление дуги; $C_{pin} = 1 \div 5 \text{ нФ}$ — ёмкость вывода ИМС; $C_{pp} = 1 \div 5 \text{ нФ}$

ёмкость между выводами ИМС; $R_{pp} \approx 1 \text{ МОм}$ — сопротивление утечки между выводами ИМС; $3Э$ — элемент защитный.

Все ёмкости C_{pin} на схеме рис.1 заряжены до одинакового напряжения U , которое достигает нескольких киловольт. Данное напряжение характеризует устойчивость ИМС к ЭСР. Предельным случаем данной схемы является двухвыводной компонент. В данном случае в схему входят только две ёмкости C_{pin} и одна ёмкость C_{pp} . Если какой-

либо вывод ИМС соединён с системой печатных проводников, то параллельно ёмкости вывода ИМС включается ёмкость печатного проводника C_{pcb} . Данная ёмкость может достигать десятков и сотен пикофард и накапливает значительный заряд. При разряде происходит быстрое перераспределение зарядов между ёмкостями и весь заряд, накопленный печатной платой проходит на заземлённый вывод ИМС и вызывает импульсные перенапряжения между выводами.

Для моделирования импульсов ЭСР необходимо производить моделирование переходных процессов с пикосекундным шагом. Не все программы схемотехнического моделирования могут рассчитывать переходный процесс с пикосекундным шагом, что было показано в статье [2]. Предварительно выполненное автором тестирование программы Qucs показало, что в данной программе возможно производить расчёт переходных процессов с пикосекундным шагом.

В качестве объекта тестирования был выбран n-МОП транзистор с изолированным затвором IRF510. Данный прибор относится к классу силовых высоковольтных МОП-транзисторов. МОП-транзисторы этого типа и аналогичные широко применяются в различных устройствах силовой электроники. Напряжение пробоя подзатворного диэлектрика для такого транзистора равно 75÷80 В. Для данного транзистора имеются результаты тестирования на устойчивость к ЭСР по модели тела человека (НВМ ЭСР). Эти данные приведены в руководстве по применению фирмы-изготовителя AN-986 [3]. В данном источнике приведены осциллограммы напряжения на затворе тестируемого транзистора (производилось тестирование транзисторов IRF510 и IRF730) при действии импульса ЭСР от испытательного стенда.

Представляет интерес сначала провести схемотехническое моделирование воздействия НВМ ЭСР на такой транзистор и сравнить полученные осциллограммы напряжения на затворе с приведёнными в [3]. Напряжение тестирования в руководстве [3] было выбрано равным 240 В.

Схема для исследования воздействия ЭСР на МОП-транзистор в программе Qucs показана на рис.2. Данная схема построена на основании эквивалентной схемы на рис.1. В результате моделирования снимем осциллограммы напряжения переходного процесса на разрядном конденсаторе и на затворе тестируемого транзистора и сравним их с результатам измерений из руководства [3].



Рис. 2. Схема модели воздействия НВМ ЭСР на транзистор IRF730.

Время нарастания напряжения переходного процесса на затворе тестируемого транзистора составляет 300 нс и установившееся значение напряжения равно 32 В. Эти значения полностью согласуются с параметрами переходного процесса при воздействии ЭСР на цепь затвора транзистора IRF730, полученными экспериментально и приведёнными в [3]. В [3] также приведены результаты тестирования транзистора IRF510. Для данного транзистора порог отказа при НВМ ЭСР составляет 274 В. При данном напряжении тестирования напряжение перенапряжения на затворе транзистора достигают величины 75 В, при котором наступает пробой подзатворного диэлектрика и транзистор отказывает.

В ходе исследований было также произведено моделирование воздействия НВМ ЭСР на транзистор IRF510. При этом также при напряжении тестирования равном 274 В перенапряжения на затворе транзистора составили 75 В, что соответствует отказу транзистора. Таким образом получено полное согласование данных моделирования и экспериментов.

В результате произведённого моделирования воздействия НВМ ЭСР на МОП-транзистор и его сравнения с результатами тестирования [3] можно сделать вывод о том, что модели МОП-транзисторов, имеющиеся в программе Qucs можно использовать для моделирования воздействия на них ЭСР без каких-либо доработок. Критерием отказа транзистора при моделировании будет служить превышение напряжением затвор-исток допустимой величины в 75-80 В, которая приводится предприятием-изготовителем транзисторов в справочных данных.

Теперь имея в распоряжении данные о согласовании результатов тестирования и моделирования воздействия НВМ ЭСР на МОП-транзисторы произведём моделирование воздействия CDM ЭСР на данные полупроводниковые приборы. Представляет интерес выявить воздействия ёмкости печатной платы на порог отказа транзистора при CDM ЭСР и сравнить результаты с данными [1].

Для этого сначала произведём моделирование воздействия ЭСР без печатной платы. Схема модели CDM ЭСР в программе Qucs показана на рис.3.

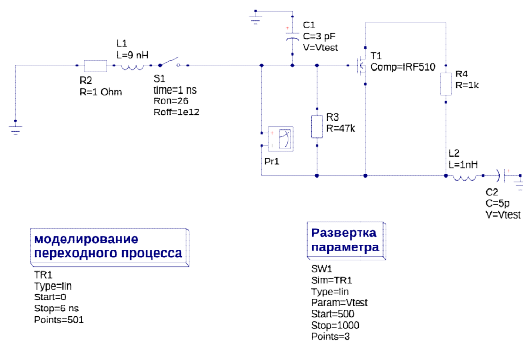


Рис. 3. Схема модели воздействия CDM ЭСР на транзистор IRF510. Ёмкость C2 соответствует ёмкости корпуса транзистора на землю.

Осциллограмма тока при ЭСР показаны и рис.4 соответственно. Сравнивая форму тока, полученную в результате моделирования с формой тока, указанной в стандарте по CDM-тестированию [4], видим, что модель хорошо воспроизводит форму тока CDM ЭСР, что свидетельствует о том, что физические процессы при CDM ЭСР воспроизводятся моделью корректно.

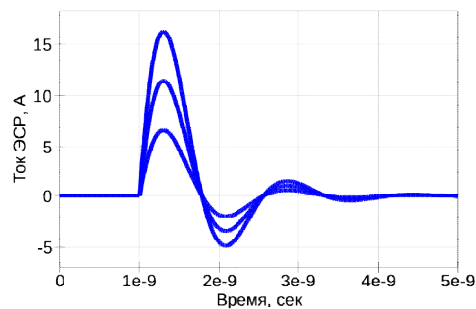


Рис 4. Ток ЭСР через разрядный электрод. Верхняя кривая напряжение ЭСР 1000 В, средняя кривая – напряжение ЭСР 700 В, нижняя кривая – напряжение ЭСР 400 В

При CDM ЭСР длительность импульса перенапряжения составляет около 0,5 нс. При такой длительности импульса пробой подзатворного диэлектрика, как показано в [5], может не успеть развиваться и пробивное напряжение подзатворного диэлектрика повышается в 2-3 раза. Таким образом порог отказа МОП-транзистора при CDM ЭСР без печатной платы, найденный в результате моделирования, составляет около 1000 В. Это согласуется с данными тестов, приводимыми фирмой-производителем транзисторов.

Теперь произведём моделирование CDM ЭСР для транзистора, установленного на печатной плате. Система печатных проводников связана с истоком МОП-транзистора. Для моделирования CDM ЭСР в данном случае увеличим ёмкость C2 на рис.3 до значения равного ёмкости системы печатных проводников, связанных с истоком транзистора. Данная ёмкость зависит от площади металлизации печатной платы. Для моделирования примем данную ёмкость равной 190 пФ.

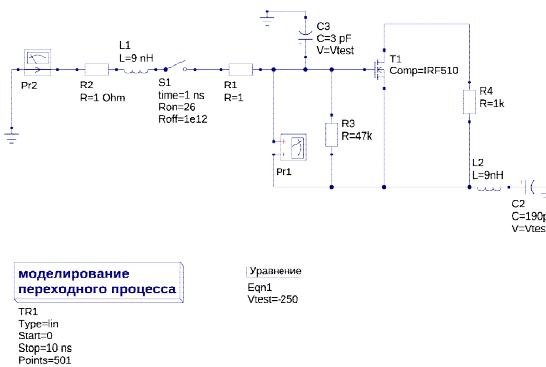


Рис. 5. Схема модели воздействия CDM ЭСР на транзистор IRF510, соединённый с печатной платой. Ёмкость C2 соответствует ёмкости между системой печатных проводников и землёй.

Исследуем импульсные перенапряжения в цепи затвора транзистора. Графики напряжения на затворе при ЭСР показаны на рис.6. Уже при напряжении тестирования 250 В перенапряжения на затворе транзистора достигают 80 В, что соответствует отказу транзистора. Таким образом порог отказа транзистора снизился на 75 %. Между значением ёмкости печатной платы и снижением порога отказа транзистора в процентах не выявлено однозначной зави-

симости. Эта зависимость для транзисторов разных типов имеет различный характер.

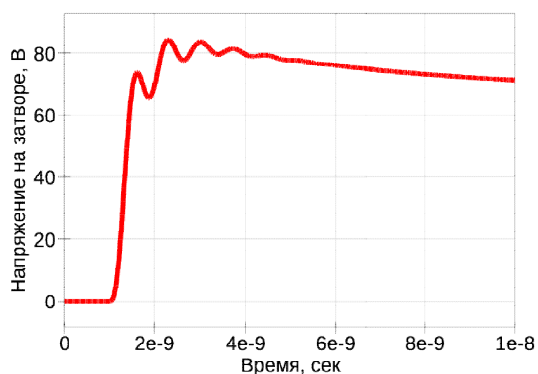


Рис. 6. Напряжение на затворе МОП-транзистора при ЭСР. Транзистор соединён с печатной платой. Напряжение тестирования 250 В.

Также был произведён параметрический анализ переходного процесса в зависимости от ёмкости печатной платы. Выявлено, что возрастание ёмкости печатной платы приводит к неограниченному росту перенапряжений в цепи затвора при CDM ЭСР. Таким образом результаты моделирования полностью подтвердили результаты тестирования, приведённые в статье [1].

В результате моделирования подтвердились данные публикации [1], о том, что соединение электронного компонента с печатной платой снижает порог его отказа при воздействии CDM ЭСР. Для подтверждения данных результатов необходимо провести тесты МОП-транзисторов на воздействие ЭСР. При проведении тестирования транзистора при напряжении в 250 В должен произойти отказ транзистора. Таким образом можно будет подтвердить разработанную методику моделирования воздействия CDM ЭСР на МОП-транзисторы.

В качестве объекта тестирования был выбран силовой n-МОП транзистор IRF510. Транзистор был впаян в предварительно изготовленную тестовую печатную плату из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита. Цепь истока транзистора соединена с полигоном площадью 6000 мм². Полигон выполнен в верхнем слое металлизации. Нижний слой металлизации заземлён. Ёмкость между верхним и нижним слоями тестовой печатной платы равна 190 пФ. Вариант ЭСР, показанный на схеме является наилучшим из возможных, так как при этом весь заряд, накопленный системой печатных проводников проходит через цепь затвора и создаёт импульсные перенапряжения между затвором и истоком.

Критерием исправности транзистора служит открытие транзистора при подачи напряжения положительной полярности на его затвор. При этом в цепи нагрузки, включённой между стоком и плюсом источника питания протекает ток.

По достижении напряжения тестирования равного 250 В произошёл отказ тестируемого транзистора, который проявился в пробое подзатворного диэлектрика. Таким образом имеется полное согласование с результатами моделирования (см. рис.6), согласно которым отказ транзистора при данной ёмкости печатной платы, соединённой с цепью истока, должен наступить при напряжении тестирования равном 250 В.

Тесты были повторены ещё для четырёх транзисторов типа IRF510 и для всех было получено напряжение отказа в 250 В. Разработанная методика обеспечивает корректное моделирование воздействия CDM ЭСР на МОП-транзистор и имеющиеся библиотечные модели МОП-транзисторов можно использовать для моделирования воздействия ЭСР без доработок.

Было установлено, что накопление статического заряда в печатной плате значительно снижает (на 50% и более) порог отказа электронных компонентов при CDM ЭСР. Такое накопление заряда на печатной плате представляет опасность даже для таких мощных полупроводниковых приборов, как силовые МОП-транзисторы IRF510 и аналогичные. В эксперименте имитируется наихудший случай CDM ЭСР, когда разряд происходит непосредственно на затвор МОП-транзистора.

В результате исследований было произведено моделирование воздействия на электронные компоненты CDM ЭСР и его экспериментальная проверка. Ставилась задача выявления влияния ёмкости печатной платы на стойкость электронных компонентов к ЭСР. Применение разработанной методики схемотехнического моделирования воздействия ЭСР на печатные узлы позволило выявить снижение стойкости электронных компонентов к CDM ЭСР с увеличением размеров печатной платы, на которую данные компоненты установлены. Применяя схемотехническое моделирование ЭСР, можно найти порог отказа МОП-транзисторов, установленных на печатную плату, и опасное значение статического потенциала, связанного с платой. Разработанную методику можно применять не только для силовых МОП-транзисторов фирмы International Rectifier, но и для прочих типов МОП-транзисторов, в том числе и для отечественных. Но для применения методики необходимо знать пробивное напряжение подзатворного диэлектрика.

Увеличение размера печатной платы соответствует увеличению ёмкости печатной платы, которая накапливает дополнительный статический заряд. Экспериментально подтвердились данные публикации [1] о снижении порога отказа при ЭСР полупроводниковых приборов при их соединении с печатной платой, но универсальной зависимости между порогом отказа электронного компонента и размерами печатной платы для любого типа электронных компонентов не выявлено. Тем не менее разработанная методика схемотехнического моделирования CDM ЭСР и контроля электростатических потенциалов в приборостроительном производстве позволяет выявить потенциальную опасность повреждения полупроводниковых приборов в результате ЭСР и принять меры по устранению статических зарядов.

Список литературы:

1. Colnar J., Trotman J., Petrice R. Decreased CDM ratings for ESD-sensitive devices in printed circuit boards // In Compliance. 2010. — September. Pp. 38 – 41.
2. Абрамшин А. Е., Галухин И. А., Кечиев Л. Н. и др. Воздействие ЭСР на полупроводниковые компоненты: моделирование схем защиты, методов и средств испытаний // Технологии ЭМС. 2012. №3. С.44 – 58.
3. International Rectifier. ESD Testing of MOS Gated Power Transistors. Application Note AN-986.
4. JEDEC standart JESD22-C101E. Field-Induced Charged-Device Model. Test method for electrostatic discharge withstand thresholds of microelectronic components.
5. Sowariraj M. S. B., Salm C., Smedes T. et.al. Full chip model of CMOS integrated circuits under charged device model stress // 7th annual workshop on semiconductor advanced for future electronics. Veldhoven, Netherlands: 2004. — November.

ВИРТУАЛЬНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ ПО ПОМЕХОЭМИССИИ КАК НОВЫЙ ЭТАП В ТЕХНИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЭС

Н.В. Лемешко

факультет Электроники и телекоммуникаций

Доклад посвящен определению роли и места сертификационных испытаний РЭС по помехоэмиссии в процессе проектирования.

В настоящее время одним из перспективных направлений в области обеспечения ЭМС является перевод сертификационных испытаний в виртуальную плоскость [1, 2]. Для такого перехода необходимы методики, позволяющие построить электрическую и электродинамическую модели устройства, а также модели условий проведения измерений и используемых измерительных средств.

Очевидно, что проведение численных экспериментов с использованием таких моделей требует значительных вычислительных затрат. По этой причине процесс виртуальной сертификации предполагается автоматизировать, осуществляя ее в системе автоматизации проектирования с соответствующей функцией (САПР ВС), что сделает в будущем рациональным широкое применение описанного подхода к обеспечению ЭМС.

Вовлечение средств автоматизации в процесс проектирования РЭС изменяет его содержание. Алгоритмы проектирования могут быть рассмотрены с разных позиций и на разных уровнях детализации. При их разработке применительно к САПР ВС возможно ориентироваться на алгоритмы, принятые для широко распространенных систем комплексного проектирования, например, [3], составляя блок-схемы, подобные принятым для программ. Однако в данном случае представляется целесообразным ориентироваться на классическую последовательность этапов проектирования, чтобы подчеркнуть роль САПР ВС в разработке РЭС.

Проектирование РЭС является сложным итерационным процессом, в который может быть вовлечено большое количество исполнителей. При этом проектирование радиоэлектронных объектов по степени новизны, определяющей содержание и объем проектных работ, может быть классифицировано следующим образом [4]:

- частичная модернизация существующего РЭС, обеспечивающая сравнительное небольшое улучшение качественных показателей с сохранением либо расширением функциональности;
- существенная модернизация, предполагающая значительное улучшение качественных показателей, как правило, сопровождающееся расширением функциональности РЭС;
- создание новых РЭС, основанных на новых принципах действия, отличающихся новизной конструкции или технологии и обеспечивающих резкое увеличение показателей качества.

Любая модернизация, бесспорно, включает в себя стадии, свойственные проектированию новых РЭС, однако реализация полного цикла разработки свойственна только последнему случаю. В настоящее время процесс проектирования принято подразделять на стадии с позиции последовательности выполнения проектных операций и на этапы по содержанию решаемых задач. В первом случае основными стадиями являются предварительное, эскизное и техническое проектирование.

При использовании САПР ВС и теории виртуальной сертификации алгоритм проектирования РЭС приобретает форму, представленную на рис. 1. Отправной его точкой является формирование технического задания (ТЗ), в ходе

анализа которого определяется научно-технический уровень и направление разработки.

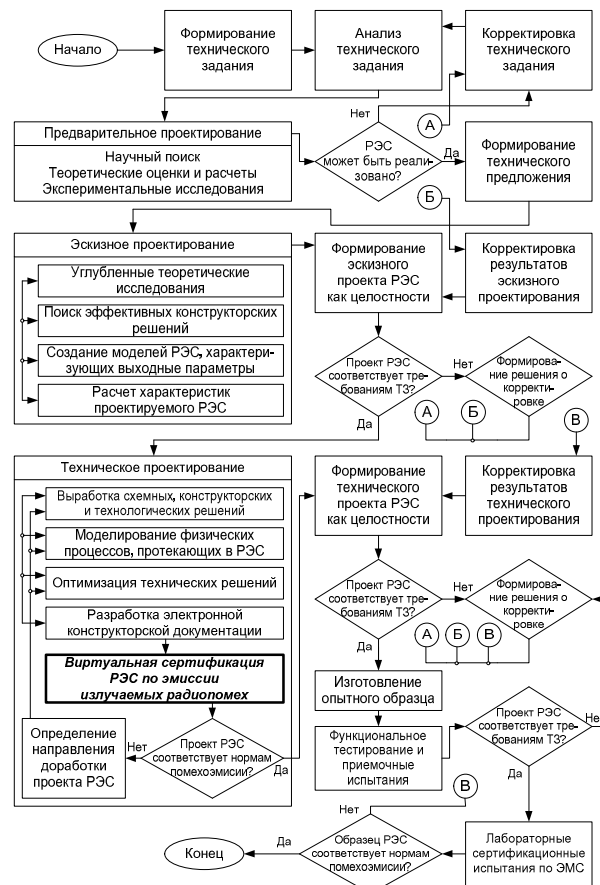


Рис. 1. Схема алгоритма проектирования РЭС с использованием виртуальной сертификации

Стадия предварительного проектирования предполагает формулировку обоснованного ответа на вопрос о том, может ли быть спроектировано и изготовлено на текущем этапе развития техники и технологии РЭС, соответствующее требованиям ТЗ. Если в результате предварительного проектирования будет установлена невозможность построения и производства РЭС с требуемыми характеристиками, то обычно корректируют ТЗ, смягчая его требования. Выполнение предварительного проектирования является наиболее наукоемкой стадией, которая предполагает тесное переплетение научного поиска и теоретических расчетов, а также экспериментальных исследований, обычно проводимых на макетах либо с использованием математических моделей.

Основным итогом предварительного проектирования является техническое предложение, которое вместе с ТЗ служит основой для дальнейшей разработки. На следующей стадии выполняется эскизное проектирование РЭС, предполагающее углубление теоретических исследований, поиск эффективных конструкторских решений, а также создание моделей для расчета характеристик объекта разработки.

Отмеченные составляющие эскизного проектирования тесно взаимосвязаны друг с другом; результаты, получаемые при их выполнении, могут давать основания для уточнения данных, полученных на предыдущих этапах эскизного проектирования. При формировании эскизного проекта как целостности ему придают необходимую системность. Далее выполняют проверку соответствия его текущего варианта всем требованиям ТЗ, и если таковое на

текущем этапе разработки не достигнуто, то принимают решение о корректировке результатов эскизного проектирования либо, при необходимости, технического задания.

Виртуальную сертификацию РЭС по эмиссии излучаемых радиопомех предполагается использовать как завершающий этап стадии технического проектирования. Перед её осуществлением выполняется полная проработка схематехнических, конструкторских и технологических решений, моделирование необходимых физических процессов, оптимизация проекта, а также разработка электронной конструкторской документации. Эти этапы также взаимосвязаны, что отмечено на рис. 1.

В ходе виртуальной сертификации определяется соответствие проекта требованиям по помехоэмиссии, установленным для данного класса оборудования. В случае несоответствия принимается решение о корректировке проекта, однако она распространяется только на результаты, полученные при техническом проектировании. Наличие стадии виртуальной сертификации и цикла по доработке проекта РЭС в составе стадии технического проектирования является главным отличием данного алгоритма проектирования от принятого на большинстве предприятий радиотехнической отрасли.

После завершения стадии технического проектирования, включая проведение виртуальной сертификации, изготавливается опытный образец, который проходит функциональное тестирование на соответствие требованиям технического задания и приемочные испытания. Затем проводят сертификационные испытания по ЭМС в лабораторных условиях, которые должны подтвердить соответствие РЭС нормам помехоэмиссии, в противном случае выполняется корректировка результатов технического проектирования.

Из изложенного следует, что на каждой стадии проектирования имеется риск получения варианта проекта, не соответствующего требованиям ТЗ. Это может приводить как к затягиванию разработки, так и к прямому экономическому ущербу. При этом масштабы требуемых изменений зависят от того, насколько велико выявленное несоответствие. Очевидно, что изменения, относящиеся к более ранним стадиям, приводят к корректировке и позднее полученных результатов.

Введение виртуальной сертификации позволяет локализовать изменения, связанные с несоответствием РЭС требованиям по ЭМС в границах только технического проектирования, не выполняя итераций по изготовлению ряда опытных образцов. Таким образом, теория виртуальной сертификации в развитой в настоящей работе форме позволяет резко повысить шансы на успешное прохождение лабораторных испытаний на завершающем этапе проектирования, снижая риск финансовых и временных потерь, вызванных многократным прохождением цикла, включающего изготовление опытного образца, лабораторные испытания по ЭМС и доработку проекта.

В разделении процесса проектирования на этапы по содержанию проектных задач также следует указать место виртуальной сертификации. На сегодняшний день принято выделять следующие этапы проектирования [4]:

— системотехническое проектирование (обоснование исходных данных, формирование структурных и функциональных схем, подготовка частных ТЗ);

— функциональное (схемотехническое) проектирование (выбор элементной базы, разработка принципиальных схем, оптимизация параметров РЭС с точки зрения функционирования и производства);

— конструкторское проектирование (компоновка и размещение элементов и узлов, общее конструирование блоков, разработка конструкторской документации);

— технологическая подготовка производства (разработка технологических процессов изготовления узлов и всего РЭС в целом).

Приведенному перечислению может быть сопоставлена схема, сходная с изображенной на рис. 1. Задача ЭМС предполагает комплексное решение на этапах функционального и конструкторского проектирования, однако его эффективность остается неопределенной вплоть до лабораторных испытаний. При данном разбиении процесса проектирования виртуальную сертификацию целесообразно рассматривать как отдельный этап, предваряющий технологическую подготовку производства и повышающий общее качество проектируемого РЭС.

Исходя из изложенного, может быть сформулирована следующая концепция обеспечения соответствия РЭС требованиям по помехоэмиссии с использованием САПР ВС. После завершения всех этапов, свойственных техническому проектированию в классическом понимании, и оформления конструкторской документации разработчик в первую очередь тестирует проект РЭС на соответствие требованиям ЭМС с использованием САПР ВС. Данное тестирование проводится без использования опытных образцов, только путем моделирования, что позволяет снизить затраты на разработку в целом.

Несоответствие, выявленное при таком тестировании, устраняется в рамках технического проекта с использованием итерационной процедуры. В дальнейшем, после функциональных и приемочных испытаний опытного образца, выработанные проектные решения в части обеспечения ЭМС проверяются в лабораторных условиях.

Таким образом, у разработчика появляется возможность перенести цикл доработки изделия для обеспечения соответствия требованиям по ЭМС непосредственно на стадию технического проектирования. Это позволяет получить ощутимую экономию временных и финансовых ресурсов, а также снизить трудоемкость проектирования в целом.

Дополнительная информация о виртуальной сертификации по эмиссии радиопомех изложена в [5].

Список литературы:

1. Кечиев Л.Н., Лемешко Н.В. Виртуальная сертификация радиоэлектронных средств радиоэлектронных средств по уровню помехоэмиссии как средство подготовки к лабораторным испытаниям по электромагнитной совместимости. — Труды НИИР, сборник научных статей / Под ред. Бутенко В.В. — М.: НИИР, 2010, №1. — с.57-70.
2. Кечиев Л.Н., Лемешко Н.В. Виртуальная сертификация радиоэлектронных средств по уровню помехоэмиссии. Постановка проблемы. — Технологии ЭМС, №2 (33) — М.: ООО Издательский дом «Технология», 2010. — с.3-15.
3. Жаднов В.В., Сарафанов А.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств. — М.: СОЛОН-Пресс, 2004. — 464 с.
4. Алексеев О.В., Головкин А.А., Пивоваров И.Ю. и др. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств. Учебное пособие для вузов. Под ред. Алексеева О.В. — М.: Высшая школа, 2000. — 400 с.
5. Лемешко Н.В. Теоретические основы моделирования сертификационных испытаний радиоэлектронных средств по эмиссии излучаемых радиопомех. — М.: МИЭМ, 2012. — 196 с.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ КУ-ДИАПАЗОНА

А.В. Иванов

факультет Электроники и телекоммуникаций

В настоящее время спутниковые системы стали одним из основных видов дальней связи. В последние годы интенсивное развитие таких систем шло в направлениях, обеспечивающих увеличение их пропускной способности.

Антенна выступает в роли промежуточного звена между приемником или передатчиком – и окружающим пространством, являясь своего рода преобразователем электромагнитной энергии, её трансформатором.

Анализируемое антенное устройство является двухзеркальной приемно-передающей антенной, построенной по схеме Кассегрена. Такая антенна представляет собой систему, состоящую из двух отражающих поверхностей – софокусных параболоида и гиперboloида – и облучателя, установленного во втором фокусе гиперboloида. Все расстояния по ломанной линии от фокуса до раскрыва одинаковы, что обеспечивает синфазность поля в раскрыве. Двухзеркальная антенна является более компактной, чем однозеркальная, и обеспечивает более равномерное распределение возбуждения по раскрыву, а также является более помехозащищённой, даёт возможность укоротить тракт СВЧ, и разместить основную часть конструкции облучателя за зеркалом, что особенно удобно в моноимпульсных радиолокаторах. При оптимизации размеров облучателя и малого зеркала удаётся получить коэффициент использования поверхности (КИП) равным $0,60 \pm 0,65$. Недостаток системы – затенение раскрыва её малым зеркалом, а также обратная реакция малого зеркала на облучатель.

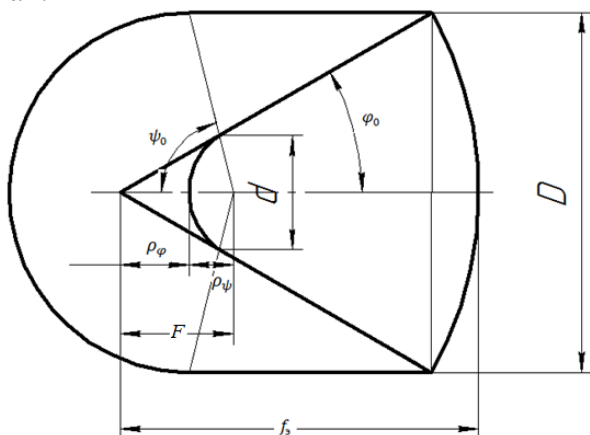


Рис. 1. Схема двухзеркальной антенны

Исходя из требований технического задания, коэффициент усиления в рабочем диапазоне частот определяется по формуле:

$$G[\text{дБ}] = 10 \lg \left\{ K \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \right\}, \quad (1)$$

где K – коэффициент использования поверхности, D – диаметр основного зеркала, λ – длина волны нижней частоты рабочего диапазона (2.72 см). Расчётное значение диаметра раскрыва большого зеркала составит $D=4,5$ м.

Используя соотношение, связывающее диаметр раскрыва большого зеркала D , угол раскрыва большого зеркала $2\psi_0$ и фокусное расстояние большого зеркала f , [1] найдём фокусное расстояние большого зеркала по формуле:

$$f = \frac{D}{4 \operatorname{tg}^2 \frac{\psi_0}{2}} = 16,07 \text{ мм}, \quad (2)$$

Эксцентриситет гиперболического зеркала

определяется соотношением:

$$e = \frac{\sin \frac{\psi_0 + \varphi_0}{2}}{\sin \frac{\psi_0 - \varphi_0}{2}} \quad (3)$$

По формуле (3) эксцентриситет $e = 1,9269$. Воспользовавшись соотношениями, рассчитаем f_3 по формуле:

$$f_3 = f \frac{e+1}{e-1} \quad (4)$$

Профиль параболы в декартовых координатах описывается выражением [2]

$$Y^2 = 4fx, \quad (5)$$

а для малого зеркала из уравнения гиперboloида вращения:

$$X = a \left\{ \sqrt{1 - \left(\frac{y}{b} \right)^2} - 1 \right\}, \quad (6)$$

где $a = f_m/2e$, $b = a\sqrt{e^2 - 1}$

На рисунках 2, 3 приведены расчётные профили основного параболического и малого гиперболического зеркала.

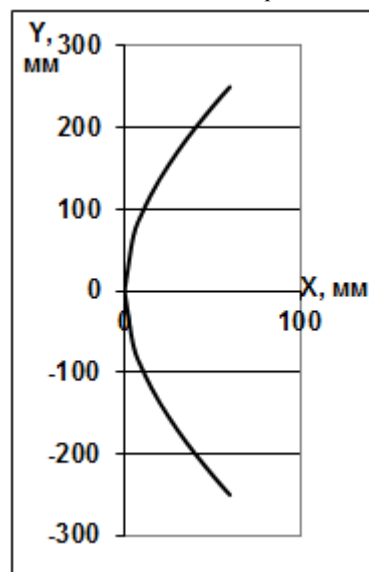


Рис. 2. Малое параболическое зеркало

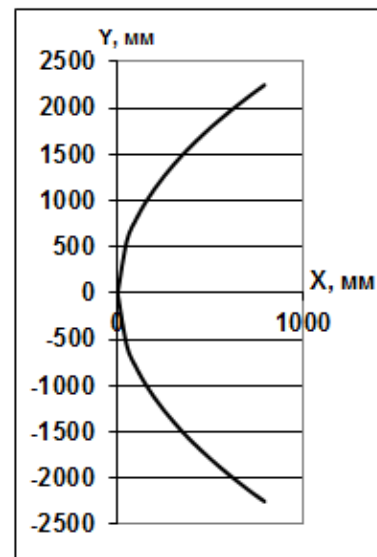


Рис. 3. Большое параболическое зеркало

В плоскости H выражение для диаграммы направленности пирамидального или секториального рупора имеет вид:

$$F(\varphi) = \frac{\cos\left(\frac{\pi a_p}{\lambda} \sin \varphi\right)}{1 - \left(\frac{2 \pi a_p}{\pi \lambda} \sin \varphi\right)^2} \quad (7)$$

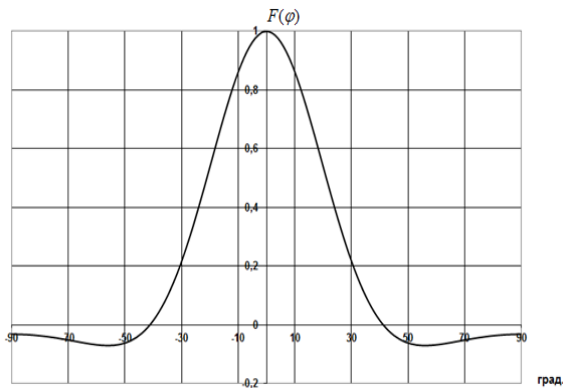


Рис.4. Диаграмма направленности облучателя по H

В плоскости E диаграмма направленности облучателя вычисляется по формуле:

$$F(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{\pi b_p}{\lambda} \sin \theta\right)}{\frac{\pi b_p}{\lambda} \sin \theta} \quad (8)$$

где углы φ и θ , а также текущие координаты отсчитываются от нормали к раскрыву рупора, соответственно в плоскостях E и H. a_p и b_p - раскрывы рупора.

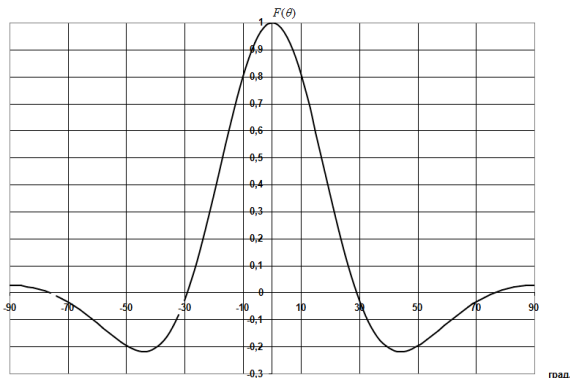


Рис.5. Диаграмма направленности облучателя по E

Диаграммы направленности, рассчитанные по формулам 7, 8 приведены на рисунках 4, 5.

Как видно из рассчитанных диаграмм направленности, их ширина по уровню минус 10 дБ (0,1E) составляет 50°, что соответствует оптимальному облучению малого зеркала.

Расчет диаграммы направленности ограничивался областью главного и 1-го бокового лепестка. При этом диаграммы направленности рассчитывались по формуле:

$$F(\theta) = \Delta \cdot \Lambda_1 \left(\left(\frac{\pi D}{\lambda} \right) \sin \theta \right) + \left(\frac{1-\Delta}{2} \right) \cdot \Lambda_2 \left(\left(\frac{\pi D}{\lambda} \right) \sin \theta \right), \quad (9)$$

где Λ_1 и Λ_2 - Λ -функции 1-го и 2-го порядков;
 Δ - уровень спада поля на краю зеркала;
 D - диаметр раскрыва антенны;
 d - диаметр малого зеркала; λ - длина волны.

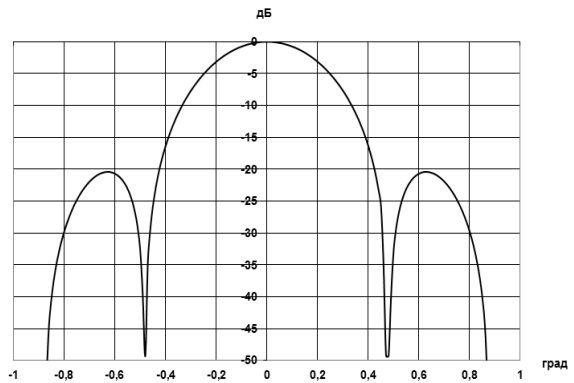


Рис.6. Итоговая диаграмма направленности антенны

Из итоговой диаграммы направленности (рис.6) видно, что уровень боковых лепестков δ не превышает -15дБ, что соответствует эксперименту. Ширина диаграммы направленности по уровню -3 дБ равна 0,4, что также соответствует заданным экспериментом значениям.

Таким образом, в данной работе:

- проведен информационно-патентный поиск по физическим и конструктивным параметрам и характеристикам параболических антенн. Особое внимание уделено рассмотрению апертурных антенн, в частности, зеркальных параболических антенн и облучателей. На основании обзора показаны преимущества таких антенн и выбрана конструкция зеркальной антенны Ку диапазона по схеме Кассегрена, которая является длиннофокусной и обладает минимальными массогабаритными показателями;

- рассмотрены основные уравнения и методы расчета электрических и электродинамических параметров облучателя и параболоида зеркальной антенны. Проведен аналитический расчет основных характеристик рупорного излучателя, включая коэффициент усиления и диаграммы направленности для E и H плоскостей;

- проведен сравнительный анализ результатов аналитического расчета, полученных методом Кассегрена и экспериментальных исследований макета исследуемой зеркальной антенны Ку диапазона. Показано, что полученные характеристики находятся в хорошем соответствии, что позволяет обобщить данный метод на другие типы зеркальных антенн.

В данной научной работе использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта «Исследование распространения замедленных электромагнитных волн в многослойных диэлектриках и разработка СВЧ устройств на их основе», выполненного в рамках Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2013 году, грант № 13-05-0017.

Список литературы:

1. Айзенберг Г.З. Антенны УКВ. Часть 2. – М.: Высшая школа, 1977. – 288с.
2. Жук М.С., Молочков Ю.Б. Проектирование антенно-фидерных устройств. – М.: Энергия, 1966. – 648с.
3. Антенны: современное состояние и проблемы /Под ред. Л. Д. Бахраха. — М.: Сов. радио, 1979 — 208 с.
4. Phased array antennas/Ed. by A. A. Oliner Q. N. Knittel. — Dedham Artech house, 1972.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИИ

М.А. Артюхова

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы влияния ионизирующего излучения космического пространства (ИИ КП) на работоспособность электронных средств и приведен краткий обзор современных тенденций развития космических систем. Показано, что эти тенденции вместе с применением цифровых электрорадиоизделий (ЭРИ) привели к острой необходимости повышения точности прогнозирования радиационной стойкости аппаратуры на ранних этапах проектирования.

Введение

Телекоммуникации и телевидение, разведка полезных ископаемых, мониторинг окружающей среды, обеспечение обороноспособности зависят от успешного функционирования различных космических систем. Отказоустойчивость и высокая надежность всегда были основными параметрами этих систем для обеспечения их эксплуатации в жестких условиях. На примененные в бортовой аппаратуре (БА) ЭРИ сильное влияние оказывает воздействие полей ИИ КП [1].

Как показывает статистика, приблизительно 50% всех отказов БА космических аппаратов (КА) происходит из-за воздействия ИИ КП. Причинами нарушения работоспособности БА являются два основных явления: деградация параметров ЭРИ вследствие накопления дозы радиации (частицы низких энергий - до 1 МэВ) и одиночные события радиационных эффектов, как результат воздействия тяжелых заряженных частиц и протонов (частицы относительно высоких энергий – свыше 1 МэВ).

Новые тенденции в конструировании КА, такие как: создание малых КА, унифицированных платформ – направлены на миниатюризацию, а, следовательно, – на уменьшение массы аппаратуры, что ведет к уменьшению величины экранов, необходимых для защиты БА от воздействия ИИ КП [2].

Увеличение технических возможностей радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) достигается за счет применения все более сложной электронной компонентной базы (ЭКБ), преимущественно зарубежного производства. Если в прошлые годы (1970-1990 гг.) считалось, что увеличение степени интеграции больших интегральных схем (уменьшение проектной нормы с 10 до 1 мкм) ведет к повышению качества РЭА за счет уменьшения количества паяно-сварных соединений, то в настоящее время ситуация более сложная:

- увеличение степени интеграции компенсируется увеличением сложности РЭА;
- появление ЭКБ с субмикронной проектной нормой – 0,1 мкм привело к снижению надежности РЭА КА за счет снижения сбоеустойчивости;
- критерии оптимального выбора ЭРИ иностранного производства – технические характеристики, радиационная стойкость, цена – не выбраны.

Методы отказоустойчивости пытаются повысить надежность за счет уменьшения возникновения неисправностей. Радиационная закалка с использованием специфических технологий – это дорогостоящий процесс, и, когда он используется для малого объема продукции, он приводит к очень высокой стоимости конечного продукта.

Это, в свою очередь, ведет к уменьшению объемов выпуска радиационно-стойкой ЭКБ и сокращению на рынке числа фирм-производителей таковой. Отметим также, что

большая часть ЭРИ уровня качества Space отсутствует в открытой продаже и их поставки в другие страны контролируются Министерством Обороны.

Еще одним способом защиты РЭА от воздействия ИИ КП является уменьшение бортовой электроники до минимума, необходимого для выполнения работы. Однако такой подход противоречит преобладающим сегодня тенденциям: конструированию негерметизированных унифицированных космических платформ и, как правило, стремлению выполнять даже простейшие функции с помощью цифровых схем [3, 4].

Также, в настоящее время применяются следующие способы защиты РЭА от воздействия ИИ КП: схемотехнический (схемы защиты от последствий возникновения одиночных эффектов), алгоритмический (для устранения последствий одиночных сбоев), избыточное кодирование, резервирование.

Таким образом:

- современные тенденции в конструировании КА ставят все более сложные задачи обеспечения радиационной стойкости БА;
- применяемая ЭКБ не всегда полностью соответствует все ужесточающимся требованиям по радиационной стойкости, что приводит к необходимости повышения точности прогнозирования показателей стойкости;
- в сложившейся ситуации актуально создание методики, которая объединит специалистов в области радиационной стойкости и разработчиков БА, позволив последним избежать большого количества итераций при разработке КА.

ОПИСАНИЕ МЕТОДА учета «теневого» защиты при проектировании радиоэлектронных функциональных узлов.

На рис. 1 приведена иерархическая модель анализа радиационной стойкости.

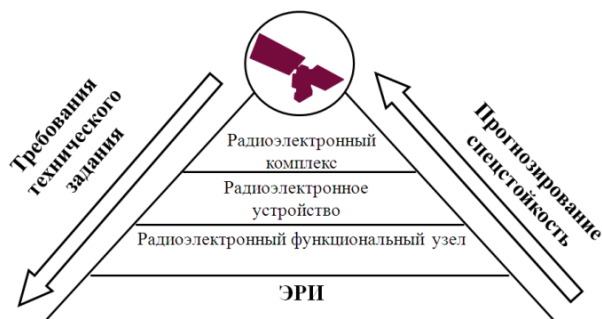


Рис. 1. Иерархическая модель анализа радиационной стойкости

Чтобы спрогнозировать радиационную стойкость КА, необходимо провести комплекс мероприятий, включающий в себя этапы, начиная с составления модели воздействия по требованиям технического задания, анализу требований по радиационной стойкости, оценки технических условий на ЭРИ и заканчивая изучением схемы размещения БА в составе КА.

Ключевым моментом является то, что ожидаемая радиационная стойкость одного и того же типоминимала ЭРИ будет разной в зависимости от того, в какие функциональные узлы данное ЭРИ входит.

Принимая во внимание, что с ростом орбиты, величина накопленной дозы растет, а с увеличением величины защиты – уменьшается [5], для более точной оценки стойкости функционального узла к воздействию накопленной

дозы требуется учитывать в расчетах влияние «теневого» защиты – защиты, создаваемой пассивными ЭРИ (такими как источники питания и преобразователи) и элементами конструкции [6].

Опишем метод учета «теневого» защиты при проектировании радиоэлектронных функциональных узлов. В основу этого метода положен факт, что даже внутри одного прибора при неоднородности защиты величина накопленной дозы в разных местах прибора будет различной [7].

Выбор предварительной ЭКБ во много является определяющим в прогнозируемой радиационной стойкости разрабатываемой БА КА. Перечень предварительной ЭКБ формируется на основе принципиальной электрической схемы и ограничений, налагаемых требованиями технического задания (ТЗ).

После этого разработчики проводят предварительное размещение ЭРИ на печатном узле (ПУ), ориентируясь на конструктивное исполнение БА. На этом этапе формируются все необходимые данные для построения сетки дискретизации ПУ.

Используя сетку дискретизации ПУ и схему радиационной защиты (3D-модель БА, с указанием входимости функциональных узлов) строится поле распределения накопленной дозы на ПУ с применением лучевого метода (см. рис. 2).

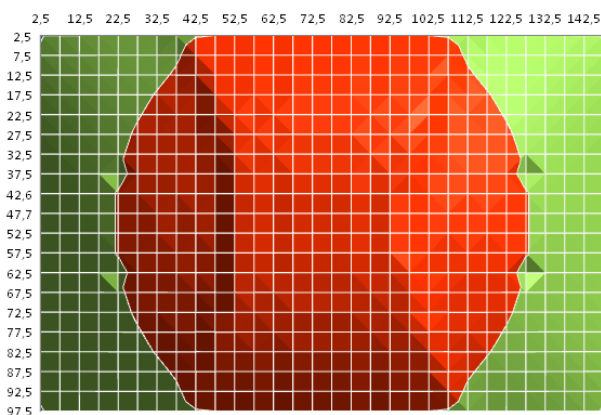


Рис.2. Поле распределения накопленной дозы на ПУ, при величине защиты со стороны стенок, ощутимо превышающей величину защиты со стороны крышек

Следующим шагом сопоставляются схема размещения ЭРИ на ПУ и поле распределения накопленной дозы. Полученная в результате информация является исходной для проведения однопараметрической парето-оптимизации размещения ЭРИ на ПУ, критерием которой является соотношение радиационной стойкости ЭРИ (предельной накопленной дозы – уровня дозы, до которого в ЭРИ не возникает отказа) и накопленной дозы за срок активного существования.

В результате разработчик имеет наглядное представление о радиационных условиях в каждой точке радиоэлектронного функционального узла.

Стоит отметить, что парето-оптимизация размещения ЭРИ на ПУ не всегда является возможной в силу ряда причин. В этом случае данный метод дает возможность точно оценить требуемую величину и положение дополнительных экранов, так как процесс построения поля накопленной дозы дает информацию о величине потоков в каждом телесном угле.

Примененный на ранних этапах проектирования, метод также дает разработчикам возможность своевременно за-

менить критичные с точки зрения радиационной стойкости ЭРИ более стойкими аналогами.

Заключение

Анализ зарубежных и отечественных программных средств выявил, что все они направлены исключительно на специалистов, занятых в обеспечении радиационной стойкости и области моделирования радиационных эффектов, а не на непосредственных разработчиков аппаратуры. Ни одно из них не дает разработчику возможности наглядно оценить прогнозируемую стойкость создаваемой БА.

На сегодня:

- проведен анализ состояния проблемы обеспечения радиационной стойкости БА КА в России и мире;
- создана функциональная модель прогнозирования стойкости БА по накопленной дозе, учитывающая вклад «теневого» защиты;
- разработана концепция построения полей накопленной дозы
- разработан метод учета «теневого» защиты при прогнозировании радиационной стойкости БА. Данный метод также позволяет оценить положение и величину массовой защиты локальных экранов
- создана методика парето-оптимизации размещения ЭРИ на ПУ по коэффициенту запаса;
- проведено тестирование методики на ряде объектов разработки ОАО «НИИ ТП».

В рамках работы предстоит:

- провести исследование современных материалов, предназначенных для защиты от воздействия частиц низких энергий;
- детально проработать математическую основу для однопараметрической функции парето-оптимизации размещения ЭРИ на ПУ;
- провести исследования влияния «теневого» защиты на величину накопленной дозы на уровне радиоэлектронных устройств;
- разработать алгоритм программного средства на основе методики комплексной оценки радиационной стойкости;
- провести патентный поиск.

Список литературы:

1. Модель космоса. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. т. II. / Под ред. М.И. Панасюка, Л.С. Новикова. - М.: КДУ, 2007. - 1144 с.
2. Жаднов В.В., Юрков Н.К. Особенности конструирования бортовой космической аппаратуры: учеб. пособие. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. - 112 с.
3. Андрианов Л.С., Герасимов С.Н., Кадменский А.Г. Проблемы обеспечения радиационной стойкости и надежности электронной компонентной базы для бортовой аппаратуры космических аппаратов. / Вопросы атомной науки и техники, вып. 3, 2011. - с. 64-71.
4. Анашин В.С. Проблемы обеспечения высоких сроков активного существования РЭА спутников связи. / Электросвязь, № 4, 2009. - с. 19-22.
5. Артюхова М., Полесский С., Жаднов В. Проблемы обеспечения стойкости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов на этапах проектирования. / Компоненты и технологии, № 9, 2010. - с. 93-98.
6. Жданкин В. Радиационно-стойкие низковольтные DC/DC-преобразователи для распределенных систем электропитания ракетно-космической техники. / Компоненты и технологии, № 7, 2011. - с. 130-136.
7. Артюхова М., Полесский С., Жаднов В. Методы расчетной оценки стойкости интегральных схем для бортовой космической аппаратуры. / Электронные компоненты, № 1, 2013.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОЩНОЙ СПИРАЛЬНОЙ ЛБВ ИМПУЛЬСНОГО ДЕЙСТВИЯ

М.В. Ефремова

факультет Электроники и телекоммуникаций

В настоящей работе рассматривается численное моделирование электронного пучка, формируемого электронно-оптической системой (ЭОС) импульсной лампы бегущей волны (ЛБВ), проводится анализ влияния отклонений размеров деталей и узлов от номинальных значений на качество электронного потока. Приводятся результаты экспериментального исследования токопрохождения в пролетном канале спиральной замедляющей системы (ЗС) импульсной ЛБВ с выходной мощностью 1 кВт в Х-диапазоне.

Мощные лампы бегущей волны импульсного действия со спиральными ЗС, работающие в режимах малых скважностей, широко используются в качестве выходных усилителей передающих устройств различной радиотехнической аппаратуры СВЧ диапазона, в том числе, в системах управления и радиолокации [1]. Однако применение спиральных ЗС, обладающих ограниченной теплорассеивающей способностью, в мощных ЛБВ накладывает достаточно жесткие требования к формированию интенсивных электронных потоков и их транспортировке в пролетном канале пространства взаимодействия прибора.

В приборах данного типа широкое распространение получили конструкции электронных пушек с сеточными структурами, рассмотренными в ряде работ [2,3]. Однако основным недостатком, присущим электронным пушкам с управляющими сетками, является ограничение по мощности, рассеиваемой на сетке при оседании на ней части тока пучка. Нарушение этого ограничения приводит к потере сеткой управления из-за термоэмиссии или к замыканию и расплавлению элементов сеточной структуры из-за тепловой перегрузки [4].

Наиболее эффективной является конструкция электронной пушки с расположенным на оси системы вблизи катода штырем, электрически изолированным от катода. Применение таких конструкций позволяют в отдельных случаях добиться снижения модулирующих напряжений до уровня сопоставимого с потенциалами, характерными для ЭОС с сетками. Отдельным аспектом рассматриваемой задачи является принципиальная возможность применения таких пушек в приборах, обеспечивающих работу в режимах большой и малой мощности с различной скважностью. Такие пушки менее критичны к различного рода пробоям, чем выгодно отличаются от чувствительных к броскам напряжений пушек с сеточными структурами, которые являются, кроме того, более трудоемкими и дорогостоящими. Дополнительным преимуществом является то, что все элементы конструкции электронной пушки являются крупно структурными и могут быть выполнены на стандартном оборудовании.

В данной работе рассматривается конструкция электронной пушки, разрабатываемая для мощной импульсной ЛБВ, работающей в диапазоне частот 8,5 – 10,5 ГГц. Для обеспечения выходных параметров ЛБВ требуется создать длинные и тонкие пучки, обеспечивающие токопрохождение 98-99%. Столь высокие требования по токопрохождению определяются тем, что используемая спиральная замедляющая система не способна рассеивать мощность, превышающую 150 Вт. При рабочем токе пучка 750 мА и ускоряющем напряжении 8600В допустимым является токооседание 15 мА, что составляет 2% от рабочего тока.

Для обеспечения вышеперечисленных требований была выбрана конструкция электронной пушки с управляющим электродом в виде штыря, расположенного в центре кольцевого катода. Схематическое изображение электродов пушки и контур электронного пучка представлены на рис.1, а основные параметры электронной пушки и магнитной периодической фокусирующей системы (МПФС) в табл. 1.

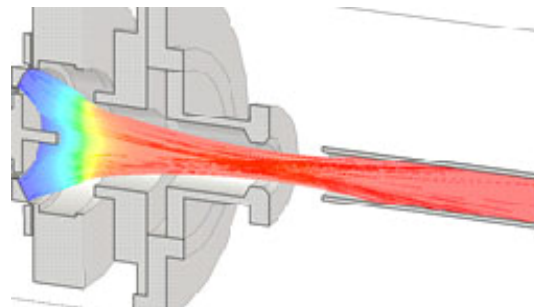


Рис. 1. Контур электронного пучка, сформированного пушкой

Ход электронных траекторий показывает, что электронный пучок длиннофокусный, близкий к ламинарному. Такая конструкция обеспечивает отсутствие перехвата части тока пучка управляющими электродами и предотвращает их перегрев.

Таблица 1. Параметры пушки и МПФС

Ток пучка	720 мА
Ускоряющий потенциал	8500 В
Первеанс	0,9 мА/В ^{3/2}
Управляющий потенциал	360 В
Потенциал запирания	-360В
Средний диаметр пучка в пролетном канале	1 мм
Амплитуда поля в МПФС	250 мТ
Период МПФС	11 мм

Получение пучка с малыми пульсациями в пролетном канале ЗС обеспечивалось за счет оптимизации положения электронной пушки относительно первого максимума магнитного поля. При этом амплитуда первого пика МПФС составила 107 мТл. Ход электронных траекторий в области согласования представлен на рис.2.

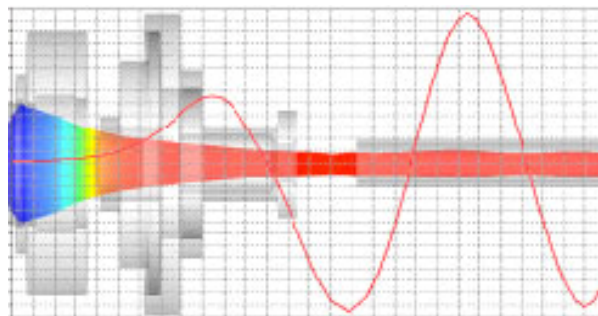


Рис. 2. Контур электронного пучка в периодическом магнитном поле

Рассчитанная электронно-оптическая система была реализована в макете ЛБВ. При разработке конструкции были учтены изменения размеров деталей и их взаимного

расположения при нагреве катода до рабочей температуры 1050°C.

Конструкция пушки представлена на рис.3

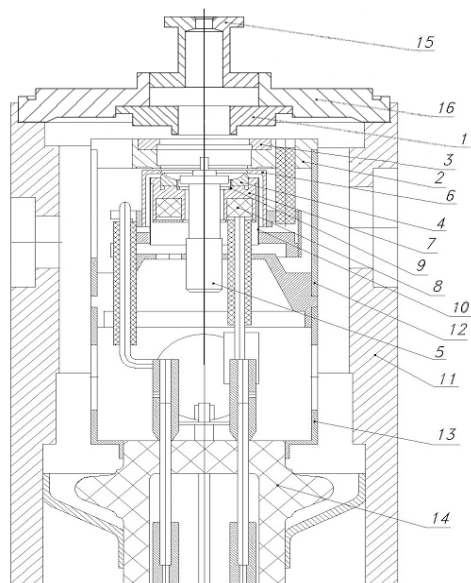


Рис. 3. Конструкция электронной пушки: 1-анод, 2-фокусирующий электрод, 3-крышка фокуса, 4-эмиттер, 5-управляющий электрод, 6-экран, 7-кern катода, 8-подогреватель, 9-внутренний подфокусирующий электрод, 10-гильза катода, 11-корпус пушки, 12-гильза фокуса, 13-гильза изолятора, 14-изоляция пушки, 15-коллиматор, 16-фланец.

Экспериментальные исследования параметров токопрохождения в изготовленном макете ЛБВ, проведенные в импульсном режиме при скважности 4 и напряжении отпирающего +350В, показали, что в режиме без входного сигнала токопрохождение в приборе составило 97%, а в режиме усиления токопрохождение в приборе составило ≈95%.

В процессе работы макета обнаружено, что максимальная температура корпуса ЛБВ наблюдается в области первых трех магнитов МПФС, т.е. в области расположения коллиматорной втулки и первых витков спирали.

Специально проведенные исследования по разделению тока спирали и коллиматора в режиме без входного сигнала показали, что 8 мА оседают на коллиматор, а 12 мА – на спиральную ЗС.

С целью выяснения возможных причин, приводящих к повышенному токооседанию электронного пучка на входе в пролетный канал ЗС, проведен цикл расчетов, учитывающих отклонения реальной пушки от идеальной конструкции.

Анализ результатов расчета показал, что наибольшее влияние на качество пучка оказывает положение управляющего электрода (штыря). Его сдвиг вдоль оси системы на 0,03 мм от номинального значения в сторону катода вызывает значительное расширение электронного пучка на входе в спираль, сдвиг в обратном направлении приводит к расширению пучка в области коллиматора в результате нарушения согласования с магнитным полем. Наклон штыря на 0,1° относительно оси системы приводит к «выталкиванию» внутренних траекторий электронов в направлении оси управляющего электрода.

Результаты расчетов показали, что эмиссия с внешней кромки катода шириной 0,03 мм, плоскость которой перпендикулярна оси системы, приводит к появлению ореола вокруг сформированного электронного пучка и, соответ-

ственно, к увеличению его диаметра в сечении кроссовера до значения $D=1,4$ мм (рис. 4).

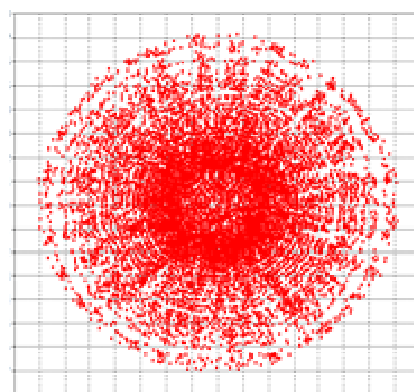


Рис. 4. Сечение пучка в плоскости кроссовера

В результате проведенного моделирования получено, что учет совокупности отклонений от расчетных размеров может привести к возрастанию токооседания на коллиматор до 16 мА.

Для подавления нежелательной эмиссии с кромки катода было предложено уменьшить диаметр подфокусирующего электрода до величины, меньшей диаметра эмиттера. Расчет показал, что уменьшение диаметра подфокусирующего электрода действительно «запирает» кромку катода, но при этом приводит к «прижатию» электронного потока к штырю и, следовательно, выталкиванию внутренних траекторий пучка. Поэтому подобная конструкция нуждается в доработке.

Таким образом, в работе проведен анализ зависимости качества формирования электронного пучка от точности изготовления деталей и сборки узлов пушки. Подчеркнута роль формирования и фокусировки интенсивных электронных пучков как одной из основных задач, решаемых при разработке современных электронных приборов СВЧ.

В данной научной работе использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта «Исследование распространения замедленных электромагнитных волн в многослойных диэлектриках и разработка СВЧ устройств на их основе», выполненного в рамках Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2013 году, грант №13-05-0017.

Список литературы:

1. A Compact S Band 1 kW Traveling-Wave Tube for Microwave Power Module / H. Song, L. Tekamp, C. Everleigh et al. // IEEE Transactions of Electron Devices. 2012. P.127-128.
2. Григорьев Ю.А., Правдин Б.С., Шестеркин В.И. Электронно-оптические системы с сеточным управлением: Обзоры по электронной технике. Сер.1, Электроника СВЧ. - М.: ЦНИИ "Электроника", 1987.- Вып.7(1264). - 71 с.
3. Перспективы применения низковольтного сеточного управления электронным пучком в ЭВП СВЧ О-типа непрерывного действия/ В.Д. Журавлева, С.П. Морев, В.И. Роговин, Т.Н. Соколова, Г.Ю. Юдин // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-98 / Материалы международной научно-технической конференции, 1998, т.1, с.165-171.
4. Pallakoff O.E. To grid or not to grid? /Microwave J.–1974.–Vol.13, № 5.– P.52-56.

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ
4-ОЙ СТЕПЕНИ В ПОЛОСЕ ПРОПУСКАНИЯ
МОЩНЫХ ЛБВ**

Д.С. Шабанов

факультет Электроники и телекоммуникаций

При расчете мощных ламп бегущей волны (ЛБВ) с резонаторными замедляющими системами (ЗС), необходимо производить моделирование электронно-волнового взаимодействия, внутри и на границе полосы пропускания, где эффективность взаимодействия максимальна. Анализ уравнений дискретного электронно-волнового взаимодействия в ЗС показал возможность единого описания такого взаимодействия в полосах пропускания и запирания ЗС с использованием уравнения возбуждения в конечных разностях второго порядка и входящего в него локального импеданса связи [1]. Применение теории возбуждения волноводов позволило записать уравнения в общем виде без применения частных эквивалентных схем или иных моделей ЗС. В работе [2] с использованием конечно-разностного уравнения возбуждения найдена матрица коэффициентов a_{ij} , связывающая безразмерные величины ВЧ тока электронного пучка I , скорости электронов (кинетического потенциала) V и поля F в $q+1$ -м зазоре взаимодействия ЗС с их значениями в одном, а для поля в двух предыдущих зазорах, при этом взаимодействие электронного потока и поля ЗС рассматривалось в рамках линейной теории для полос пропускания ЗС.

В рассматриваемой линейной теории взаимодействия, решение можно искать в виде электронных волн, для которых $I_{q+1} = \lambda I_q$, $V_{q+1} = \lambda V_q$, $F_{q+1} = \lambda F_q$. При этом, как показано в [2], получаем систему однородных линейных уравнений третьего порядка:

$$\begin{aligned} (a_{11} - \lambda)I_q + a_{12}V_q + a_{13}F_q &= 0, \\ a_{21}I_q + (a_{22} - \lambda)V_q + a_{23}F_q &= 0, \\ a_{31}I_q + a_{32}V_q + (a_{33} - \lambda + \frac{a_{34}}{\lambda})F_q &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Приравняв к нулю определитель этой системы, получаем однако уравнение 4-ой степени относительно собственных чисел $\lambda = e^{i\psi}$. В работах [3,4] даны аналитические решения данной системы уравнений, в данной работе основное внимание уделялось численному решению системы уравнений (1).

Рассматривались системы с нормальной и аномальной дисперсией, в двух вариантах: 1) при стремящихся к нулю электродинамических параметрах ЗС; 2) при электродинамических параметрах, близких к существующим в реальных ЛБВ.

В случае когда фаза поля ϕ_s и остальные параметры стремятся к нулю, значения корней характеристического уравнения как бы «перемешиваются» между собой, вероятно, это происходит из-за того, что в системе отсутствует электронный поток, поэтому не происходит разделения на 4-е волны системы. (рис.1.)

В случае же когда в систему включен электронный поток, для нормальной и аномальной дисперсии, перемешивание корней не наблюдается, за исключением расчетов производимых на границах полос пропускания (π - и 2π -виде). Здесь так же происходит «перемешивание» корней, за исключением одного корня, что описывалось в [4]: «электронный пучок отдает энергию волне ($y' > 0$), которая нарастает в положительном направлении ($y'' > 0$).

Этот случай соответствует усиливаемой прямой волне в ЛБВ» (рис.2, рис.3.)

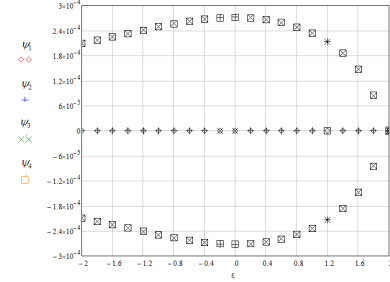


Рис.1. Действительные части корней характеристического уравнения в зависимости от параметра расстройки, в случае когда все электродинамические параметры и ϕ_s стремятся к 0.

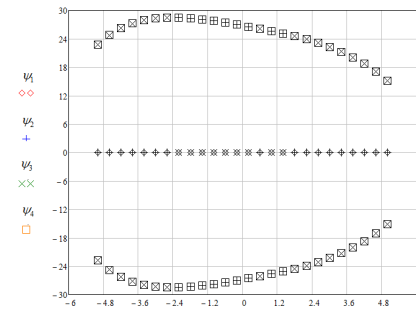


Рис.2. Действительные части корней характеристического уравнения в зависимости от параметра расстройки, в случае нормальной дисперсии, когда электродинамические параметры соответствуют реальным и $\phi_s = \pi$.

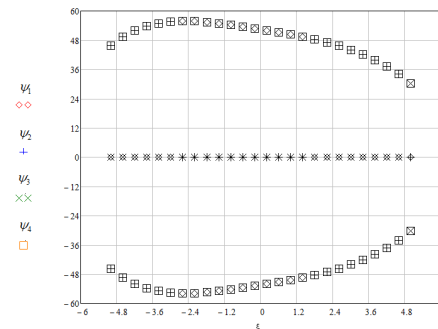


Рис.3. Действительные части корней характеристического уравнения в зависимости от параметра расстройки, в случае нормальной дисперсии, когда электродинамические параметры соответствуют реальным и $\phi_s = 2\pi$.

Список литературы:

1. Солнцев В.А., Колтунов Р.П., «Анализ уравнений дискретного электронно-волнового взаимодействия и группировки электронных потоков в периодических и псевдопериодических замедляющих системах». 2008г. Радиотехника и электроника. том 53. №6. С.738-751.
2. М.В. Назарова, В.А. Солнцев, Р.П. Колтунов, Д.С. Шабанов. Исследование дискретного электронно-волнового взаимодействия в полосах пропускания и запирания замедляющих систем. // Изв.вузов «ПНД», 2012, т.20, №3, с.118-131.
3. Солнцев В.А. Характеристическое уравнение и свойства электронных волн в периодических структурах // Радиотехника и электроника. 2012. Т. 57. № 12. С. 1312-1322.
4. Солнцев В.А. К теории дискретного электронно-волнового взаимодействия и электронных волн в полосах запирания замедляющих систем // Изв.вузов «ПНД», 2013. Т. 21. № 1

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

И.Ю. Лисицын

факультет Электроники и телекоммуникаций

В данной статье в основу анализа, существующих проблем проектирования импульсных источников питания, легли всё более жесткие требования, предъявляемые современными радиоэлектронными средствами и качеству вырабатываемой электроэнергии под действием различных электромагнитных помех.

Основными современными тенденциями развития импульсных источников питания являются:

- повсеместное использование интегральных микросхем, микроконтроллеров и микропроцессоров, что приводит к снижению габаритов и массы;
- развитие новых энерго- и ресурсосберегающих методов преобразования электрической энергии.

Современные радиоэлектронные средства ужесточают требования к массогабаритным показателям, надежности, качеству вырабатываемой энергии и электромагнитной совместимости систем электропитания. Решение таких задач в устройствах электропитания осуществляется с помощью импульсных режимов работы усилительных приборов в преобразователях напряжения, мощных высокочастотных диодов, современных магнитных материалов конденсаторов и современных технологий узлов и устройств. Импульсный режим работы дает высокий показатель электронного КПД, снижая потери в усилительных приборах, что увеличивает надежность, уменьшает массу и габариты источника питания за счет устранения систем охлаждения.

Преобразование напряжения на высокой частоте позволяет уменьшить объем и массу фильтрующих устройств и согласующих трансформаторов. Но не все так замечательно, потому как высокочастотное преобразование требует высокочастотную элементную базу, а с увеличением частоты выражено проявляется неидеальность полупроводниковых приборов, растут коммутационные потери из-за наличия паразитных емкостей и индуктивностей. Также применение импульсных источников питания приводит к увеличению уровня электромагнитных помех в высокочастотном диапазоне. Проблемы устранения высокочастотных электромагнитных помех и снижения коммутационных потерь на современном этапе развития импульсных источников питания остаются актуальными. Это связано с индивидуальным характером проектирования импульсных источников питания, с развитием электронной компонентной базы, особенно интегрированных силовых модулей, и, конечно, со специфическими условиями эксплуатации аппаратуры, например жесткие требования по климатическим, механическим и радиационным воздействиям.

Получается что, с одной стороны, импульсный источник питания, должен обладать необходимым уровнем помехоустойчивости, а с другой, импульсный источник питания сам является источником электромагнитных помех. Проблему обеспечения электромагнитной совместимости импульсных источников питания необходимо решать конкретно в трех основных направлениях:

- подавление внешних электромагнитных помех;
- ослабление собственных электромагнитных помех;
- ослаблению кондуктивных помех на выходе импульсных источников питания.

В настоящее время снижают или полностью устраняют уровень электромагнитных и кондуктивных помех следующими методами:

- применение демпфирующих RCD или LCD цепей;
- использование резонансных высокочастотных преобразователей напряжения с последовательным или параллельным резонансным контуром;
- применение квазирезонансных высокочастотных преобразователей напряжения с переключением транзисторов при нуле тока или нуле напряжения;
- использование высокочастотных преобразователей напряжения с резонансным переключением.

Использование демпфирующих RCD, так и LCD-цепей не столь эффективно. Демпфирование высокочастотных колебаний RCD цепью приводит к тому, что разрядный ток конденсатора увеличивает потери в резисторе и создает дополнительную токовую нагрузку на транзистор. Применение реактивной демпфирующей LCD цепи увеличивает амплитуду тока и напряжения на транзисторе, что снижает коэффициент использования по мощности, и повышает дополнительные потери на реактивных элементах схемы.

В резонансных двухтактных высокочастотных преобразователях напряжения используются дополнительные резонансные контура. Они работают в течение всего периода переключения, поэтому их установившаяся мощность значительно больше мощности демпфирующих цепей. Недостаток такого метода в том, что из-за наличия дополнительных резонансных контуров происходит увеличение токов через полупроводниковые приборы.

Квазирезонансные однотактные высокочастотные преобразователи напряжения также имеют дополнительные резонансные контура и характеризуются однонаправленной передачей энергии в нагрузку. Регулировка выходного напряжения осуществляется изменением длительности импульсов с переключением в нуле напряжения, при этом меняется частота переключения транзистора. Недостатком таких однотактных преобразователей являются перенапряжения на полупроводниковых приборах, превышающие напряжение питания, и следовательно исключается возможность работы на больших напряжениях

Преобразователи напряжения, у которых дополнительные резонансные контура работают только во время переключения, называются преобразователями с резонансным переключением, а коммутация происходит при нуле напряжения. В таком преобразователе колебания напряжения и тока во время передачи мощности имеют прямоугольную форму. Реактивная мощность элементов колебательного контура мала, т.к. действие контура ограничено временами фронта тока и напряжения. Функции такого контура могут выполнять индуктивность рассеяния или намагничивания трансформатора с выходной емкостью транзистора. Мощность коммутационных потерь транзистора, в отличие от использования демпфирующих RCD или LCD цепей, возвращается в источник питания. Паразитные параметры элементов используются для снижения коммутационных потерь и электромагнитных помех при переключении транзисторов.

Таким образом, высокочастотные преобразователи использующие резонансное переключение транзисторов имеют высокий коэффициент использования элементов схемы, низкие коммутационные потери и низкий уровень электромагнитных помех, поэтому они являются наиболее перспективными для использования в высокочастотных импульсных источниках питания с ШИМ.

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

А.Н. Тихменев

факультет Электроники и телекоммуникаций

В работе проводится анализ точности оценки показателей безотказности при сеансном режиме работы различными способами на примере резервированного ЭС.

Многие электронные средства по условиям своего функционирования работают в циклическом режиме и это необходимо учитывать при прогнозировании показателей безотказности еще на этапах проектирования, так как от корректности оценки и учета по возможности наибольшего количества факторов зависит точность прогнозирования и правильности планирования мероприятия по обеспечению надежности. Что в свою очередь влияет на общий ход проектирования и, в конечном, итоге на качество и конкурентоспособность продукции.

Для расчета надежности ЭС большое распространение получили методы: анализ дерева неисправностей, анализ дерева событий, Марковский анализ, анализ структурной схемы надежности, таблица истинности (анализ функциональной структуры) и статистические методы. При этом модели, построенные по ним, позволяют оценивать надежность при непрерывной эксплуатации, с неизменными интенсивностями отказов компонентов. Но при работе ЭС в сеансном режиме возникают сложности - одна из них это использование моделей для прогнозирования надежности резервированных групп. Для наглядности рассмотрим данный вопрос на примере расчета безотказности электронного модуля, представляющего собой параллельное соединение элементов, работающих в сеансном режиме.

В этом случае функция интенсивности отказов элемента, т.е. $\lambda(t)$ периодична (см. рис. 1).

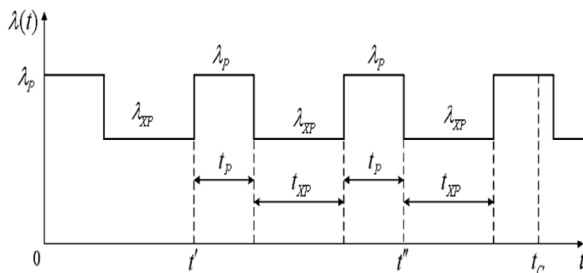


Рис. 1. Циклограмма работы элемента

В соответствии с общим выражением определения ВБР элемента имеем:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau}, \quad (1)$$

где: $\lambda(\tau) = \begin{cases} \lambda_p, & \text{для } t' < t < t' + t_p, \\ \lambda_{xp}, & \text{для } t'' < t < t'' + t_{xp}; \end{cases}$ $t = t_c$ - заданное время существования.

Если расчет выполняется на целое число участков работы и хранения, то расчетное соотношение ВБР элемента имеет вид:

$$P(t) = e^{-(\lambda_p T_p + \lambda_{xp} T_{xp})}, \quad (2)$$

где: $T_p = m \cdot t_p$ - суммарное (за время t_c) по всем m рабочим участкам время работы; $T_{xp} = m' \cdot t_{xp}$ - суммарное (за время t_c) по всем m' участкам время хранения;

$$m' = \begin{cases} m \\ m-1 \\ m+1 \end{cases}$$

- количество участков, зависящие от того, каким участком (работы или хранения) начинается и заканчивается промежуток времени t_c .

В тех случаях, когда расчет должен быть выполнен на заданное число m участков работы и участков хранения получаем:

$$P[m(t_p + t_{xp})] = e^{-m(\lambda_p t_p + \lambda_{xp} t_{xp})}, \quad (3)$$

где: $t_c = m(t_p + t_{xp})$.

При расчетах тогда прибегают к определению средней (за один период работы и ожидания) интенсивности отказов элемента, которая получается из следующего соотношения:

$$\lambda_{cp} = \frac{\lambda_p \cdot t_p + \lambda_{xp} \cdot t_{xp}}{t_p + t_{xp}}, \quad (4)$$

где: $\lambda_p \cdot t_p$ - доля влияния ИО в режиме работы на период; $\lambda_{xp} \cdot t_{xp}$ - доля влияния ИО в режиме хранения на период; $t_{nc} = t_p + t_{xp}$ - период.

А расчет ВБР рассчитывается по модели 2. В качестве примера рассмотрим узел ЭС, представляющий собой однократный ненагруженный резерв, имеющий следующие исходные данные:

1. Узел ЭС работает сеансами по сумме в режиме работе 32000 часов, в режиме хранения работает 55600. Две составные части одинаковые и имеют следующие параметры:

- интенсивность отказов в режиме работы (λ_p) $1,232992 \cdot 10^{-6}$ 1/ч.;

- интенсивность отказов в режиме хранения (λ_{xp}) $2,194 \cdot 10^{-8}$ 1/ч.

2. Критерий отказов следующий:

- в режиме работы работает основной элемент 1, резервный элемент 2 отключен при отказе включается второй элемент;

- в режиме хранения оба элемента отключаются от питания и нужно рассмотреть сработает ли первый после включения или нет. Если нет, то включается второй (оба элемента между собой находятся в нагруженном резерве с параметром ИО в режиме хранения).

Рассмотрим несколько способов расчета:

1. Использование модели расчета ВБР для резервированных групп из ГОСТ Р 51901.5 [2], ОСТ 4Г.0.012.242 [3] или научно-технической литературы, а параметр ИО определяется по модели (4), известны промежутки времени работы и хранения. По ГОСТ Р 51901.5 [2] - это метод анализа структурной схемы надежности;

2. Построение модели расчета ВБР по методу перебора гипотез, основанного на формуле полной вероятности [4] в соответствии с заданным временным графиком работы [1], где основными параметрами будут ИО в сеансном режиме и в режиме хранения и промежутки времени. По ГОСТ Р 51901.5 [2] - это метод Марковского анализа;

3. Используется методов временной декомпозиции - это разбиение модели расчета ВБР в соответствии с заданным графиком функционирования на режимы работы и хранения. На каждом из отрезков выбирается модель расчета ВБР из стандартного набора ОСТ или другого источника при условии, что ВБР в режиме хранения определяется, исходя из критерия отказа в момент включения. По ГОСТ Р 51901.5 [2] - это метод анализа структурной схемы надежности;

4. Построение модели расчета ВБР с использованием метода Монте-Карло, где основными параметрами являются ИО в «сеансом» режиме, в режиме работы и в режиме

хранения, промежутки времени хранения и работы. По ГОСТ Р 51901.5 [2] - это метод статистического анализа.

Рассмотрим теперь каждый способ более подробно.

При использовании первого способа выбираем модель расчета ВБР, исходя из критериев отказа за весь срок эксплуатации 87600 часов:

$$P_1(t) = \frac{\prod_{j=0}^m (n + j\alpha)}{\alpha^m m!} \sum_{i=0}^m (-1)^i \frac{C_m^i}{n + i\alpha} e^{-(n+i\alpha)\lambda_p t}, \quad (5)$$

где: n - число основных СЧ (в нашем случае 1) и m резервных СЧ (в нашем случае 1); $\alpha = \frac{\lambda_{xp}}{\lambda_p}$ - коэффициент

пропорциональности; λ_p, λ_{xp} - интенсивности отказов СЧ в режимах работы и хранения.

В результате расчета получаем следующее значение ВБР за время эксплуатации (87600 часов): 0,999180711554146.

Второй способ подразумевает вывод вероятности всех сценариев, которые приводят к функционированию на конец периода эксплуатации, исходя из приведенных выше критериев отказов узла ЭС, временного графика работы (см. рис. 2), перечня несовместных успешных гипотез [1]. В результате получаем следующую модель:

$$P_2(t) = e^{-\lambda_{\text{об}} t} + \int_0^t \lambda_{\text{об}} \cdot e^{-\lambda_{\text{об}} t} \cdot e^{-\lambda_{\text{об}} t} \cdot e^{-\lambda_{\text{об}}(t_3 - t)} dt \quad (6)$$

Эту модель будем рассматривать как «парето-эталон» для оценки погрешности.

В результате расчета получаем следующее значение ВБР за время эксплуатации: 0.999157335573541.

Третий способ, аналитический расчет с применением метода временной декомпозиции, заключается в раздельной оценке ВБР ЭС на протяжении времени работы и времени хранения, считая события отказов на любом этапе эксплуатации независимыми. В таком случае расчет разбивается на три этапа:

- на первом этапе рассчитывается ВБР для структурной схемы надежности ЭС в режиме работы, на единичном периоде работы;

- на втором этапе рассматривается структура ЭС в режиме хранения и аналогично оценивается ВБР на единичном периоде хранения;

- на заключительном этапе оценивают ВБР всей ЭС за весь период эксплуатации с учетом количества промежутков работы и хранения.

Основываясь на использовании математических моделей с постоянными во времени интенсивностями отказов получаем формулу следующего вида:

$$P_{\text{обш}} = (P_{xp}(\sum \tau_{xp})) \cdot (P_p(\sum \tau_p)) = P_{xp}(t_{xp}) \cdot P_p(t_p) \quad (7)$$

где: t_{xp} - суммарное время хранения, ч.; t_p - суммарное время эксплуатации, ч.

Формула (7) справедлива для строго экспоненциальных математических моделей отказов исследуемого ЭС. Однако на практике соотношение (7) используют и для оценки ВБР резервированной системы, модель отказов которой уже не соответствует экспоненциальному виду.

Рассмотрим применение (7) на примере исследуемого узла ЭС. Можно определить, что во время хранения интенсивности отказов основной и резервной группы компонентов равны, так как цепочки идентичны и хранятся в одинаковых условиях. Таким образом, при хранении узел ЭС представляет собой нагруженный резерв, при эксплуатации - облегченный. По моделям [2] в результате расчета получаем следующее значение: 0.99922699998305.

Одним из источников ошибки в этом способе является то, что отказы в режиме хранения и работы считаются независимыми, что справедливо только для простой линей-

ной ССН, где отказ любого компонента в любом режиме является отказом всей ЭС. То есть в такой расчет заведомо внесена ошибка, ведущая к завышению результата, что недопустимо при оценке надежности.

Альтернативой аналитическим способам является метод имитационного моделирования, теоретически он позволяет учесть любые взаимосвязи между отказами. Применительно к данной задаче использовалось специализированную систему АСОНИКА-К-РЭС, содержащую в себе типовые модели для описания электронных средств со сложной структурой [5]. В результате расчета четвертым способом получаем следующее значение ВБР за время эксплуатации: 0.9991667.

В результате получаем следующие значения ВБР за время эксплуатации (см. табл. 1). Для расчета относительной погрешности в качестве эталона берется второй способ (метод построения модели по формуле полной вероятности) по причинам, которые были описаны выше.

Таблица 1. Результаты расчетов

№ п/п	Способ расчета	Значение ВБР	Значение отн. погр. ВБР	Значение отн. погр. по вероятности отказов
1	Способ 1	0,999180	$2,39 \cdot 10^{-5}$	0,0277
2	Способ 2	0,999157	0	0
3	Способ 3	0,999226	$6,97 \cdot 10^{-5}$	0,0826
4	Способ 4	0,999166	$9,72e-6$	0,011

Как видно из табл. 1 совпадение результатов полученных путем моделирования (Способ 4) и путем точного аналитического расчета (Способ 2) с крайне малой ошибкой (относительная погрешность по вероятности отказов от 0,011113 до 0,883307). Но вероятность ошибки при построении имитационной модели минимизируется (как и для более простой модели) за счет специальных средств верификации модели, в то время как вероятность ошибки при построении математической модели (7) - это Способ 3 начинает расти из-за ее усложнения и затруднения проверки. Таким образом, становится очевидным, что имитационное моделирование можно рассматривать в качестве альтернативы точных аналитических методов (метод перебора гипотез) [2] при прогнозировании надежности сложных ЭС с точки зрения типов резервирования и получать более точную оценку параметров надежности.

Список литературы:

- ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчёт надёжности. Основные положения.
- ГОСТ Р 51901.5-2005. Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности.
- ОСТ 4Г.0.012.242-84. Аппаратура радиоэлектронная. Методика расчета показателей надежности.
- Козлов Б.А., Ушаков И.А.. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. - М.: Советское радио, 1975. - 472 с.
- Жаднов В.В., Тихменев А.Н.. Методы и средства расчетной оценки надежности электронных средств с реконфигурируемой структурой. / Радиовысотометрия-2010: Сб. тр. Третьей Всероссийской научно-технической конференции. // Под ред. А.А. Иофина, Л.И. Пономарева. - Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2010. - с. 202-205

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ФЛЭШ-НАКОПИТЕЛЬ

П.А. Цыганов

факультет Электроники и телекоммуникаций

В современном мире огромное значение имеет информация. Широкое применение в обыденной жизни нашли различные устройства для ее хранения, передачи и обработки. Одним из таких устройств является USB-Flash-накопитель (см. рис. 1).



Рис. 1. USB-Flash-накопитель

Флеш-память является миниатюрным устройством, предназначенным для хранения цифровой информации. Современные устройства такого типа лишены функции отображения информации о состоянии памяти, ее свободном объеме, расходе ресурса и т.п. Во Flash-накопителе применяется только светодиод для того, чтобы показать, что происходит запись или чтение. Ясно, что такой информации не хватает для большинства задач.

Основной идеей создания Flash-накопителя с информационным дисплеем является возможность получения информации о свободном объеме памяти, оставшегося количества циклов чтения и записи, индикации записи или чтения и другой информации на цветном LED-дисплее с подсветкой. Для того, чтобы узнать эту информацию, необходимо будет только нажать миниатюрную кнопку на корпусе устройства, не подключая его к компьютеру.

Идея о том, что информацию можно показать непосредственно на USB устройстве, не нова. Фирма *E-paper* предлагает USB-Flash-накопитель с индикатором состояния памяти, который реализован с помощью полосы светодиодов. По мере заполнения памяти заполняется и светодиодная шкала. Такой метод отображения информации удобен, но не является информативным, так как не позво-

ляет отображать никакую другую информацию, кроме этой.

USB-Flash-накопитель с информационным дисплеем, как уже было сказано выше, позволяет получать информацию о количестве свободной памяти, примерного количества оставшихся циклов чтения-записи и т.п. не подключая устройство к ПК. Такой метод отображения информации будет удобен тем людям, которым необходимо обрабатывать и переносить большое количество информации.

Бывает так, что человек, подключая устройство хранения информации к компьютеру, обнаруживает, что оно заполнено. Им было затрачено время на подключение этого устройства к компьютеру и ожидания синхронизации устройств только для того, чтобы получить информацию о том, что память устройства заполнена. Необходимо будет искать другое устройство и подключать его вновь. У предлагаемого устройства такого недостатка нет.

Кроме того, не существует устройства, которое не отказывало бы в процессе работы. Весьма неприятно, когда Ваше устройство вдруг перестает работать в ответственный момент. Это может привести к потере информации, срыву ответственного мероприятия и т.п.

Предлагаемое устройство отображает примерное количество циклов чтения-записи и примерное значение этих циклов, когда велика вероятность выхода из строя памяти, применяемой в нем. При оставшемся количестве циклов чтение-запись равно нулю, дисплей устройства окрасится в красный цвет, что будет свидетельствовать о том, что устройство перешло в предельное состояние.

Кроме того, можно также отображать названия файлов и папок, хранящихся на устройстве.

На рис. 2 представлена структурная схема устройства.

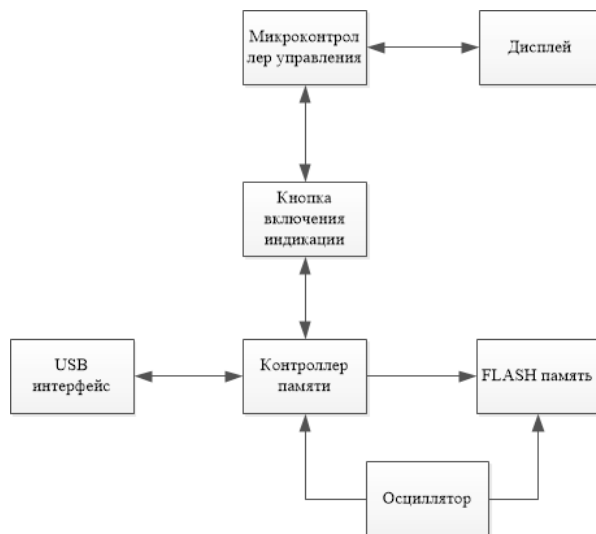


Рис. 2. Структурная схема USB-Flash-накопителя с информационным дисплеем

Устройство состоит из USB-интерфейса, который позволяет подключать его к компьютеру, планшетному ПК, смартфону и т.п. и контроллера памяти, управляющего работой NAND-памяти.

В памяти хранится вся цифровая информация, записанная на устройство. Управляющий микроконтроллер служит для обработки информации о количестве памяти, обработки информации о ресурсе устройства (циклы чтение-запись) и вывода информации на дисплей.

Flash-накопитель работает следующим образом: во время подключения его к персональному компьютеру происходит их синхронизация и контроллер Flash-памяти пе-

редает всю необходимую информацию через порт USB (рис. 3) на персональный компьютер, к которому подключен накопитель.

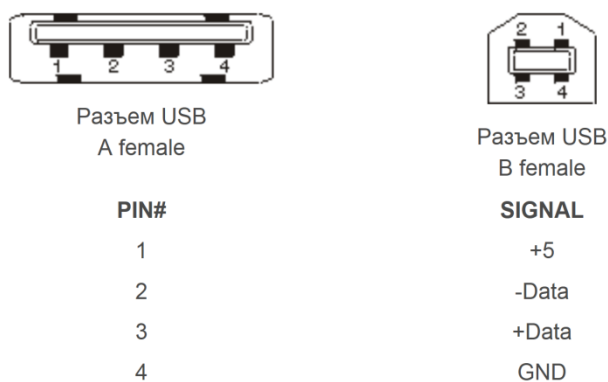


Рис. 3. Разъемы USB-порта

В предлагаемом устройстве применен такой же подход, только вместо персонального компьютера, когда пользователь нажимает кнопку, происходит синхронизация двух контроллеров: памяти и микроконтроллера управления. Микроконтроллер управления обрабатывает информацию о количестве свободной памяти на устройстве. Кроме того происходит расчет оставшегося количества циклов чтения-записи. Вся информация передается на информационный дисплей.

На рис. 4 показана концепт-модель устройства.

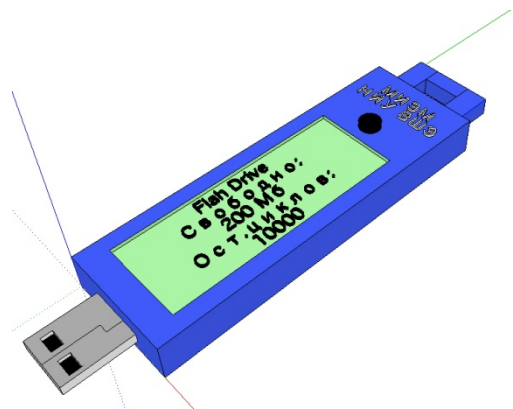


Рис. 4. Концепт-модель USB-Flash-накопителя

Как видно из рис. 4 габариты интеллектуального флэш-накопителя не сильно отличаются от габаритов обычных флэш накопителей. Особенностью конструкции является наличие информационного дисплея для отображения всей необходимой информации. Кнопка включения индикации может находиться как сверху корпуса, так и быть перемещена на торец корпуса устройства, что повысит эргономику. Особенностью конструкции является то, что информационный дисплей устройства можно закрепить на верхней или нижней частях корпуса. На рис. 5 показан печатный узел устройства, содержащий разъем для подключения информационного дисплея.

Из особенностей конструкции флэш-накопителя стоит отметить наличие светодиодной индикации записи или чтения на устройство, которая может быть выведена на корпус вместе с дисплеем, так и быть скрыта внутри.

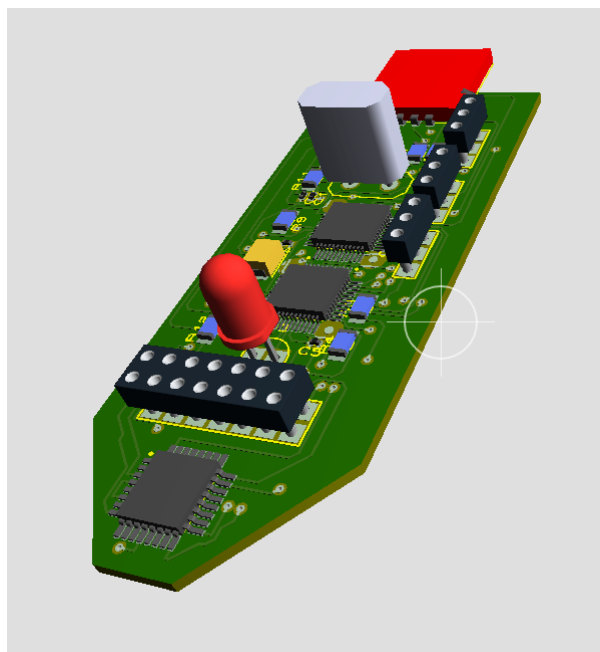


Рис. 5. Печатный узел устройства

Есть возможность также модифицировать уже готовые изделия. Для этого необходимо извлечь печатный узел обычного накопителя и закрепить над ней еще одну печатную плату с установленным на ней контроллером и дисплеем, а также подобрать новый корпус и произвести монтаж. Для облегчения монтажа на печатной плате могут быть установлены соответствующие разъемы.

Новое изделие будет иметь все преимущества, описанные выше, причем стоимость такой доработки окажется ниже стоимости изделия целиком.

Появление на рынке подобного устройства позволит пользователю всегда знать количество доступной памяти на устройстве, определять какие файлы хранятся в нем. Кроме того, несомненным плюсом является вывод информации о оставшемся ресурсе памяти, что позволит свести связанные с отказом устройства потери информации к минимуму.

В качестве перспективы можно указать тот факт, что на рынок в настоящее время выходят твердотельные жесткие диски. Принцип работы этих устройств в целом аналогичен принципу работы флэш-накопителя.

Внедрить подобную идею для контроля состояния памяти этих устройств не составит труда, что также повысит удобство использования твердотельных жестких дисков и сократит вероятность потери информации с них при выходе из строя.

Список литературы:

1. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny. Руководство пользователя. - М.: Издательский дом "Додэка-XXI", 2007. - 433 с.
2. Трапперт В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR микроконтроллеров - К.: МК-Пресс, 2006. - 200 с.
3. Hasso Plattner, Alexander. Zeier In-Memory Data Management: Technology and Applications. SpringerLink: Bücher. - Springer, 2012. - 267 с.
4. Simona Boboila, Peter Desnoyers. Write Endurance in Flash Drives: Measurements and Analysis. / FAST. - San Jose, California: Northeastern University, 2010.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ НА СТОЙКОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕГРУЗОК

А.Б. Александрова

факультет Электроники и телекоммуникаций

Надежность полупроводниковых приборов определяется её чувствительностью к кратковременным импульсным перегрузкам. Источниками импульсных перегрузок могут быть грозовые разряды, разряды статического электричества, коммутационные процессы, ядерный взрыв.

Для защиты цепей от импульсных перегрузок применяются кремниевые ограничители напряжения. Ограничитель напряжения – полупроводниковый диод, работающий на обратной ветви вольтамперной характеристики. Кремниевый ограничитель напряжения отличается большой скоростью включения.

Пороговое напряжение $U_{проб}$ ограничителей напряжения ниже напряжения ограничения $U_{огр. имп. макс.}$, что обеспечивает их автоматическое отключение от цепи постоянного тока после прохождения импульсной перегрузки.

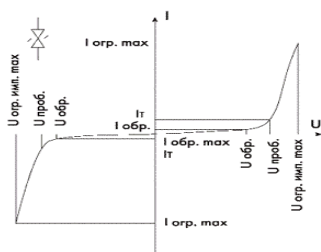


Рис. 1. Вольтамперная характеристика ограничителя напряжения

Вольтамперная характеристика (ВАХ) ограничителей напряжения может быть симметричной и несимметричной. Несимметричность ВАХ обеспечивает защиту от импульсных перегрузок определенной полярности на разных потенциальных уровнях. Для защиты цепей питания переменного тока используют ограничители напряжения с симметричной ВАХ.

В работе исследуется структура симметричного радиационно-стойкого ограничителя напряжения, готового к серийному выпуску.

Кристалл ограничителя напряжения состоит из последовательно-соединенных методом пайки пластин.

Кристалл ограничителя ОГР2 изготавливается из стопы, состоящей из двух внутренних пластин с p-n переходами ОГР1.021 и двух внешних пластин ОГР2.022. Верхняя поверхность кристалла покрыта слоем алюминия.

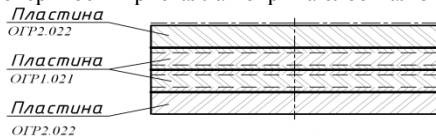


Рис. 2. Структура кристалла ограничителя ОГР2.

Структура пластины ограничителя ОГР1.021 показана на рисунке 3.

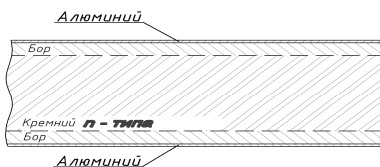


Рис. 3. Структура пластины ОГР1.021

На пластина ОГР.021 диффузией созданы встречно-направленные p-n-переходы. Каждый p-n-переход обеспечивает 70-75 В обратного напряжения $U_{обр}$.

В работе ставится задача исследовать воздействие одиночного мощного импульса тока (ОМИТ). Разработана методика воздействия ОМИТ на ограничители напряжения. На ограничитель напряжения подается определенная величина импульсной рассеиваемой мощности.

$$P_{имп} = I_{имп. макс.} * U_{огр. имп. макс.} \quad (1)$$

Разработан предприятием-изготовителем стенд для испытаний на воздействие ОМИТ на ограничители напряжения. Стенд генерирует импульсы тока, воздействующие на ограничитель напряжения. На рис.4 представлена блок-схема стенда:



Рис. 4. Блок-схема стенда.

На осциллографе наблюдаем диаграммы $I_{имп}(t)$ и $U_{имп}(t)$.



Рис. 5. Диаграмма $U_{имп}(t)$.

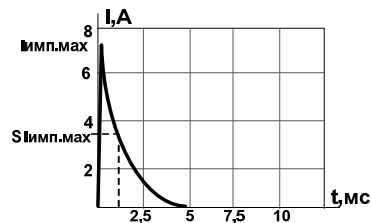


Рис. 6. Диаграмма $I_{имп}(t)$.

По разработанной методике расчета значение $U_{огр}$ определяется по диаграмме $U_{огр. имп}(t)$ как разность между значениями $U_{имп}$ и максимальным значением импульсного тока.

$$U_{огр. имп} = U_{имп} - I_{имп. макс.} \quad (2)$$

Провал на диаграмме $U_{имп}(t)$ обусловлен особенностями схемы.

Цель испытаний импульсами - определение стойкости приборов к воздействию импульсной перегрузки. Испытания проводились при воздействии ступенчато увеличивающейся нагрузки. На первой ступени условия и режим испытаний соответствуют условиям, предусмотренным в технических условиях. На каждой следующей ступени электрический режим увеличивают так, чтобы обеспечить повышение температуры p-n-перехода на 20-30°C за счет роста мощности тока. При определенном значении $P_{имп}$ возникал отказ ограничителя напряжения.

На рисунках 7,8 представлены диаграммы $I_{имп}(t)$ и $U_{имп}(t)$ в момент отказа ограничителя напряжения.

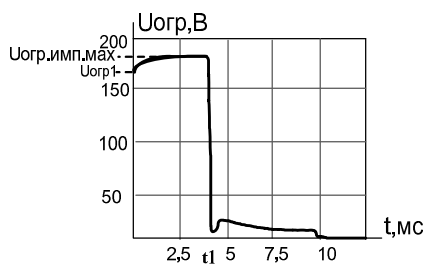


Рис. 7. Диаграмма $U_{огр}(t)$ в момент отказа.

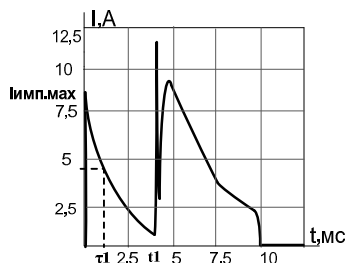


Рис. 8. Диаграмма $I_{имп}(t)$ в момент отказа.

Данная методика оценки недостаточно точно оценивает $P_{имп}$ по (1) для экспоненциальной формы импульса.

Предлагается другая методика оценки выделяющейся мощности в момент прохождения импульса через полупроводниковую структуру. Предлагаемая методика предполагает рассчитывать энергию, выделившуюся в момент прохождения импульса $E_{имп}$ по диаграммам момента отказа (рис. 7,8). На диаграмме видно, что до определенного момента t_1 значение тока уменьшается по экспоненте.

$$I_{имп}(t) = I_{имп.мах} \cdot e^{-t/\tau_1}, \quad (3)$$

где τ_1 определяем визуально как время, при котором $I = 1/2 \cdot I_{имп.мах}$.

$U_{огр}$ выражаем как линейную функцию:

$$U_{огр}(t) = U_{огр.1} + a \cdot t, \quad (4)$$

Где a – коэффициент, который определяется визуально

$$a = (U_{огр.имп.мах} + U_{огр.1})/t_1 \quad (5)$$

В момент t_1 амплитуда тока резко возрастает, а $U_{огр}$ резко уменьшается. Происходит вторичный тепловой пробой, обусловленный выделением значительной тепловой энергии в $p-n$ -переходе при воздействии импульсов тока. Тепловой вторичный пробой вызывает резкое уменьшение обратного сопротивления $p-n$ -перехода при подаче на него напряжения, превышающего пробивное.

Анализ характера повреждения $p-n$ -перехода при вторичном пробое показывает, что явление вторичного пробоя в обратносмещенном $p-n$ -переходе – результат достижения температуры, соответствующей собственной проводимости, в локализованной области на слаболегированной стороне перехода.

С учетом (1) и (2) получим выражение $P_{имп}(t)$

$$E_{имп}(t) = \int_0^{t_1} I_{имп}(t) \cdot [U_{огр}(t) - I_{имп}(t)] \quad (6)$$

Подставив выражения (3)-(5), получим

$$E_{имп}(t) = \int_0^{t_1} I_{имп.мах} \cdot e^{-t/\tau_1} \cdot [(U_{огр.1} + a \cdot t) - I_{имп.мах} \cdot e^{-t/\tau_1}] \quad (7)$$

По описанным методикам были сделаны расчеты результатов испытаний на воздействие ОМИТ на ограничители напряжения. Испытания проводились при воздействии импульсов различной длительности.

Ограничители напряжения исследовались с различными геометрическими параметрами (толщина базы $l_1 = 295$ мкм и $l_2 = 120$ мкм).

Сопротивление базы пропорционально толщине $R_{б} \sim l$
 $R_{б1}/R_{б2} = l_1/l_2$ (8)

$$R_{б1}/R_{б2} = 295/120 = 2,46$$

Поставлена задача исследовать зависимости $P_{имп}(t)$.

В таблице 1 результаты расчетов $P_{имп}$ по разработанной методике.

Таблица 1. Расчет $P_{имп}(t)$

Римп, кВт	Длительность импульса, мс			
	1	2	5	10
толстая база	3,1	2,8	2,5	2,5
тонкая база	2,9	2,1	1,7	1,7

В таблице 2 представлены результаты расчетов $E_{имп}$ по предлагаемой методике

Таблица 2. Расчет $E_{имп}(t)$

Eимп, Дж	Длительность импульса, мс			
	1	2	5	10
толстая база		5,4	7,0	9,3
тонкая база	2,6	3,1	4,1	6,0

Предлагаемый метод даёт возможность оценить зависимость стойкости к импульсным перегрузкам от толщины базы и длительности импульса. Изменяя геометрические и электрофизические параметры структуры и проводя исследования по предлагаемой методике, мы получим возможность оценить стойкость полупроводниковой структуры к импульсным перегрузкам.

Список литературы:

1. СС613 ПС;
2. ГОСТ РВ 20.57.416;
3. Статья «Кремниевые ограничители напряжения — эффективные элементы защиты радиоэлектронных устройств» Станислав Скорняков, Владимир Павлов, Ахмед Рахматов, http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008_3_70.pdf;
4. Лысенко А. П. «Физические процессы в p-n-переходе», Москва 2008;
5. Р. Маллер, Т. Кейминс. Элементы интегральных схем. М., «Мир», 1989;
6. Ступельман В.Ш., Филаретов Г.А. Полупроводниковые приборы. М., «Сов. Радио», 1973.

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВТОРОЙ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ В ЗС ТИПА ЦСР С РАЗНЫМИ ЩЕЛЯМИ СВЯЗИ

И.С. Омельчук

факультет Электроники и телекоммуникаций

В мощных лампах бегущей волны (ЛБВ) широко применяются замедляющие системы (ЗС) типа цепочек связанных резонаторов (ЦСР) и подобные им ЗС с петляющим потоком энергии, например встречные штыри. В типичной ЗС ЦСР, схема которой приведена на рис. 1, соседние щели связи одинаковые и повернуты на 180° , так что поток энергии также поворачивается на 180° . В таких ЗС рабочей является 1-я пространственная гармоника электромагнитного поля в основной полосе пропускания ЗС.

В настоящей работе рассматриваются свойства петляющих ЗС типа ЦСР с разными щелями связи, в том числе возможности работы таких ЗС во второй полосе пропускания и увеличения рабочей частоты ЛБВ.

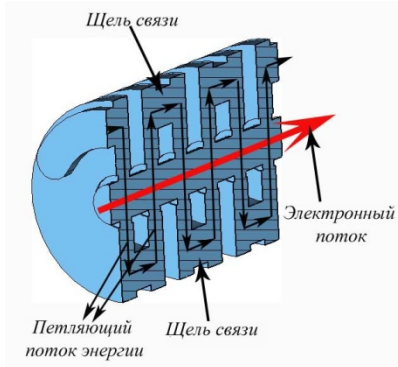


Рис. 1. Схема ЗС ЦСР с одинаковыми щелями связи.

Электродинамические свойства петляющей ЗС в однододовом приближении можно описать волноводно-резонаторной моделью (ВРМ)[1], представляющей цепочку последовательно включенных «звеньев» цепочки – отрезков волноводов, резонаторов, щелей связи и др.(рис.3). Аналогично в слоистой среде каждый слой можно рассматривать как отдельное звено (элемент) цепочки. В обоих случаях структуру можно представить цепочкой четырехполюсников с подключенными входной Y_0 и выходной Y_n проводимостями нагрузки (рис. 2).

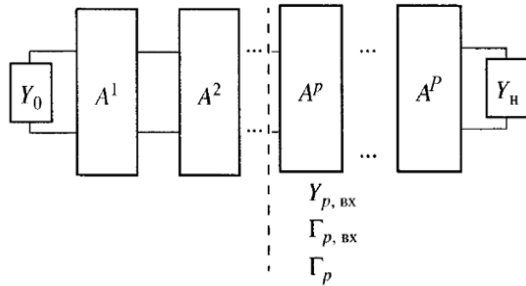


Рис. 2. Модель ЗС и слоистой среды в виде цепочки четырёхполюсников.

В общем случае четырехполюсники не идентичны, а их число P не совпадает с числом зазоров взаимодействия Q в ЗС. Фильтровые свойства, полосы пропускания и запирающие системы описываются частотной зависимостью входного коэффициента отражения $\Gamma_{ex}(\omega)$.

Для вычисления коэффициента отражения можно использовать стандартные процедуры перемножения матриц передачи A^P или известные программы вычисления матриц рассеяния электродинамических систем.

Простейшей ВРМ для петляющей ЗС является четырехэлементная периодическая структура из 4-х отрезков волноводов на периоде (рис. 2), позволяющая описать основные свойства ряда ЗС в низших полосах пропускания.

Рассмотрим ВРМ из четырёх отрезков волноводов (рис. 2) при учете в каждом из них только одной волны с волновым числом h и волновым сопротивлением Z .

Для прямоугольного волновода это волна типа H_{10} с компонентами электрического поля

$$H_x = -i \frac{h}{k_{sp}} C \sin k_{sp} x e^{i h z},$$

$$E_y = i C \frac{k}{k_{sp}} Z_0 \sin k_{sp} x e^{i h z},$$

$$E_x = E_z = 0, H_y = 0,$$

где $k = \frac{\omega}{c}, Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$ – волновое число и импеданс в сво-

бодном пространстве, $k_{кр} = \frac{\pi}{a}$ – критическое волновое

число волны H_{10} волновода, оси x, y, z направлены соответственно вдоль широкой стенки размером «а», узкой стенки размером «b» и продольной оси рассматриваемого отрезка волновода. В общем случае для составления ВРМ можно использовать отрезки волноводов любого сечения.

Такая ВРМ приближенно описывает основные свойства ЗС, по крайней мере, в первых двух полосах прозрачности и непрозрачности для ЗС петляющего типа (петляющий волновод, встречные штыри, цепочка связанных резонаторов со щелями связи, повернутыми на 180°), а также для спирального скрученного волновода.

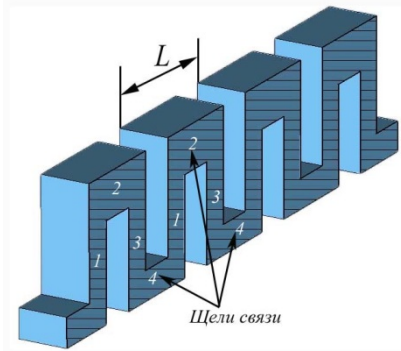


Рис. 3. Волноводно-резонаторная модель петляющей ЗС, в частности с разными щелями связи

Используем определение волнового сопротивления прямоугольного волновода Z как отношение среднего по x напряжения U к поверхностному току J вдоль оси волновода [4].

Матрица передачи на одном периоде ЗС (см. рис. 3) получается как произведение четырех матриц $A = A^1 A^2 A^3 A^4$. Уравнение дисперсии имеет вид

$\cos \psi(\lambda) = \frac{A_{11} + A_{22}}{2}$, где $\psi(\lambda)$ – фазовый сдвиг на период. Замедление m -ой пространственной гармоники волны ЗС связано с фазовым сдвигом соотношением:

$$\frac{c}{V_m} = \frac{\psi_m}{kL} = \left(\frac{\psi}{2\pi} + m \right) \frac{\lambda}{L}$$

Рассмотрим два случая. Возьмем сначала систему, у которой $Z_3 = Z_1, Z_2 = Z_1^2 / Z_4$, а набег фаз на каждом отрезке будем брать из учета: $\theta_3 = \theta_1, \theta_4 = \theta_2$. Это система с разными щелями связи (отрезки 2 и 4, рис.3), причем соотношение волновых сопротивлений щелей удовлетворяет записанному условию, а их электрические длины одинаковы. При этих условиях $\Gamma_{1,ex} = 0$, т.е. система как бы внутренне согласована.

В итоге получаем уравнение дисперсии основной волны в ЗС с неравными щелями связи.

$$\cos \psi = \cos[2(\theta_1 + \theta_2)] + \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{Z_4}{Z_1} + \frac{Z_1}{Z_4} \right) \right] \sin 2\theta_1 \sin 2\theta_2 + \left[1 - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{Z_4}{Z_1} \right)^2 + \left(\frac{Z_1}{Z_4} \right)^2 \right) \right] (\cos \theta_1 \sin \theta_2)^2 \quad (8)$$

Преобразуя выражение для замедления в ЗС с неравными щелями получаем окончательное выражение для замедления:

$$\frac{c}{V_m} = \left(\frac{\psi(\lambda)}{2\pi} + m \right) \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2(\theta(\lambda)_1 + \theta(\lambda)_2)}{2\pi} \frac{L}{2(l_1 + l_2)} \right)^2 + \left(\frac{L}{\lambda_{sp}} \right)^2}}$$

Рассмотрим теперь обычно применяемую систему с одинаковыми щелями связи (отрезки 2 и 4), для которой $Z_3 = Z_1$, $Z_2 = Z_4$, $\theta_3 = \theta_1$, $\theta_4 = \theta_2$. Уравнение дисперсии для неё имеет известный вид

$$\cos \frac{\psi}{2} = \cos \theta_1 \cos \theta_2 + \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{Z_2}{Z_1} + \frac{Z_1}{Z_2} \right) \right) \sin \theta_1 \sin \theta_2$$

для сдвига фазы $\psi/2$ на один шаг, т.е. половину периода.

Результаты расчета дисперсионных характеристик для ЗС с равными и неравными щелями связи приведены на рис 4,5.

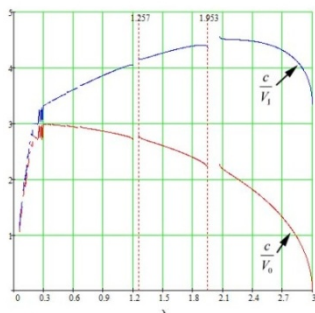


Рис. 4. Замедление для системы с равными щелями связи для 0-ой и 1-ой пространственных гармоник

$$l_1/l_2 = 2, Z_1/Z_2 = 1.2, \lambda_{sp} = 3 \text{ мм}$$

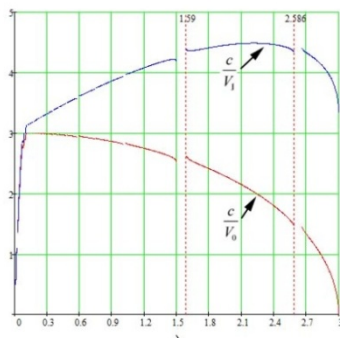


Рис. 5. Замедление для системы с неравными щелями связи для 0-ой и 1-ой пространственных гармоник

$$l_1/l_2 = 2, Z_1/Z_4 = 1.2, \lambda_{sp} = 3 \text{ мм}$$

Видно, что вторая полоса пропускания для ЗС с неравными щелями больше, чем первая и замедление в этой полосе на 1-ой пространственной гармонике может слабо меняться с частотой, если подобрать соответствующие геометрические размеры ЗС. Поэтому можно ожидать большую полосу усиления в ЛБВ при работе во второй полосе пропускания

Сравнивая приведенные на рис. 4,5 результаты, можно сказать, что при размерах одного порядка система с неравными щелями связи позволяет работать на более высоких частотах в широкой полосе пропускания. Это может оказаться полезным для ЛБВ миллиметрового диапазона.

Заключение

С использованием волноводно-резонаторной модели ЗС исследованы частотные свойства ЗС петляющего типа с неравными щелями связи. Показано, что в таких системах существует возможность увеличить полосу усиления в

ЛБВ во второй полосе пропускания ЗС. Из полученных результатов видно, что при одинаковых размерах ЗС с неравными щелями позволяет работать на более высоких частотах и в более широкой полосе пропускания, чем обычная система с одинаковыми щелями связи.

Список литературы:

1. Мухин С.В., Ломакин О.Е., Солнцев В.А. // РЭ. 1988. Т. 33. № 8. С. 1637.
2. Силян Р.А., Чепурных И.П. // РЭ. 1990. Т. 35. № 5. С. 939.
3. Солнцев В.А., Никонов Д.Ю. // РЭ. 2006. Т. 51. №8. С.1008–1018
4. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. М.: Высшая школа, 1970. Т. 1.

ПОЛУСФЕРИЧЕСКИЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ СКАНЕР

И.С. Капитонов

факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

Аннотация

В данной работе рассматривается возможность построения трёхмерного пространственного сканера для решения проблем проектирования комплексных систем, таких, как системы пожаротушения и охраны.

Проблема

В настоящее время проектировщики комплексных систем, например, систем пожаротушения или охраны, для функционирования которых требуется прокладка кабелей, труб и установка небольших приборов в помещениях, сталкиваются с трудностями при расчёте количества требуемых материалов. Речь идёт о проблемах, вызванных разницей между проектной внутренней планировкой зданий и реальным положением дел. В таком случае необходим выезд на объект сотрудников с целью проведения замеров для составления «реального» плана здания – трёхмерной модели. Следует отметить, что обычно здания внутри состоят из фигур: плоскость, изогнутая плоскость. Это и отличает моделирование построек от моделирования, например, автомобилей или объектов скульптуры.

Теоретическое решение

Из простоты модели вытекают следующие необходимые шаги моделирования: снятие точек в углах помещений, снятие точек на изгибах стен, если таковые есть, обтяжка точек плоскостями, создание изогнутых плоскостей по средней точке, конвертация в формат редактора, в котором ведётся разводка коммуникаций.

Разобьём этот процесс на два этапа: этап измерения и этап обработки данных. Для снятия точек необходим специальный аппарат. Давайте рассмотрим доступные на рынке варианты.

1. Все необходимые замеры произвести вручную при помощи рулетки, записать.
2. Воспользоваться типовыми решениями автоматических лазерных 3D сканеров.

Недостатками обоих методов является трудоёмкость. В первом случае из-за большого количества ручной работы непосредственно с рулеткой, во втором с обработкой множества точек для получения простых форм.

Рассмотрим основные требования, которым должно удовлетворять новое устройство, позволяющее упростить процесс моделирования.

- Точность. Для моделирования помещений хватит точности в 1см.

- Скорость. Складывается из скоростей определения нужной точки в пространстве и скорости замеров. Чем она больше, тем лучше.

- Охват. Возможность теми или иными средствами пройти при помощи прибора максимально возможный объём. Аналогично скорости, максимум.

Разработку можно подразделить на две части: аппаратную, включающую в себя непосредственно прибор для измерений пространства и программу – обработчик полученных показаний. Так же следует учесть интерфейс передачи данных между ПК с программой и прибором.

За основу аппаратной части принят лазерный дальномер, закреплённый на подвижной конструкции, дающей датчику расстояния 2 степени свободы по 180 градусов вокруг двух перпендикулярных осей. Так как автоматический захват множества точек пространства для решения поставленной проблемы не востребован, достаточно ручное наведение измерителя на точку в пространстве (например, в угол помещения). Возможны 2 варианта наведения дальномера: ручное, подразумевающее под собой вращение перемещение дальномера оператором при помощи рук, и электрическое – при помощи сервоприводов. Таким образом, в первом случае необходимо измерить 2 угла, на которые повернули дальномер, и считать с него показание; во втором подразумевается управление при помощи манипулятора непосредственно на приборе (аппаратной части сканера) кнопками или при помощи компьютера через интерфейс USB. Дальномер – одна из наиболее сложных и дорогих составляющих прибора. Предполагается использование оптического датчика расстояния, работающего в видимом спектре излучения (650 нм, красный). Точку, до которой будет измерено расстояние, легко увидеть.

Для решения проблемы моделирования помещений ПО может быть как установлено на портативный ПК для управления сканером, и моментального отображения точек, так и на любой другой компьютер в случае, если не требуется наблюдать работу сканера в реальном времени, и он может сохранять результаты своих измерений на внешний накопитель. Возможности современных трёхмерных графических редакторов таких, как Maya, Blender, 3DS Max позволяют добавлять к интерфейсу программы пользовательские панели и обрабатывать сценарии. Таким образом, программное обеспечение для работы со сканером может быть полностью встроено в графический редактор. Однако, нельзя исключать возможности написания собственной программы средствами Open GL и языка C++. В таком случае к программе необходимо добавить модуль, позволяющий сохранять результаты измерений и/или уже готовые модели в одном из популярных форматов, например, OBJ. Формат позволяет сохранить позицию каждой вершины, связь текстур с вершинами, нормали для вершин, параметры создания полигонов. Так же ПО должно поддерживать возможность перемещения сканера в указанную им же самим точку для расширения охвата.

Связь между программой и сканером можно обеспечить в двух временных ключах: реального времени и для обработки через неопределённое время, с сохранением в файл результатов измерений – в зависимости от потребностей пользователя. Для обеспечения связи в реальном времени можно воспользоваться наиболее популярным на сегодняшний день интерфейсом USB в случае проводной передачи данных или же Bluetooth для беспроводного соединения, что нежелательно. Для упрощения передачи данных по шине USB можно прибегнуть к USB-USART преобразователю, например, ИМС, sp1202, драйверы на который позволяют отображать компьютеру данное устройство как COM-порт. В случае сохранения данных в файл целесообразно использовать FLASH накопитель дан-

ных формата SD или SDHC ввиду простоты его интерфейса. Однако, карты SD почти не выпускаются, и с каждым днём их становится всё меньше и меньше на рынке, поэтому, поддержка накопителей SDHC хоть и не оправдана по возможному количеству хранимых данных, но позволит избавиться от сложностей при окончательном уходе с рынка карт формата SD.

Для целей исследования был создан прототип устройства, и написано ПО.

Аппаратная часть прибора построена на микроконтроллере Atmel ATmega2560 в составе Arduino-совместимой платы DFRobot Mega2560. Программа для микроконтроллера с целью ускорения прототипирования была написана на языке Wiring. Для целей тестирования и отладки устройства, к микроконтроллеру подключены 8 светодиодов и 6 кнопок, 4 из которых функционируют для задания угла. Так же используется один интерфейс UART для обмена данными с компьютером, 2 вывода ШИМ для серводвигателей, и один АЦП для преобразования к числовому виду величин с лазерного дальномера. Связь с компьютером осуществляется посредством интерфейса USB с помощью UART-USB конвертора FTDI FT232RL.

Практическая реализация. Прототип.

Лазерный дальномер. Стоял небольшой выбор приборов доступных для использования в подобных целях. Была возможность как заказать датчики, работающие по принципу триангуляции, определяющие расстояние до точки по изображению с установленной камеры, так и модернизировать «электронную рулетку» BOSH DLE40/50, так как внутри обеих стоят одинаковые и хорошо известные схемы измерения фазового сдвига от отражённого светового импульса, работающие вместе с микроконтроллерами ATmega169. Однако, выбор пал на покупку промышленного оптического датчика расстояния IFM Electronic 01D100. Фирма IFM Electronic активно продаёт б/у экземпляры своих приборов студентам для учёбы, с большими скидками. Таким образом, в приборе установлен дальномер, измеряющий расстояния от 0.2м до 10м с точностью в 1мм. Работает датчик по принципу измерения времени полёта светового импульса, опираясь на фазовый сдвиг между переданным и принятыми сигналами. Измерение происходит 50 раз в секунду, результат отображается на светодиодном цифровом индикаторе и в виде напряжения, величины, пропорциональной расстоянию (0-10В), на выходном проводе. Недостатками измерителя стали отсутствие цифрового интерфейса для выдачи расстояния (хотя бы интерфейса CAN, широко применяемого на производстве) и большой вес (0.3кг).

Подвижной механизм выполнен с использованием двух сервоприводов DFRobot DF05BB и Avionix 3770B с угловым усилием в 5 и 7 кг соответственно, и одного комплекта металлических частей DFRobot tilt/pan kit. Таким образом, манипулятор обеспечивает перемещения дальномера с двумя ранее упомянутыми степенями свободы по 180 градусов, и даёт возможность полного полусферического охвата лучом лазера пространства над манипулятором. Сервоприводы работают от напряжения 5-6В при токе до 2А на каждый. Управление осуществляется широтно-импульсным сигналом на частоте 50 Гц, это стандарт для сервомашин в «любительской» робототехнике. Обе сервомашинки имеют цифровой блок управления, однако, Avionix 3770B не может управляться стандартным ШИМ сигналом. Её электронная схема не отслеживает изменений сигнала, потому, перед тем, как установить привод на нужный угол, необходимо подать низкий уровень (лог. ноль) на её вход, на 50мкс, затем, на 100мкс высокий уровень, после чего снова низкий на 50мкс, затем, подавать нормальный управляющий сигнал. Времена были подоб-

раны вручную, причины возникновения проблемы неизвестны. С приводом DFRobot DF05BB подобных проблем не возникало.

За основу программной части проекта был взят графический редактор **Blender 3D** — свободный пакет для создания трёхмерной компьютерной графики, включающий в себя средства моделирования, анимации, рендеринга, постобработки видео, а также создания интерактивных игр. Основной причиной выбора стало наличие хорошей документации к встроенному средству расширения функционала – Blender API. Так же свою роль сыграла свободная лицензия GNU GPL и цена – пакет бесплатен. Был встроен модуль управления сканером в виде панели с кнопками. Функции, обрабатывающие нажатия кнопок, в совокупности позволяют:

- устанавливать соединение с разработанным прибором
- задавать углы поворота манипулятора
- посылать команды изменения углов манипулятора на 1 «шаг» (0.703 градуса)
- считывать показания с дальномера
- получать значение углов (на случай, если пользователь подвинул манипулятор кнопками на корпусе прибора)
- строить в рабочем трёхмерном пространстве точку, соответствующую двум углам и одному расстоянию в пространстве относительно его центра – прибора.

Итог

Собранный прототип прибора и написанная программа требуют доработки, однако, частично с поставленной задачей справиться они могут. Так же требует полной переработки весь блок электроники, что естественно ввиду того, что вместо целенаправленной схемы в приборе установлена arduino-совместимая плата с микроконтроллером. Механическая часть проявила недостатки «любительских сервомашин». Так же раскрыта необходимость создания новой конструкции для промышленных сервоприводов, обеспечения возможности грамотного расположения кабелей.

Суммарные характеристики:

Охват: полусфера.

- «Дальность» -- 0.2-7м.
- Точность
 - - Расстояние: 0.7-4см.
 - - Угол 0.73 градуса

Ближайшими аналогами данного устройства являются хорошо известные на рынке «электронные рулетки», или близкие к ним приборы, такие, как, Leica 3D Disto, однако, они не достаточно автоматизированы, и не могут выполнять тех же функций, что и проектируемое в настоящий момент устройство. Конкурирующие продукты более высокого уровня являются ручными устройствами, не подходящими оптимальным образом для решения проблемы. Ещё более дорогие (от 100 000\$) устройства имеют практически безграничные возможности как по точности измерения расстояния, так и по близости расположения точек. Использование таких устройств ставит две проблемы: выделение нужных точек и проблему, связанную с ценой – не каждый проектировщик имеет лишних 100 тысяч Долларов на оборудование с колоссальными возможностями, большая часть из которых и не нужна. Можно уверенно утверждать, что серийно выпущенное устройство за разумную цену порядка полутора тысяч долларов найдёт покупателя на рынке, и будет востребовано.

Список литературы:

1. Гусев В.Г. Гусев Ю.М. Электроника. Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1982.-495с, ил.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: пер. с англ. – Изд. Шестое М.: Мир, 2001. – 704с, ил.
3. Белов А.В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. - Наука и техника, 2008г.

Благодарности

Выражаю благодарность за предоставленное оборудование компании IFM Electronic. <http://goo.gl/hyP35>
Страница с описанием датчика: <http://goo.gl/RISWA>

КОНТРОЛЬ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОСРЕДСТВОМ АИС

С.В. Юшин

факультет Электроники и телекоммуникаций

В настоящее время электроника характеризуется широким применением интегральных микросхем (ИМС), что связано со значительным усложнением задач и повышением требований, предъявляемых к электронным изделиям, что приводит к росту в ней числа элементов, количество которых непрерывно растет. Создаваемые сейчас сложные системы включают в себя десятки миллионов элементов. В таких условиях исключительно важное значение принимает проблема контроля качества и надежности электронных изделий и компонентов.

Обеспечение надёжности и качества микроэлектронных изделий – сложнейшая комплексная задача, связанная со всеми сферами деятельности человека и включающая множество инженерных и научных решений.

К качеству и надёжности современной микроэлектронной аппаратуры предъявляются очень высокие требования, независимо от того, в какой сфере деятельности человека они будут она будет применяться, будь это управление ракетами, авиационные объектами или атомными электростанциями.

Таким образом, при значительных объемах производства сложных изделий ключевой операцией, позволяющей проверить качество изделия и не допустить брак до потребителя, является операция контрольного испытания. К потребительским видам этой операции относят такие важнейшие составляющие проверки качества микроэлектронных изделий как функциональный и параметрический контроль.

Функциональный контроль (ФК) заключается в подаче на объект контроля (ОК) входного набора сигналов, формировании выходного эталонного набора сигналов и получении результатов логического сравнения эталонного и выходного (с ОК) наборов сигналов.

Сегодняшнее положение дел в отечественной электронной промышленности требует внедрения новых средств контроля качества изделий микроэлектроники, в частности, оборудования ФК. Основные фонды контрольно-измерительного оборудования стремительно устаревают как морально, так и физически. Их эксплуатация сопряжена с повышенными расходами на электроэнергию и учащающейся потребностью в ремонте, что, в свою очередь, может приводить к остановкам производственного процесса. Все это повышает и без того значительные затраты на операции контроля. Выходом из сложившейся проблемной ситуации является разработка новых систем ФК с применением современной элементной базы.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Я.С. Мешков

факультет Электроники и телекоммуникаций

На этапе входного и выходного контроля, а так же на промежуточных этапах производства микроэлектронных изделий необходим тщательный подбор комплекса контрольно-измерительного оборудования для исследования параметров изделия с заданной точностью. При этом нужно иметь в виду разнообразие разрабатываемых и выпускаемых изделий и, соответственно, большое число контролируемых параметров и диапазонов изменения их значений, а также и различие реакций различных испытываемых устройств на входные воздействия. В связи с этим использовать один-единственный измерительный комплекс на все случаи жизни на сегодняшний день кажется совершенно невозможным.

Для решения проблем, связанных с контролем качества микроэлектронных изделий необходимо создание измерительного комплекса и методики контроля микроэлектронных изделий, отвечающих требованиям точности, скорости и автоматизации.

Для обеспечения приведенных выше требований необходимо использовать современные технологии в области измерений - автоматизированные измерительные системы (АИС).

АИС представляет собой совокупность технических средств, как правило, блочно-модульного исполнения, объединенных общим алгоритмом функционирования, характеризующихся комплексом нормированных метрологических характеристик и предназначенных для автоматического (автоматизированного) получения информации об объекте измерений, ее обработки, хранения и представления в форме, доступной для восприятия оператором и (или) ввода в управляющую систему. Таким образом, АИС является сложным техническим образованием и состоит из ряда взаимосвязанных и взаимодействующих функционально самостоятельных подсистем (измерительных каналов, блоков), воспринимающих и выдающих измерительную информацию в соответствующей форме.

Таким образом, на сегодняшний день актуальной проблемой является вопрос создания универсальной автоматизированной измерительной системы и методики контроля микроэлектронных изделий и компонентов на всех этапах производства.

Многофункциональные модульные системы сочетающие в себе не только цифровые каналы но и каналы параметрического тестирования как правило используются редко потому что имеют очень высокую цену и существенные ограничения на ввод в РФ.

Проведенный анализ современного состояния дел показывает, что среди модульных систем наиболее перспективными широко распространены системы на основе стандартов VXI (Teradyne, EADS NA Defence b и др.) и PXI (Marvin Geotest и др.).

Основная сложность данной задачи лежит в проблеме обеспечения баланса между универсальностью системы и её избыточностью, громоздкостью и сложностью. Поэтому, возможно, необходимо разделить микроэлектронные изделия и компоненты на несколько классов и провести разработку систем для каждого класса в отдельности.

Список литературы:

1. [<http://www.bibliofond.ru>]
2. [<http://www.russianelectronics.ru>]
3. [<http://www.rae.ru>]
4. [<http://www.aktakom.ru>]
5. [<http://relec.ru>]

Оборудование современного производства должно длительно функционировать в условиях, когда оператор либо вообще исключен из цепочки технологического процесса, либо его функции сводятся лишь к периодическому контролю состояния оборудования и хода технологического процесса.

По мере развития и совершенствования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) производство все больше автоматизируется. В связи с заменой операторов на автоматические информационно-измерительные системы (ИИС) возникает проблема обеспечения надежности ИИС, в первую очередь датчиков различных физических величин.

Эффективность функционирования АСУТП значительно снижается из-за необходимости проведения поверочных работ, связанной с оценкой метрологических характеристик датчиков.

По прошествии регламентированных сроков или определенного времени наработки датчики демонтируются с рабочих позиций и направляются в метрологические лаборатории для поверки. При этом АСУТП перестает выполнять свое функциональное назначение на определенный срок, определяемый максимальной длительностью цикла поверочных работ всех датчиков. Это время в существенной степени зависит от численности и квалификации работников метрологической службы, наличия необходимых образцовых средств измерения и рационального планирования последовательности поверок датчиков различных физических величин.

С целью снижения простоя АСУТП целесообразно располагать, как минимум, еще одним комплектом датчиков. Тогда замена датчиков в АСУТП может осуществляться по разработанному графику. Но из-за того, что отдельные датчики могут отказать, возникает необходимость иметь, как минимум, еще резервный комплект датчиков. Но даже при наличии двух резервных комплектов датчиков эффективность функционирования АСУТП может оказаться низкой из-за возможности выхода его основных метрологических характеристик за допустимые пределы внутри межповерочного интервала. Поэтому возникает необходимость резервировать те датчики, от показаний которых в значительной мере зависит качество выпускаемой продукции.

Эффективность функционирования АСУТП можно существенно повысить, если располагать возможностью поверки датчиков без их демонтажа с рабочих позиций. При этом возможные методы практической реализации этого положения можно классифицировать на три группы:

1. Методы, в основу которых положена транспортировка образцового средства измерений к месту расположения датчика и осуществление поверочных работ непосредственно в рабочих условиях.

2. Методы, основанные на включении в конструкцию датчика встроенного средства поверки, состоящего из специальных устройств, подающих на его вход требуемые при поверке уровни входного сигнала, по величине уровней, их количеству и точности воспроизведения соответствующие сигналам образцового средства измерений.

3. Методы, основанные на оценке реакции датчика на определенное воздействие на измерительный (входной)

преобразователь какой-то тестовой физической величины, по своей природе сходной с измеряемой величиной или отличной от измеряемой датчиком естественной входной величины.

Проведенный анализ показывает, что наиболее эффективным методом повышения точности и метрологической надежности измерительных преобразователей, работающих в составе ИИС, является применение метода образцовых сигналов в сочетании с автоматической коррекцией погрешностей.

С позиции классической метрологии такой метод не обеспечит поверки датчика, однако проверка работоспособности датчика таким методом может заменить традиционную поверку при условии стабильности тестовой величины на уровне, соответствующем образцовому средству измерений.

Список литературы:

1. Чернышова, Т.И. Прогнозирование метрологической надежности электронных измерительных средств с учетом влажности / Т.И. Чернышова, М.И. Нистратов // Проектирование и технология электрон. средств. – 2007.
2. Peck, D. Stewart. Comprehensive Model for Humidity Testing Correlation / D. Stewart Peck // 24th Annual Proceedings of the International Reliability Physics Symposium, IEEE. – 1986. – P. 44–50.
3. Мищенко, С.В. Метрологическая надежность измерительных средств / С.В. Мищенко, Э.И. Цветков, Т.И. Чернышова. – М. : Машиностроение, 2001. – 218 с.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ КРОМОК ОДНОСЛОЙНЫХ И МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В ПРОГРАММЕ MathCAD

Э.А. Закирова

факультет Электроники и телекоммуникаций

Одним из приоритетных направлений развития современных печатных плат является переход от двумерных конструкций к трехмерным многослойным структурам. При этом решение задач анализа микрополосковых СВЧ устройств на таких многослойных платах подтверждает возможность обеспечения заданного распределения электромагнитного поля в структуре и, как следствие, улучшения выходных параметров проектируемого устройства [1, 2].

Особую роль при проектировании микрополосковых СВЧ устройств играют потери на паразитное излучение кромок многослойных печатных плат. Сочетание металлических и диэлектрических элементов плат усложняет физические процессы в таких структурах, приводит к явлениям дифракции, взаимной трансформации типов волн, их излучению и переизлучению [3, 4].

Рассмотрим предложенную авторами конструкцию модифицированной печатной платы с подвешенной подложкой [2]. Отличительной особенностью такой платы является то, что диэлектрическая подложка выполняется многослойной, с числом слоев не менее трех, толщиной каждого слоя равной четверти рабочей длины волны и линейно уменьшающимся от плоскости экрана к плоскости импедансных проводников волновым сопротивлением (рис.1). Использование такой конструкции платы позволяет обеспечить согласование ее диэлектрических слоев между собой с линейным уменьшением их волнового сопротивления от плоскости экрана к плоскости импедансных проводников, что позволяет избежать возникновения отра-

женной волны в поперечном сечении, и проектировать микрополосковые СВЧ устройства с улучшенными характеристиками.

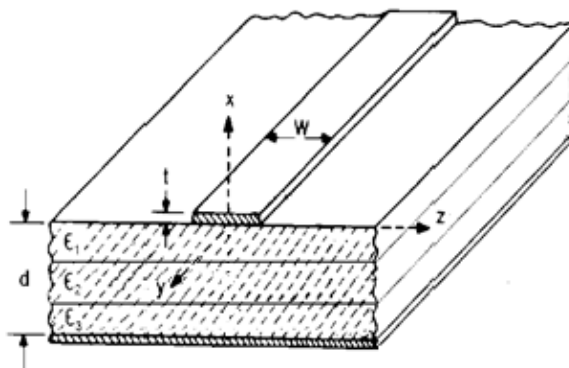


Рис. 1. Модифицированная печатная плата с подвешенной подложкой.

В данной работе проводится аналитическое моделирование излучения кромок многослойной печатной платы, выполненное на основе соотношений, полученных в работе [3], а также подтвержденное с помощью программных средств MathCAD.

В качестве первой модели рассмотрено излучение открытого конца однослойного плоскопараллельного волновода, который имитирует обрыв микрополосковой структуры. Основным интерес в этом случае представляют колебания типа E_0 при условии, что $d/\lambda \ll 1$.

Диаграмма направленности открытого конца плоскопараллельного волновода или кромки однослойной микрополосковой структуры в полярной системе координат $x = \rho \sin \vartheta$, $z = \rho \cos \vartheta$ получена в виде

$$F_1(\theta) = \left[1 + j \frac{kd(\epsilon_1' - \cos^2 \theta)}{\epsilon_1' \sin \theta} \right]^{-1} \quad (1)$$

Влияние обрыва однослойной диэлектрической подложки на характеристики излучения исследуется на основе второй модели, содержащей кромку структуры и ограниченный участок диэлектрической подложки.

Обрыв слоя диэлектрика приводит к тому, что электрические токи на экране, индуцированные компонентой поля H_y^S , существуют на ограниченном участке экрана длиной L . Такая площадка с током является излучающей, т.е. происходит частичная трансформация поверхностной неизлучающей волны в пространственную излучающую волну.

Для определения вклада в поле излучения этого дополнительного источника найдена поверхностная плотность электрического тока на экране, с помощью интегрирования этого выражения с компонентой функции Грина $G_{21,yz}$. Используя далее метод перевала, для дальнейшей зоны получена формула для компоненты напряженности магнитного поля в случае однослойной печатной платы:

$$H_y' = -\sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} \sqrt{\frac{1}{\lambda \rho}} e^{-j(k\rho - \frac{\pi}{4})} F_2(\theta)$$

$$\text{где } F_2(\theta) = \alpha k L \sin \theta e^{-j\beta k L / 2} \frac{\sin(\beta k L / 2)}{\beta k L / 2} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\epsilon_1' - 1}{\epsilon_1'} kd, \quad \beta \approx 1 + \frac{\alpha^2}{2} - \cos \theta$$

Здесь $F_2(\theta)$ представляет собой диаграмму направленности линейного электрического тока, бегущего вдоль оси oz с замедленной фазовой скоростью. Фазовый центр излучения находится в точке $z = L/2$.

Другим источником дополнительного вторичного излучения является скачок компонент поля E_x^S и H_y^S в сечении по всей высоте структуры $-d \leq x \leq \infty$. Используя ту же методику, что и в предыдущем случае, получено:

$$H_y'' = -\sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} \sqrt{\frac{1}{\lambda \rho}} e^{-j\left(k\rho - \frac{\pi}{4}\right)} (1 + \cos\theta) \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \sin^2\theta} e^{-jkL(1-\cos\theta)}$$

Из последней формулы следует выражение для диаграммы направленности

$$F_3(\theta) = (1 + \cos\theta) \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \sin^2\theta} e^{-jkL(1-\cos\theta)},$$

где $F_3(\theta)$ является диаграммой линейного распределения синфазно возбуждаемых элементов Гюйгенса (множитель $(1 + \cos\theta)$) с убыванием амплитуды по экспоненциальному закону при удалении от экрана.

В результате аналитическое выражение для диаграммы направленности кромки тонкой однослойной микрополосковой структуры с учетом обрыва диэлектрической подложки определяется тремя составляющими или суммой (1), (2) и (3):

$$F(\theta) = \left[1 + j \frac{kd(\epsilon_1' - \cos^2\theta)}{\epsilon_1' \sin\theta} \right]^{-1} + \alpha kL \sin\theta e^{-j\beta kL/2} \frac{\sin(\beta kL/2)}{\beta kL/2} + (1 + \cos\theta) \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \sin^2\theta} e^{-jkL(1-\cos\theta)}$$

В случае многослойной печатной платы необходимо суммировать полученные слагаемые для каждого из слоев.

На рис.2(а-в) представлены полученные с помощью MathCAD составляющие диаграммы направленности для однослойной, трехслойной и пятислойной печатной платы, которые соответствуют излучению кромки структуры $F_1(\theta)$, тока на подложке $F_2(\theta)$ и распределения элементов Гюйгенса в плоскости обрыва подложки $F_3(\theta)$.

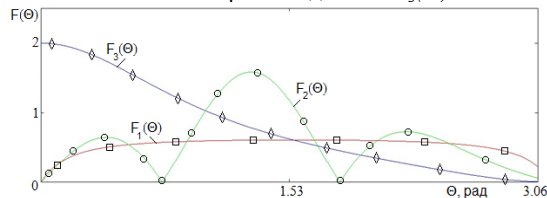


Рис. 2а. Составляющие диаграммы направленности для однослойной печатной платы с $\epsilon_1=9,8$.

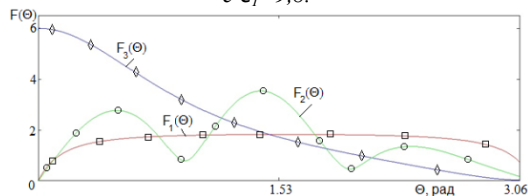


Рис. 2б. Составляющие диаграммы направленности для трехслойной печатной платы с $\epsilon_1=9,8$; $\epsilon_2=6,0$; $\epsilon_3=2,8$

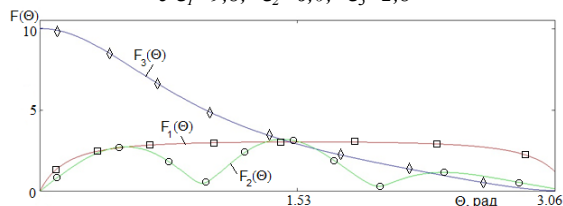


Рис. 2в. Составляющие диаграммы направленности для пятислойной печатной платы с $\epsilon_1=16,0$; $\epsilon_2=9,8$; $\epsilon_3=6,0$; $\epsilon_4=3,8$; $\epsilon_5=2,8$

На рис.3 показаны суммарные диаграммы направленности, из которых следует, что кривая $F(\theta)$ имеет колебательный характер, число осцилляций и их амплитуда возрастает с увеличением числа слоев, а также размера подложки L/λ , т.к. возможности интерференции волн, излученных отдельными токами, при этом увеличиваются. Отклонение от первоначальной диаграммы направленности кромки $F_1(\theta)$ становится менее заметным с уменьшением относительной диэлектрической проницаемости материала слоев и относительной толщины подложки d/λ .

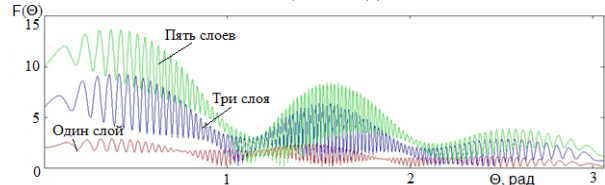


Рис. 3. Суммарные диаграммы направленности $F(\theta)$ для однослойной, трехслойной и пятислойной печатной платы.

Анализ полученных кривых позволяет сделать вывод о том, что задача об излучении кромки многослойной печатной платы во многом сходна с решением задачи о дифракции волн на синусоидальной фазовой решетке [4], представляющей собой в простейшем случае слой диэлектрика с периодически меняющейся толщиной. При этом дифракционная картина содержит большое число максимумов, а энергия в зависимости от глубины фазового рельефа, перераспределяется между составляющей нулевого и более высокого порядков. В случае исчезновения нулевого порядка дифракции, вся падающая на дифракционную решетку энергия распределяется по боковым лепесткам.

Таким образом, проведен анализ двух моделей многослойной печатной платы СВЧ диапазона – первой в виде открытого конца плоскопараллельного волновода, имитирующего кромку микрополосковой бесконечной структуры, и второй – содержащей кромку структуры и ограниченный участок диэлектрической подложки. С помощью метода тензорных функций Грина и программных средств MathCAD получены аналитические соотношения и выполнено моделирование диаграмм направленности излучения рассматриваемых моделей, которые соответствуют излучению кромки структуры, тока на подложке и распределения элементов Гюйгенса в плоскости обрыва подложки. Проведена аналогия между излучением кромки многослойной печатной платы и дифракцией волн на синусоидальной фазовой решетке.

В данной научной работе использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта «Исследование распространения замедленных электромагнитных волн в многослойных диэлектриках и разработка СВЧ устройств на их основе», выполненного в рамках Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2013 году, грант № 13-05-0017.

Список литературы:

1. Елизаров А.А., Закирова Э.А. Инновационные технологии проектирования многослойных печатных плат СВЧ диапазона Прага, 2012. с.408-411.
2. Елизаров А.А., Закирова Э.А. Исследование многослойной печатной платы с подвешенной подложкой для микрополосковых СВЧ устройств. М.: 2012. – с.366-369.
3. Электродинамический расчет характеристик полосковых антенн / Б.А.Панченко, С.Т.Князев и др.- М.: Радио и связь, 2002. – 256 с.
4. Гринев А.Ю. Основы радиооптики. Учебное пособие. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2003. – 80 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ФОТОКАТОДА НА ОСНОВЕ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ МЕТОДОМ РЭМ

А.Г. Варакин

факультет Электроники и телекоммуникаций

Целью работы является повышение выхода годных электронно-оптических преобразователей (ЭОП) путем совершенствования технологических операций.

Задачей работы является проведение комплекса экспериментальных исследований, направленных на изучение влияния технологических операций на качество конечного изделия.

Арсенид галлия является основой электронно-оптического преобразователя III-го поколения, который принципиально отличается от своих предшественников высокоэффективным полупроводниковым фотокатодом с отрицательным электронным сродством. Это состояние достигается путем адсорбции электроположительных и, в некоторых случаях, электроотрицательных элементов на атомарно чистую поверхность, что приводит к образованию дипольного слоя. Электроны могут выйти из зоны проводимости в вакуум, поскольку нет положительного энергетического барьера на поверхности, задерживающего их [1]. ЭОП III поколения предназначен в первую очередь для оснащения и модернизации различных образцов российских вооружений и военной техники для достижения нового уровня качества и эффективности их применения в ночных условиях современного боя.

Экспериментальные исследования поверхности GaAs, размеров и форм микрочастиц, а так же результаты рентгеноспектрального микроанализа [2] выполнены в НИИ перспективных материалов и технологий на растровом электронном микроскопе EVO 40 фирмы Zeiss, оснащенным SDD кремниевым дрейфовым детектором X Flash 1106.

На рис.1 представлено изображение во вторичных электронах границы напыленного хрома на поверхность арсенида галлия. Размер микрочастиц, а так же их положение на фотокатодe позволяет говорить о том, что они являются причиной возникновения так называемых автоэлектроник – светящихся точек в выходном изображении прибора.

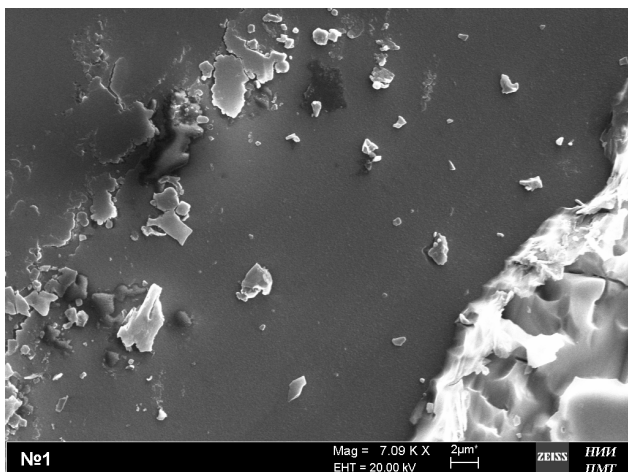


Рис. 1. РЭМ-изображение микрочастиц Cr на поверхности GaAs

Другим типом брака является возникновение черных точек в выходном изображении ЭОП. Одной из возможных причин появления можно считать попадание каплей индия (рис.2) на поверхность арсенида галлия.

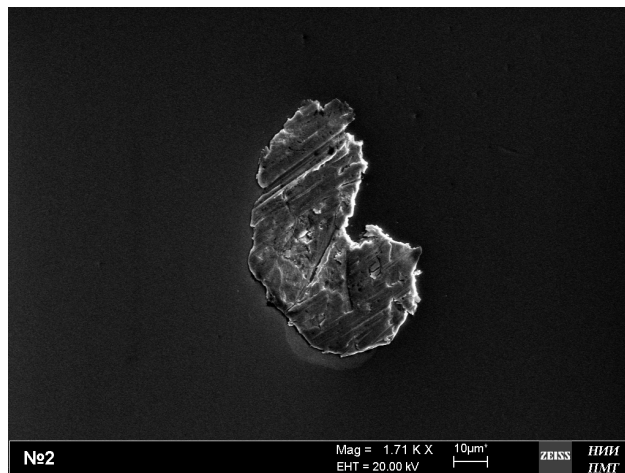


Рис.2. Капля индия на поверхности GaAs

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- выявились недостатки текущих технологических операций (резка структур, напыление, облуживание);
 - найдены возможные причины возникновения некоторых видов брака (черные точки, чечевицы, автоэлектроника);
 - подтвердилась правильность подбора режимов некоторых технологических операций (химическая обработка и травление);
 - исследование различных образцов показало, что размещение технологического оборудования в чистом производственном помещении (ЧПП) повышает выход годных изделий приблизительно на 14% относительно установок, не расположенных в ЧПП.
- В связи с вышеперечисленным, предлагаются следующие рекомендации:
- необходимость корректировки условий резки полупроводниковых структур;
 - отказ от облуживания фотокатодных узлов ЭОП индием;
 - возможность замены напыляемых материалов на фотокатодный узел.
 - размещение технологического оборудования в чистых производственных помещениях;
 - при подборе новых технологических режимов целесообразно применение метода растровой электронной микроскопии.

Выполнение предложенных рекомендаций может повысить выход годных электронно-оптических преобразователей до 23%.

Список литературы:

1. Б. Кейзан. Достижения в технике передачи и воспроизведения изображений, Т 1 // М., 1978.
2. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Ф. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: в двух книгах. Пер. с англ. — М.: Мир, 1984.

АППАРАТУРА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС

А.С. Свиридов

факультет Электроники и телекоммуникаций

В сжатом виде дана хронология формирования отечественной радионавигационной спутниковой системы. Рассмотрена подсистема аппаратуры потребителей. Ее назначение, состояние и перспективы развития.

Начало развитию спутниковых радионавигационных систем было положено 4 октября 1957 г. в Советском Союзе при запуске первого в истории человечества искусственного спутника Земли.

В 1963 г. приступили к опытно-конструкторским работам над первой отечественной низкоорбитальной системой, получившей в название «Цикада» и сданной в эксплуатацию в составе четырех спутников в 1979 г.

Успешная эксплуатация низкоорбитальных спутниковых систем морскими потребителями привлекла широкое внимание к спутниковой навигации. Возникла необходимость создания универсальной навигационной системы, удовлетворяющей требованиям всех потенциальных потребителей.

Летные испытания новой отечественной радионавигационной системы, получившей название ГЛОНАСС, были начаты в октябре 1982 г. Система в составе из 12 космических аппаратов (КА) была принята в опытную эксплуатацию в 1993 г.

В 1995 г. развернута орбитальная группировка полного состава в 24 спутника и начата штатная эксплуатация спутниковой системы.

В период с 1999 по 2002 гг. состав группировки существенно сократился в результате вывода из эксплуатации отработавших свой ресурс спутников и недостаточным финансированием новых запусков.

В 2011 году завершена Федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система». По результатам которой, к 2011 году орбитальная группировка КА системы ГЛОНАСС доведена до штатного состава (с 7-ми в 2002 г. до 24 КА) и начато создание орбитального резерва.

В 2012 г. начата программа «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012-2020 годы». Целью и основными этапами программы является расширение внедрения и использования отечественных спутниковых технологий и услуг с использованием ГЛОНАСС в интересах специальных и гражданских потребителей, международного использования российских технологий спутниковой навигации за счет поддержания и развития системы ГЛОНАСС.

Подсистема навигационной аппаратуры потребителей (НАП). Состоит из приемников и устройств обработки, предназначенных для приема радиосигналов КА «Глонасс» и вычисления собственных координат, скорости и времени.

На данный момент в общемировом масштабе функционируют две глобальные навигационные спутниковые системы: американская GPS и отечественная ГЛОНАСС.

GPS намного раньше вышла на рынок доступных обычным пользователям (не военным) устройств, поэтому сейчас практически все современное навигационное оборудование поддерживает эту систему. Тем не менее, после полного развертывания системы ГЛОНАСС производители начали интегрировать ее поддержку в свое оборудование.

Применение двухсистемных приемников очень сильно помогает повысить качество навигации в реальных условиях. Недостаточный сигнал от спутников одной системы

в данном месте и в данное время компенсируется спутниками другой системы.

Что касается ГЛОНАСС, то НАП этой системы для военных целей может быть двухчастотной. Двухчастотные приемники используют для определения координат с помощью метода двухчастотных измерений на частотах диапазонов L1 и L2. Еще более сложные приемники могут принимать сигнал дифференциальной поправки.

Таким образом, применение двухсистемного двухчастотного приемника с функцией приема и обработки сигнала дифференциальной поправки, позволяет в разы повысить точность определения координат.

Для работы по различным видам радионавигационных систем с учетом специфики решаемых задач разрабатываются и различные типы приемоиндикаторной аппаратуры воздушных, морских, речных и наземных потребителей.

Область использования навигационных устройств делится на два направления. Первое – военное: высокоточное оружие, координация действий различных видов и родов войск, определение местоположения морских и воздушных судов. Второе, более развитое, перспективное и массовое гражданское: геодезия, картография, спутниковый мониторинг транспорта, система экстренного реагирования при авариях (ЭРА-ГЛОНАСС), активный отдых и т.д.

На основании анализа тенденций развития НАП можно выделить следующие общие направления ее развития:

1. Совершенствование характеристик аппаратуры: повышение точности, надежности, помехоустойчивости и электромагнитной совместимости; расширение перечня сервисных задач; уменьшение массы и стоимости.

2. Расширение функциональных возможностей: обеспечение возможности комплексирования аппаратуры с автономными навигационными системами объекта; обеспечение возможности взаимодействия аппаратуры с автоматизированными информационными системами и системами управления движением.

3. Специализация аппаратуры по следующим типам: военная; общего назначения (доступная и дешевая); специальная.

4. Создание унифицированного ряда функциональных элементов, узлов и блоков.

На рынке устройств для вычисления собственных координат, скорости и времени уже имеются готовые модули приемников сигналов спутниковых систем, как односистемные GPS, так двухсистемные ГЛОНАСС/GPS. Но, не смотря на это, чтобы удовлетворить потребности современных пользователей по техническим характеристикам и возможностям, совершенствование и разработка подобной аппаратуры является актуальной задачей, требующей решения.

Список литературы:

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 4-е пер. и доп. – М.: Радиотехника, 2010. 800с., ил.

2. Радионавигационный план Российской Федерации в ред. Приказа Минпромторга РФ от 31.08.2011 N 1177

3. РОСКОСМОС. Федеральное космическое агентство. URL: <http://www.federalspace.ru/main.php?id=24> (дата обращения 24.01.2013)

4. ЦНИИМАШ. Федеральное космическое агентство. Информационно-аналитический центр. URL: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/guide/> (дата обращения 24.01.2013).

ЧИСЛЕННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ РЕЗКОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАТОРОВ ТИПА СОБЕЛА

Д.А. Попов

факультет Прикладной математики и кибернетики

Рассматривается задача оптимизации автоматизированной обработки захватываемых изображений, получаемых на роботизированных оптических системах, базированных на высокоточных оптических микроскопах.

Комплекс задач по автоматизированному исследованию медико-биологических проб является одной из важных составляющих в реализации медико-профилактических программ в международном масштабе. В связи с этим актуальной является задача оптимизации процесса автоматической фокусировки микроскопов в применяемых программно-аппаратных комплексах.

Большинство существующих алгоритмов автоматической фокусировки основываются на максимизации значения функционала, характеризующего степень сфокусированности анализируемого изображения [1]. Специфичность предлагаемого подхода связана с возможностью выявления характерного класса функций, коррелирующих с дискретной функцией, получаемой путем применения функционала, характеризующего степень сфокусированности изображения, к серии снимков (Рис. 1), получаемых при равномерном движении относительно объектива подложки микроскопа с исследуемым образцом.

Предлагаемый подход отличается от уже существующих методом тем, что для нахождения фокуса оптической системы не требуется получение всех снимков с микроскопа, находящихся в области потенциально возможного фокуса. Это позволяет значительно ускорить весь процесс фокусировки, так как достаточно получить лишь небольшую выборку снимков, и по ним итерационно аппроксимировать дискретную функцию, характеризующую меру резкости изображения и найти ее максимум. Нахождение максимума этой функции и аргумента, при котором он достигается, означает нахождение того положения подложки микроскопа, при котором резкость наблюдаемого изображения наибольшая.

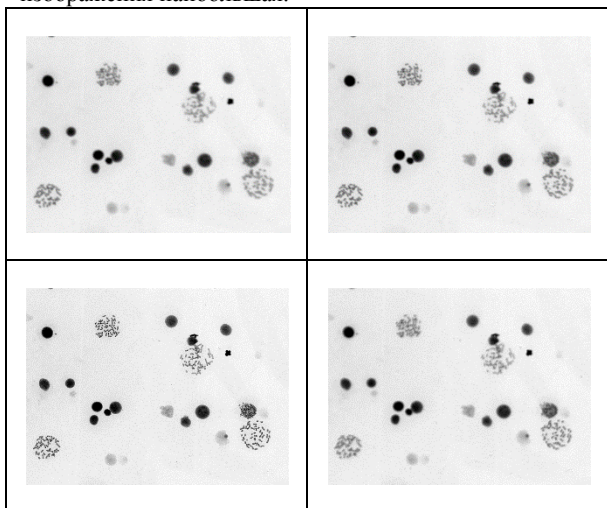


Рис. 1.

Для анализа резкости изображений вводится функционал, основанный на обнаружении краев внутренних сегментов изображения путем применения операторов типа Собела [2] и последующего вычисления «удельной доли» площади краев изображения по отношению к «общей площади» изображения. Данный способ определения

функционала выгодно отличается от других способов (частотный анализ, анализ шумов и пр. [1, 3]) тем, что дискретная функция, задаваемая этим функционалом наиболее устойчива к шумам, яркости и неоднородностям изображения. Установлено, что дискретная функция, получаемая в результате действия функционала на серию изображений достаточно точно коррелирует с функциями класса Гаусса (Рис. 2).

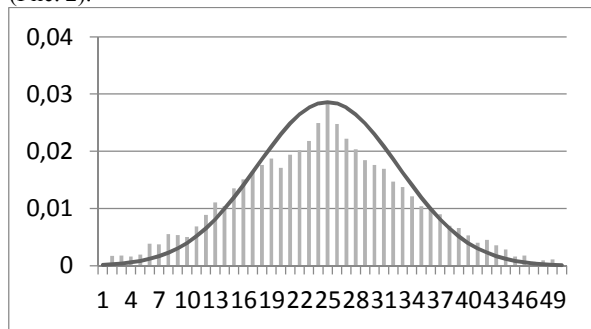


Рис. 2.

Таким образом предлагаемый метод анализа резкости и фокусировки изображений позволяет значительно сократить количество снимков, необходимых для нахождения фокуса оптических систем. В свою очередь это позволяет сократить время, необходимое для автоматического получения снимка с микроскопа, что крайне существенно при больших количествах обрабатываемых препаратов, а также позволяет производить получение снимков с длительной экспозицией (это критично в случае использования ультрафиолетового освещения) без значительного увеличения времени обработки кадра.

Список литературы:

1. Schlag J.F., Sanderson A.C., Neuman C.P., Wimberly F.C. Implementation of automatic focusing algorithms for a computer vision system with camera control //Robotics Institute, 1983, Paper 510.
2. Чуличков А.И. Математические методы нелинейной динамики. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. – 296 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. –М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА КРЕМНИЕВЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ — ЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЩИТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Н.Ю. Токарев

факультет Электроники и телекоммуникаций

В обзоре рассмотрены и выявлены опасности для функционирования радиоэлектронной аппаратуры при возникновении различных перегрузок. Наиболее опасными являются перегрузки по напряжению. На сегодняшний день наиболее эффективным средством защиты является активная защита, основным элементом которой служат кремниевые ограничители напряжения (ОН) или TVS-диоды.

Для локальной защиты элементов РЭУ от импульсных перенапряжений в основном применяются три типа приборов: газоразрядные трубки (ГРТ), металл-оксидные варисторы (МОВ) и кремниевые ограничители напряжения (ОН). Каждый из них имеет свои достоинства и недостат-

ки. В большинстве приложений предпочтительно и вполне достаточно применения кремниевых ограничителей напряжения. В частности, для защиты интегральных микросхем от электростатического разряда, отличающегося исключительно малым временем нарастания импульса.

Ограничитель напряжения – это полупроводниковый диод, работающий на обратной ветви вольт-амперной характеристики (ВАХ) с лавинным пробоем или на прямой ветви ВАХ. TVS-диод предназначен для защиты от перенапряжения интегральных и гибридных схем, радиоэлектронных компонентов и др. У полупроводниковых ограничителей напряжения ВАХ аналогична ВАХ стабилитронов. В условиях нормальной работы ограничители являются высокоимпедансной нагрузкой по отношению к защищаемой схеме и служат для защиты цепи. В идеале устройство выглядит как разомкнутая цепь с незначительным током утечки. Когда напряжение переходного процесса превышает рабочее напряжение цепи, импеданс ограничителя понижается, и ток переходного процесса начинает течь через ограничитель. Мощность, образовавшаяся при переходном процессе, рассеивается в пределах защитного устройства и ограничивается максимально допустимой температурой перехода. Существует два основных вида кремниевых ограничителей напряжения: симметричные и несимметричные.

Для защиты цепей постоянного тока от импульсов ЭП по напряжению применяются полупроводниковые ограничители напряжения, или стабилитроны с несимметричной вольт-амперной характеристикой. Несимметричность ВАХ обеспечивает защиту от импульсных ЭП определенной полярности на разных потенциальных уровнях. Пороговое напряжение этих приборов ниже напряжения ограничения, что обеспечивает их автоматическое отключение от цепи постоянного тока после прохождения импульса ЭП. Отличие защиты цепей питания переменного тока от цепей постоянного тока — в необходимости использования ограничителей напряжения с симметричной ВАХ. А для защиты информационных цепей и цепей переменного тока высокой частоты применяются так называемые маломощностные ограничители напряжения, в конструкции которых предусматривается встроенный высоковольтный диод с емкостью не более 100 пФ.

Так же в работе рассмотрены основные параметры кремниевых ограничителей напряжения, такие как: напряжение пробоя, постоянное обратное напряжение, постоянный обратный ток, классификационный обратный ток, максимально допустимый импульсный обратный ток, максимальное обратное импульсное напряжение, максимально допустимая импульсная мощность, максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность, максимально допустимый прямой импульсный ток, рабочее напряжение противоположной полярности, импульсное напряжение противоположной полярности, время срабатывания, коэффициент ограничения, температурный коэффициент напряжения пробоя, коэффициент заполнения.

Так как ОН должен выдерживать воздействие мощных импульсов тока, конструкцию его целесообразно делать паяной. Переходные сопротивления соединений в прижимной конструкции приведут к резкому ограничению предельно допустимой импульсной мощности. В отличие от стабилитрона ОН подвергается воздействию импульсов тока с плотностью до 10^4 – 10^6 А/см². Соответственно необходимо предпринимать специальные конструкционные меры по обеспечению максимальной импульсной электрической прочности ограничителей.

Правильность выбора и применения полупроводниковых ограничителей напряжения является одним из важнейших условий, обеспечивающих требуемые технические и эксплуатационные характеристики аппаратуры, ее надежность, а также надежность самих ограничителей при наличии различного рода перегрузок по напряжению в цепях радиоэлектронной аппаратуры. В работе приведены основные требования к ограничителям напряжения.

Так же рассмотрены типовые схемы включения ограничителей напряжения в схемы защиты аппаратуры. Приведены типовые схемы включения для защиты источников питания, цепей передачи сигнала, ключевых элементов, а так же MOSFET-транзисторов.

По функциональному назначению из массива ОН, созданных зарубежными фирмами, можно выделить несколько самостоятельных видов: ОН общего применения с напряжением пробоя ($U_{проб}$) от 0,7 до 3100 В и мощностью ($P_{и}$) от 0,15 до 600 кВт; маломощностные ОН; безиндуктивные ОН; «матричные» ОН в микросхемных корпусах. В России и СНГ производство и применение ОН до сих пор носит ограниченный характер. В последние годы спрос на ОН расширился. Прогнозируется резкое его увеличение по мере накопления опыта применения таких приборов для электрической защиты РЭУ.

В обзоре рассмотрены различные методы защиты электрических цепей и радиоэлектронных устройств. Описаны преимущества использования кремниевых ограничителей напряжения. Проведен анализ рынка и показана перспективность исследования и расширение области применения ОН. Приведены примеры типовых схем защиты на основе ОН.

Список литературы:

1. В.П. Черепанов, А.К. Хрулев, И.П. Блудов — Электронные приборы для защиты РЭА от электрических перегрузок. М.: Радио и связь, 1994.
2. А.З. Рахматов, О.А. Абдулхаев, А.В. Каримов, Д.М. Ёдгорова — Особенности работы ограничителя напряжения в импульсном режиме. Физика и техника полупроводников, 2013, том 47, вып. 3.
3. С. Скорняков, В. Павлов, А. Рахматов — Кремниевые ограничители напряжения — эффективные элементы защиты радиоэлектронных устройств. Компоненты и технология, №3, 2008.
4. И. Голубев — Интегральные ограничители напряжения для питания бортовых устройств. Компоненты и технология, №8, 2006.
5. Английская версия интернет-энциклопедии «Википедия».
6. А. Сурма, Ю. Локтаев, А. Ставцев, А. Черников — Новые симметричные ограничители напряжения с повышенной допустимой импульсной мощностью и энергоемкостью, Протон-Электротекст.
7. В.И. Ванин — Зависимость импульсной электрической прочности полупроводниковых приборов от длительности и формы одиночного импульса напряжения, воздействию на них, УДК 621.308.2: 539.12.04.
8. Г.Д. Кузнецов, В.П. Сушков, А.Р. Кушхов, И.Г. Ермошин, Б.А. Билалов — Омические контакты к GaN, ФГОУ ВПО Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов», ЗАО «Элма Малахит», Дагестанский государственный университет, 2009.
9. В.Л. Дмитриев, М.А. Красавина, С.И. Пугачев — Анализ основных характеристик ограничителей перенапряжений, ЗАО "Завод энергозащитных устройств", С.-Петербург.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПЕРФОРИРОВАННОГО ЭКРАНА ПРИ РАСЧЁТЕ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ

Д.В. Демский

факультет Электроники и телекоммуникаций

Излагается алгоритм программы, которая позволяет визуализировать электромагнитные экраны и оценивать эффективность экранирования электродинамических экранов, состоящих из сплошных металлических участков, участков с круглыми отверстиями и прямоугольными щелями и различными геометрическими параметрами.

Проблему электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (ЭМС РЭС) начали рассматривать в отечественной и зарубежной литературе примерно в середине двадцатого века. В результате интенсивного развития традиционных радиослужб и появления новых (космической, радиоастрономической и т. п.), в Регламент радиосвязи, кроме дополнения Таблицы распределения полос частот до 400 ГГц, стали включать международные Рекомендации по ограничению частотно-энергетических характеристик РЭС с целью более экономного использования радиочастотного ресурса обеспечения ЭМС. Рекомендации легли в основу разработки национальных стандартов различных стран на частотно-энергетические характеристики ЭМС РЭС, которые постоянно совершенствуются. Таким образом, проблема ЭМС, с которой российские ученые столкнулись впервые 100 лет назад, приобретает с годами все большую актуальность и значимость. Необходимые характеристики ЭМС могут быть получены различными конструкторскими и схемотехническими методами. Одним из вариантов конструкторских методов является экранирование. Но создание электромагнитного экрана существенно повышает стоимость изделия, увеличивает его массу и расход материалов. Поэтому важно во время проектирования аппаратуры рассчитывать значение эффективности экранирования с возможно высокой точностью.

Существующие методики ориентированы в первую очередь на оценку эффективности экранирования для бесконечно протяженного экрана или для модели корпуса без каких-либо неоднородностей. В этих случаях полученные значения эффективности экранирования оказываются многократно завышенными, если расчет ведется для толщин материалов, превышающих на порядок и более толщину скин-слоя для расчетной частоты. В реальном корпусе всегда имеются те или иные неоднородности в виде апуртур, что приводит к еще большим расхождениям между расчетными значениями эффективности экранирования и реальными значениями.

При расчете неоднородных экранов необходимо учитывать различные типы отверстий, крепёжные элементы, что сильно ухудшает эффективность экранирования. В результате большинство экранов не оптимизировано. Экраны получаются значительно толще, чем это в действительности необходимо, а эффективность экранирования может быть меньше заданной, к примеру, из-за диаметра отверстия. Для оптимизации конструкции экрана, с точки зрения эффективности экранирования, необходимо применять при проектировании элементы CALS-технологий. Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объёмы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. А именно стандартизировать значения, получаемые с помощью аналитических формул расчета эффективности экранирования и передавать их в

трехмерную модель экрана. Изменение значений входных параметров и получение оптимальных значений эффективности экранирования в расчетной программе влечёт за собой изменение реальных габаритных значений экрана и элементов экрана[1].

Главная проблема современных CALS-технологий заключается в обеспечении единообразного описания и интерпретации данных, независимо от места и времени их получения в общей системе, имеющей масштабы вплоть до глобальных. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки её представления должны быть стандартизированными. Тогда становится реальной успешная работа над общим проектом разных коллективов, разделённых во времени и пространстве и использующих разные CAD/CAM/CAE системы[2].

Предлагается программа для визуализации проектируемого экрана и оценки его эффективности экранирования. Пользователю предлагается ввести геометрические параметры экрана, такие как ширина, высота и глубина. После выполнения этого требования на экране компьютера выводится изображение экрана. На первом этапе проектирования экран сплошной без каких-либо отверстий. Далее нужно будет указать форму отверстий: прямоугольные или круглые или и те и другие. Как только будут введены эти данные, на экране незамедлительно отобразятся отверстия, если пользователь их указал. Далее нужно будет указать их физическое расположение. Это можно сделать с помощью своеобразных джойстиков. Также нужно указать размеры отверстий: длину и ширину для прямоугольных отверстий, и диаметр для круглых. Как и в предыдущих случаях, эти изменения также отобразятся на экране. Ну и наконец, пользователь должен ввести зазор между круглыми и зазор между прямоугольными отверстиями. После того как все исходные данные были введены, мы получаем модель проектируемого экрана. Эта программа интегрируется в программу SE Calculator [3], с помощью которой мы можем посчитать эффективность экранирования перфорированного экрана. Одним из наиболее важных моментов является то, что эффективность экранирования, полученная с помощью SE Calculator, и некоторые введенные данные интегрируются в представляемую мной программу. Тем самым, меняя исходные данные, после расчёта в любой из программ, эффективность экранирования также будет меняться без каких-либо других действий. Это позволяет пользователю, понять какие исходные параметры влияют на эффективность экранирования и каким образом. Это существенно упрощает проектирование и расчёт эффективности экранирования перфорированного экрана.

Список литературы:

1. Экранирование технических средств и экранирующие системы / Кечиев Л.Н., Акбашев Б.Б., Степанов П.В. – 2010 г. – 470 с.; ил. – (Библиотека ЭМС)
2. Сафонов А.А., Демский Д.В., «Автоматизированная методика построения 3-d модели электромагнитного экрана с учётом требуемой эффективности экранирования» стр. 196. Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. Тезисы докладов. – М.: МИЭМ, 2009. – 365
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010617918, расчёт эффективности экранирования электромагнитных экранов (SE Calculator)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАСС ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

А.А. Попов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация. Представлены результаты исследования токонесущей способности трасс на печатных платах, выполненных на различных базовых материалах - FR4 и алюминии ССАФ-01 для использования в устройствах силовой электроники (токи до 40 А). Исследованы трассы различной топологии шириной от 0,6 до 10 мм, толщиной 18 и 35 мкм и длиной от 1 до 10 см. Результаты эксперимента хорошо согласуются с результатами 2D моделирования в САПР ELCUT.

Введение. Электронные узлы и блоки на печатных платах являются сегодня основной элементной базой для построения устройств силовой электроники. Постоянно растущие требования повышения эффективности, улучшения массо-габаритных показателей, снижение стоимости удовлетворяются разработчиками печатных плат в основном за счет повышения плотности мощности, рассеиваемой электронными компонентами и уменьшения их размеров, что неизбежно влечет за собой увеличение плотности токов, протекающих по металлизированным трассам и, как следствие, повышение рабочих температур за счет выделения джоулева тепла.

При проектировании печатных плат важнейшей задачей является исследование токонесущей способности трасс (ТСТ) в зависимости от их конструктивных и геометрических параметров. Такими параметрами, которыми может варьировать разработчик печатных плат, являются толщина, ширина и длина медной трассы, толщина диэлектрика, коэффициенты теплопроводности и материалов диэлектрической подложки, время установления постоянной температуры трассы, степень влияния соседних трасс.

Проблеме изучения ТСТ посвящен целый ряд работ [1,2,3,4], однако не исследованными остались следующие факторы: влияние переменного сечения трассы, зависимость ТСТ от ее длины, переходные режимы нагрева трасс. ТСТ на алюминиевом основании не изучена. Поэтому представляется необходимым провести экспериментальное исследование ТСТ для современных ПП силовой электроники.

Целью данной работы является экспериментальное изучение влияния топологии на ТСТ, для двух базовых материалов: FR4 и алюминия.

Для проведения эксперимента были изготовлены две группы образцов: платы на базовом материале FR4 с толщиной фольги 18 и 35 мкм и платы на алюминиевом основании с толщиной фольги 35 мкм. Изменение температуры трассы, вызванное протеканием по ней тока изучалось с помощью тепловизионной камеры Flir A40, диапазон рабочих температур трасс составил от 20 до 140 °С.

Анализ установившегося состояния. Для экспериментального изучения ТСТ была изготовлена двусторонняя плата (рис.1), с помощью которой изучалось влияние дополнительной площади медной фольги (трассы А-Д), ширины трассы (трассы Е-Д) и геометрии токового пути. Размер плат 150*240 мм [1]. Толщина стеклотекстолита 1,5 мм. Изготовлены два варианта платы с толщиной фольги 18 и 35 мкм.

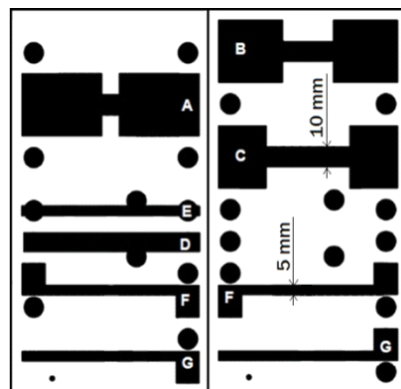


Рис. 1. Двусторонняя тестовая плата для изучения ТСТ.

Для исследования влияния площади сечения токопроводящей трассы были изучены Т-И зависимости для трасс Е и D, поперечные сечения которых с постоянной шириной 5 и 10 мм и с толщиной фольги 18 и 35 мкм составляют соответственно: 0,09 мм², 0,175 мм², 0,18 мм² и 0,35 мм². Принимая во внимание максимальную рабочую температуру FR4 $T_{\max} = 125$ °С, максимальная токонесущая способность для указанных сечений проводника составила 11, 16, 17 и 27 А соответственно.

Для исследования влияние геометрии токового пути были изучены Т-И зависимости для трасс Е, F и G. ТСТ трассы G оказалась на 50 % больше, чем для трасс F и G из-за одновременного протекания тока по обеим сторонам платы. ТСТ для трассы Е несколько больше, чем для трассы F, чья дополнительная трасса на нижней стороне платы не оказывает существенного влияния на температуру.

Для исследования влияние дополнительной площади медной фольги были изучены Т-И зависимости для трасс А, В, С, D с одинаковым поперечным сечением, но с присутствием дополнительных площадей медной фольги.

Результаты тепловизионного исследования показали, что наибольшее влияние на ТСТ оказала в данном случае длина участка трассы с наименьшим сечением.

Поэтому возникла необходимость точного экспериментального определения влияния длины трассы на ее токонесущую способность. Были изготовлены три платы с шириной дорожек 3,0; 1,0 и 0,6 мм, на каждой из которых располагались 10 трасс длиной от 1,0 до 10 см с шагом 1 см.

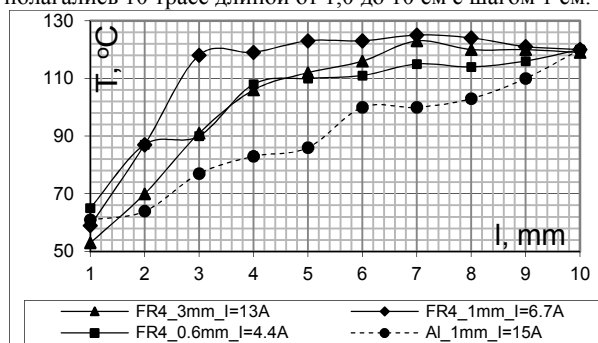


Рис. 2. Зависимость токонесущей способности от длины трассы.

Из рис.2 видно, что ТСТ длиной 10 - 4 см практически не изменяется, при уменьшении длины трассы до 1 см она увеличивается в среднем на 50 %.

Для экспериментального изучения ТСТ ПП на алюминиевом основании была изготовлена плата с двумя трассами шириной 1,0 и 0,6 мм, длиной 10 см с шагом 1см. Толщины материалов составили: алюминия 1,5 мм, диэлектрика 75 мкм, медной фольги 35 мкм.

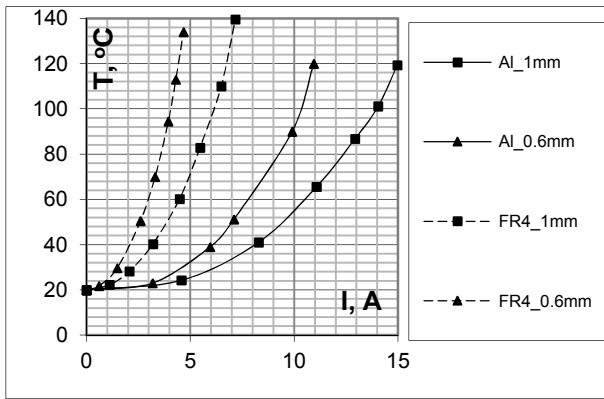


Рис. 3. TCT трасс на алюминиевом основании.

Из рис.3 видно, что трассы на алюминиевом основании достигают одинаковых температур с трассами на FR4 при более чем в два раза большей токовой нагрузке.

Для экспериментального изучения влияния длины на TCT на алюминиевом основании была изготовлена плата с десятью трассами шириной 1 мм и длиной от 1 до 10 см с шагом 1см. Размер платы 200*160 мм. Толщины материалов составили: алюминия 1,5 мм, диэлектрика 75 мкм, медной фольги 35 мкм. Результаты представлены на рис.2 (см. пунктирную линию).

При проектировании современных печатных плат необходимо владеть знаниями о динамике теплового процесса. Для изучения влияния температуры нагруженной трассы на соседние близко расположенные трассы была изготовлена плата с четырьмя трассами (T1, T2, T3, T4) одинакового сечения (ширина трасс 1 мм, толщина 0,035 мм) и длины 100мм, находящимися на одинаковом расстоянии друг от друга – 10 мм. Платы были изготовлены на материале FR4 и алюминии; толщина подложки в обоих случаях составила 1,5 мм. Размер платы 100*130 мм. На рис.4 представлена временная диаграмма нагрева трасс T1, T2, T3 и T4 на алюминиевом основании.

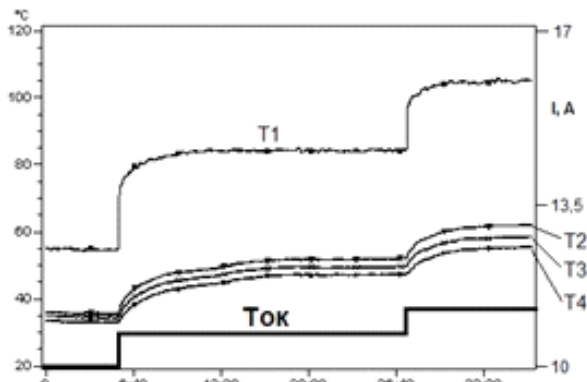


Рис. 4. График изменения температуры трасс, в зависимости от величины протекающего тока.

Эксперимент показал, что для плат на FR4 влияние нагруженного проводника (T1) на трассу (T2) существенно, для трасс (T2) и (T3) им можно пренебречь. Для трасс на алюминии зона влияния нагруженного проводника (T1) намного больше.

Были исследованы переходные процессы нагрева трасс шириной 1 мм на алюминии и на FR-4. По экспериментально полученным кривым нагрева трасс были определены тепловые постоянные времени T для трасс различной длины (рис.5).

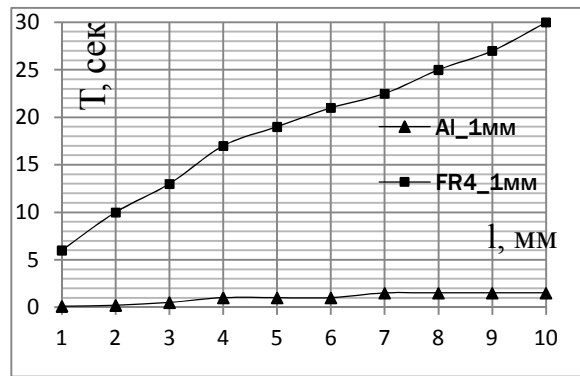


Рис. 4. Постоянные времени, для трасс различных длин на материале FR-4 и алюминии.

2D моделирование в САПР ELCUT. Результаты эксперимента, представленные выше, сравнивались с результатами моделирования тепловых режимов с помощью САПР ELCUT. [7].

Для всех трасс, изученных в данной работе, экспериментальные данные хорошо согласуются с результатами моделирования и разница между ними составила 10-15%.

На рис.5. представлены результаты моделирования температуры платы на материале FR4; трасса расположена по середине платы, толщина трассы 35 мкм, ширина 5 мм, длина 100 мм, размер платы 150*240 мм.

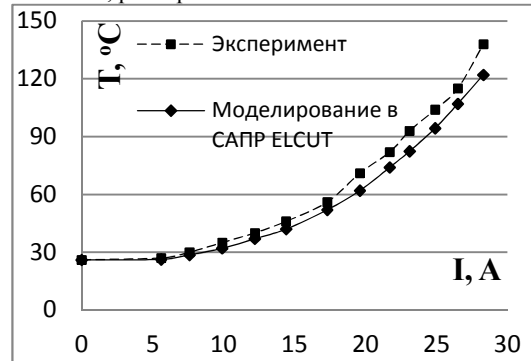


Рис. 5. Сравнение результатов моделирования и экспериментальных данных.

Выводы. Исследована токонесящая способность трасс ПП, выполненных на двух базовых материалах FR4 и алюминии, для силовой электроники (токи до 40 А) с толщиной фольги 18 мкм и 35 мкм, в зависимости от поперечного сечения проводника, геометрии токового пути, площади сечения меди и длины трассы. Использован САПР ELCUT для моделирования распределения теплового поля в различных трассах печатных плат.

Список литературы:

1. A. Lese, U. Scheuermann, High Load Current on FR-4 Printed Circuit Board – Design Considerations and Limits, Proceedings PCIM 2004, p. 42-47.
2. J. Adam. New Correlations Between Electrical Current and Temperature Rise in PCB Traces. 20th IEEE SEMI-THERM Symposium 2004.
3. J. Adam. Thermal Management of Boards and Current-Carrying Capacity of Traces. Bodo's Power System, Issue October 2011, pp. 40.
4. Bunea, R. PCB tracks thermal simulation, analysis and comparison to IPC-2152 for electrical current carrying capacity. Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC), 13-16 Sept. 2010.
5. ELCUT 5.10. User Manual. Tor Ltd. Saint-Petersburg 2012.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА СРНС ГЛОНАСС

А.В. Гуляев

факультет Электроники и телекоммуникаций

В спутниковых радионавигационных системах осуществляется непрерывное излучение сигналов со всех находящихся в эксплуатации навигационных спутников (НС). При этом на вход приемника потребителя поступают сигналы от всех видимых НС. Для решения задачи навигационных определений, принимаемые сигналы должны иметь такую структуру, чтобы их можно было разделить и достаточно точно измерить параметры радиосигнала (задержку, доплеровское смещение частоты, фазу). Отсюда вытекают два основных требования, предъявляемых к радиосигналам [1]:

- обеспечение высокой точности измерения параметров сигнала;
- возможность их эффективного разделения в приемнике.

Навигационные сигналы спутников являются сложными сигналами, позволяющими точно измерять дальность и доплеровское смещение частоты, а также переносят навигационное сообщение. Сложный радиосигнал получается в результате цифровой фазовой модуляции (манипуляции) гармонического колебания кодовой последовательностью, которую называют дальномерным кодом или псевдослучайной последовательностью (ПСП) (рис.1) [2].

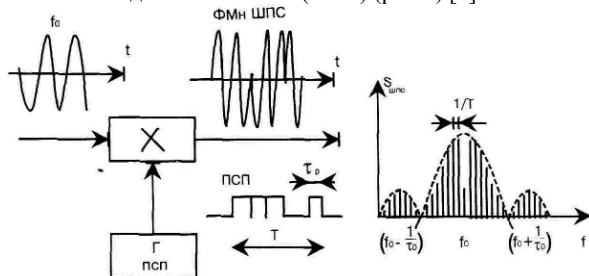


Рис. 1.

Для получения высокой точности измерения радионавигационных параметров (задержки и доплеровского смещения частоты) сигнала целесообразно использовать сигналы с большой базой $B \gg 1$. Такие сигналы называют шумоподобными (ШПС) [3, 4]

Основной характеристикой ШПС является база сигнала, определяемая как произведение ширины его спектра F на его длительность T :

$$B = F \times T \quad (1)$$

А также база ШПС сигнала численно равна количеству элементов ПСП

$$B = \frac{T}{\tau_0} = N \quad (2)$$

В отечественной спутниковой радионавигационной системе ГЛОНАСС база сигнала равна 511, в то время как в американской спутниковой радионавигационной системе GPS – 1023.

В настоящее время отечественная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС использует частотное разделение каналов НС, каждому из которых отводится своя несущая частота и следовательно – полоса частот, а спектр сигнала должен быть достаточно компактным (в идеале — строго полосовым). Так как реализация строго полосовых сигналов практически невозможна, реальные сигналы имеют частично перекрывающиеся спектры, что определяет их неортогональность и взаимное влияние сиг-

налов друг на друга при их приеме и обработке, т.е. приводит к внутрисистемным помехам. В отечественной спутниковой радионавигационной системе ГЛОНАСС уровень внутрисистемных помех оценивается на уровне 54 дБ [5].

При кодовом разделении обычно используются квазиортогональные широкополосные сигналы (ШПС), следовательно, этому методу принципиально присущи взаимные помехи между адресами, обусловленные неидеальностью функции взаимной корреляции и называемые шумами неортогональности [4], междуканальными и внутриканальными помехами [6]. Для уменьшения шумов неортогональности необходимо выбирать ансамбль сигналов с хорошими взаимокорреляционными свойствами. В американской спутниковой радионавигационной системе GPS уровень внутрисистемных помех оценивается величиной 21,6 дБ [5].

Для повышения точности измерения параметров сигнала отечественной спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС, можно увеличить его базу с помощью расширения его спектра. Однако это повлечет за собой увеличение уровня внутрисистемных помех, следовательно, становится необходимым повышение эффективности разделения в приемнике навигационных радиосигналов от каждого спутника. Наиболее подходящим в этом случае будет кодовое разделение сигналов. Выбирая определенный ансамбль сигналов с "хорошими" взаимными и автокорреляционными свойствами можно обеспечить в процессе корреляционной обработки (свертки ШПС) разделение сигналов. Следовательно, одновременно в широкой полосе частот можно передавать и принимать множество сигналов, которые не мешают друг другу. При частотном разделении потребуются расширить выделенную полосу частот для радиосигналов СРНС ГЛОНАСС, что может оказаться недопустимым.

Список литературы:

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб. и доп. - М: Радиотехника, 2010. 800 с, ил.
2. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов, - М.: Сов. радио, 1978.
3. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М.: Радио и связь, 1985.
4. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации/ Под ред. В.Б. Пестрякова. — М.: Сов. радио, 1973.
5. Pat. 5,331,329 (US), Jul. 19. 1994, Int. Cl. ⁵ G01S 5/02S H04B 15/00. Satellite-aided Radio Navigating Method and Radio Navigation System Therefor.
6. Тепляков И.М., Калашников И.Д., Рошин Б.В. Радиолинии космических систем передачи информации / Под ред. И.М. Теплякова. – М.: Сов. радио, 1975.

РАЗРАБОТКА РЕЗОНАТОРА НА ОСНОВЕ КОАКСИАЛЬНОЙ РЕБРИСТОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УРОЛОГИИ

Р.В. Шаймарданов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

Проведен электродинамический анализ резонатора на основе коаксиальной ребристой линии. Получены аналитические соотношения, позволяющие осуществлять расчет ее дисперсионных характеристик и волнового сопротивления в зависимости от геометрических размеров образующих проводников и диэлектрического заполнения. Дано

качественное сравнение теоретических зависимостей и результатов физического эксперимента. Показана перспективность применения такой структуры для создания различных СВЧ устройств.

Введение

Для создания различных элементов СВЧ устройств – резонаторов, излучателей, шлейфов, согласующих устройств и др., применяемых в современных медицинских устройствах часто используются резонансные отрезки коаксиальных линий. Эти элементы просты по конструкции, а их волновое сопротивление однозначно и легко определяется отношением диаметров проводников линии и может изменяться в широких пределах [1].

Электродинамический анализ резонатора на основе коаксиальной ребристой линии

Кроме того, геометрическая длина таких отрезков может быть уменьшена, если поверхность одного или из проводников коаксиальной линии сделать ребристой [2, 3] (рис.1).

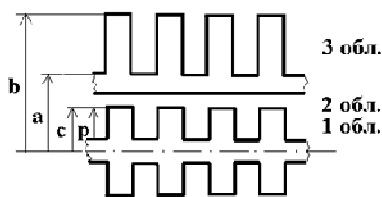


Рис.1. Общий вид коаксиальной ребристой линии.

Обобщенный вид дисперсионного уравнения коаксиальной линии с ребристыми проводниками впервые получен в работе [4]:

$$\frac{I_1(c\tau) + \frac{\tau}{k_1} \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} I_0(c\tau) bc(ck_1, pk_1)}{K_1(c\tau) - \frac{\tau}{k_1} \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} K_0(c\tau) bc(ck_1, pk_1)} = \frac{I_1(a\tau) + \frac{\tau}{k_3} \frac{\epsilon_3}{\epsilon_2} I_0(a\tau) bc(ak_3, bk_3)}{K_1(a\tau) - \frac{\tau}{k_3} \frac{\epsilon_3}{\epsilon_2} K_0(a\tau) bc(ak_3, bk_3)}$$

где $bc(x, y) = \frac{J_1(x)N_0(y) - N_1(x)J_0(y)}{J_0(x)N_0(y) - N_0(x)J_0(y)}$ - разностный ко-

тангенс; β - фазовая постоянная, связанная с поперечной постоянной τ и волновым числом k соотношением:

$$\beta^2 = \tau^2 + k^2.$$

Указанная задача решалась электродинамическим методом шивания проводимостей для случая возбуждения в коаксиальной линии с внутренним и внешним ребристыми проводниками аксиально - симметричной волны Е-типа. Учитывалось также, что длина волны в линии значительно превышает толщину ребер и расстояние между ними. Это позволило использовать импедансное приближение и эквивалентные (усредненные) граничные условия на поверхностях проводников [5]. Толщина ребер считалась бесконечно малой.

Проанализируем ниже полученное уравнение для представляющих практический интерес частных случаев, для чего введем обозначения:

$$y_1 = -\sqrt{\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}} bc(ck_1, pk_1) \quad y_3 = \sqrt{\frac{\epsilon_3}{\epsilon_2}} bc(ak_3, bk_3) \quad \varphi_j = \frac{I_1(c\tau) K_j(a\tau)}{K_1(c\tau) I_j(a\tau)}$$

С учетом данных обозначений дисперсионное уравнение приобретает вид

$$\left[1 - \tau \frac{K_0(c\tau)}{K_1(c\tau)} y_1 \right] \left[1 - \tau \frac{I_0(a\tau)}{I_1(a\tau)} y_3 \right] = \varphi_{11}(a\tau, c\tau) \left[1 + \tau \frac{I_0(c\tau)}{I_1(c\tau)} y_1 \right] \left[1 + \tau \frac{K_0(a\tau)}{K_1(a\tau)} y_3 \right]$$

Анализ полученного уравнения, приведенного выше, показывает, что оно распадается на два независимых уравнения, решение каждого из которых позволяет найти фазовые постоянные замедленных волн, распространяющихся вблизи «ребристого стержня»

$$\left[1 - \tau \frac{K_0(c\tau)}{K_1(c\tau)} y_1 \right],$$

и внутри «диафрагмированного волновода»

$$\left[1 - \tau \frac{I_0(a\tau)}{I_1(a\tau)} y_3 \right].$$

В общем случае дисперсионное уравнение имеет два решения - для синфазного и противофазного возбуждения волн. Для упрощения последующего анализа введем коэффициенты:

$$R_1 = \frac{1}{y_1} \frac{K_1(c\tau)}{K_0(c\tau)} ; \quad R_3 = \frac{1}{y_3} \frac{I_1(a\tau)}{I_0(a\tau)}$$

С их учетом дисперсионное уравнение преобразуется к квадратному уравнению и приобретает вид:

$$\frac{\tau^2}{k_2^2} - \frac{\tau}{k_2} \frac{R_1(1 + \varphi_{10}) + R_3(1 + \varphi_{01})}{1 - \varphi_{00}} + R_1 R_3 \frac{1 - \varphi_{11}}{1 + \varphi_{00}} = 0$$

Решение данного уравнения может быть записано следующим образом:

$$\frac{\tau}{k_2} = \frac{R_1(1 + \varphi_{10}) + R_3(1 + \varphi_{01})}{2(1 - \varphi_{00})} \left\{ 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4R_1 R_3 (1 - \varphi_{11})(1 - \varphi_{00})}{[R_1(1 + \varphi_{10}) + R_3(1 + \varphi_{01})]^2}} \right\}$$

В этом случае при сильной связи между электродами и противофазном возбуждении получим:

$$\frac{\tau}{k_2} \approx \frac{R_1(1 + \varphi_{10}) + R_3(1 + \varphi_{01})}{1 - \varphi_{00}} - \frac{R_1 R_3 (1 - \varphi_{11})}{R_1(1 + \varphi_{10}) + R_3(1 + \varphi_{01})},$$

для синфазного возбуждения

$$\frac{\tau}{k_2} \approx \frac{R_1 R_3 (1 - \varphi_{11})}{R_1(1 + \varphi_{10}) + R_3(1 + \varphi_{01})}.$$

Из полученных формул следует, что противофазному возбуждению соответствует большее значение фазовой постоянной.

Дальнейший анализ дисперсионного уравнения в случае относительно высоких частот (или увеличении радиусов проводников) показал, что оно превращается в уравнение двух связанных гребенок. При этом если гребенки имеют идентичные импедансы, то в случае противофазного возбуждения дисперсионное уравнение совпадает с уравнением одной из гребенок с идеально проводящей плоскостью, расположенной на расстоянии, равном половине расстояния между гребешками.

Полученные теоретические соотношения качественно подтверждаются результатами физического эксперимента. На рис.2. показаны теоретические и экспериментальные зависимости коэффициента замедления от частоты при различном заполнении внутренней области между ребристыми электродами диэлектрической средой с различной относительной диэлектрической проницаемостью. При этом экспериментальная кривая для структуры с воздушным заполнением имеет несколько большие значения, чем теоретическая, что объясняется незначительной погрешностью полученных аналитических соотношений.

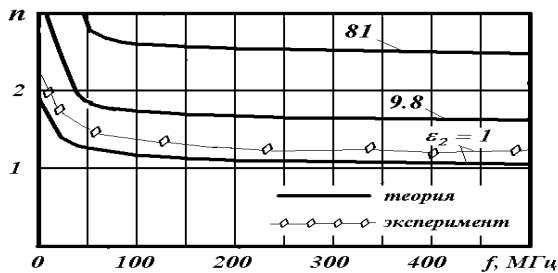


Рис.2. Сравнение теоретических и экспериментальных дисперсионных характеристик коаксиальной ребристой линии.

Полученные в результате электродинамического анализа теоретические соотношения позволяют рассчитать изменение фазовой скорости замедленной электромагнитной волны в коаксиальной линии с ребристыми проводниками и находятся в хорошем соответствии с результатами физического эксперимента. Применение такой структуры представляет практический интерес, поскольку позволяет уменьшать ее продольные геометрические размеры при сохранении электрической длины, что актуально для вопросов медицины, в частности для терапии урологических заболеваний.

Разработка электрода

Предлагаемый к разработке электрод был смоделирован в пользовательской программе компании Ansoft HFSS v.12 (рис.3). Для рабочей частоты 2450 МГц, общая длина электрода была выбрана равной 30 мм, диаметр электрода – 12 мм. Количество ребер, укладываемых на данной длине, при равенстве ширины ребра и расстояния между ними, выбрано равным восьми. Консультации со специалистами из 7 Центрального военного научно – исследовательского авиационного госпиталя (7 ЦВНИАГ) подтвердили, что данные геометрические параметры прибора приемлемы для проведения урологических процедур трансуретральной микроволновой термотерапии (ТУМТ).

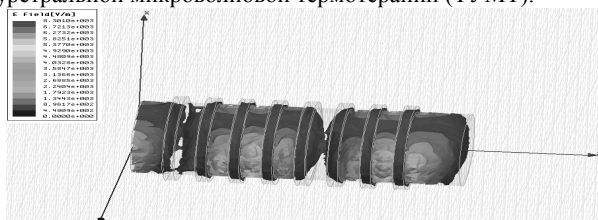


Рис.3. Модель электрода с продольно проводящим экраном в программе Ansoft HFSS v.12.

В ходе разработки данного электрода была проведена работа по созданию модели предстательной железы, включающая в себя все основные биологические параметры данного органа и соответствующая геометрическим параметрам среднестатистического мужчины в возрасте 40 лет (рис.4).

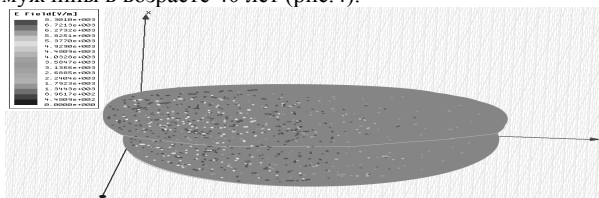


Рис.4. Модель предстательной железы.

Дальнейший анализ показал, что замедление в этой системе зависит от отношения геометрических размеров электрода и ϵ . На рис.5 при $\epsilon = 1$ приведена зависимость замедления n от отношения геометрических параметров электрода (с, р, а), рассчитанная в программе MathCAD.

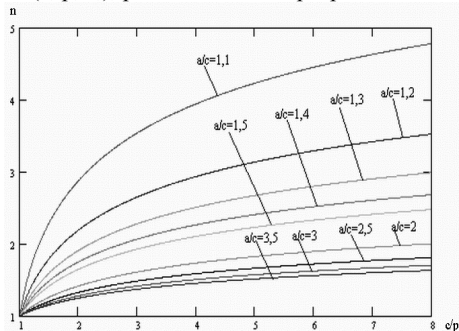


Рис.5. Зависимость коэффициента замедления от отношения геометрических параметров электрода.

Заключение

Обработка полученных результатов компьютерного моделирования и приближенного аналитического выражения для коэффициента замедления, с учетом особенностей проведения терапии показывает, что управляя поперечной постоянной и диэлектрической проницаемостью среды в пространстве между ребристым стержнем и экраном, можно добиться требуемого коэффициента замедления при заданной рабочей частоте электрода, что, в свою очередь, позволяет использовать предложенную структуру для эффективного терапевтического лечения заболеваний простаты.

Список литературы:

1. Изюмова Т.И., Свиридов В.Т. Волноводы, коаксиальные и полосковые линии. М.: Энергия, 1975. 112 с.
2. Елизаров А.А., Пчельников Ю.Н. Радиоволновые элементы технологических приборов и устройств с использованием электродинамических замедляющих систем. М.: Радио и связь, 2002. 200 с.
3. Елизаров А.А. Технологические процессы и устройства на замедленных электромагнитных волнах: современное состояние и тенденции развития // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 1998. т.1. №1. с.41-49.
4. Пчельников Ю.Н. Коаксиальная линия с ребристыми электродами. М.: Изд.-во МИЭМ, 1985. 19 с.
5. Елизаров А.А. Применение эквивалентных граничных условий для анализа электродинамических чувствительных элементов // Измерительная техника. 1999. №1. с.42-45.

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ОХРАННЫЕ СИСТЕМЫ

А.А. Колганов

факультет Электроники и телекоммуникаций

До середины 20 века среди автомобильных охранных систем преобладали механические (различные блокираторы и т.д.).

Первые сигнализации были представлены на автомобилях марки «Corvette» в 1968 году и входили в заводскую комплектацию. Несмотря на популярность «новинки», противоугонные устройства были выпущены ограниченной партией — менее чем 400 комплектов.

Немногим позже, а именно в начале 1970-х автомобильные сигнализации стали активно производиться коммерческими предприятиями в Италии и США. Лидерами европейского рынка автомобильных охранных систем стали компании «MetaSystem Group» (образованная в 1973 году в Италии), «MED S.P.A.» (образованная в 1971 году в Италии). Это были односторонние сигнализации в современном их представлении, где радиоуправление охранными и сервисными функциями осуществлялось с помощью брелока, а оповещение о попытке угона обеспечивалось звуковыми и световыми средствами.

Одним из родоначальников первых моделей электронных сигнализаций была американская компания «OMEGA Research&Development Inc.», которая с 1970 года занимается собственными разработками и производством охранных систем для автомобилей.

Но зарубежные автопроизводители не хотели отставать от своих коллег, решив активно внедрять штатные иммобилайзеры. Таким образом, параллельно с развитием сигнализаций, шло активное завоевание другого сегмента рынка автомобильных охранных систем. Так, в 1974 году

уже первая штатная охранная система («Anti-theft alarm system») входила в заводскую комплектацию автомобиля марки Mustang II.

Кроме этого, 70-80-е годы были ознаменованы целым рядом революционных разработок в области автомобильных охранных систем. Так в США были сделаны уникальные изобретения, получившие в свое время патенты: в 1972 году была разработана первая «беспроводная автомобильная сигнализация» с функцией оповещения на автомобильный пейджер. Автосигнализация имела выход на радиопередатчик, который мог изменять радиочастоту (в диапазоне частот гражданской (26,955 — 27,405) МГц и служебной (460 — 470) МГц радиосвязи) для передачи тревожных сообщений о сработавшем датчике охраны дверей или удара.

В 1975 году была изобретена автомобильная сигнализация, в которой впервые использовался замок с цифровой комбинацией для предупреждения незаконного проникновения грабителей в салон автомобиля.

В 1981 году появилась автосигнализация (возможно она была прообразом иммобилайзера), которая не требовала никаких специальных ключей или скрытых переключателей. Автором изобретения является Дэвид Т. Миг. Необычная идея стала популярной и заключалась в следующем — педаль тормоза после включения зажигания немедленно блокировалась, а для того, чтобы отключить сигнализацию требовалось удерживать ключ зажигания во включенном положении в течение 10 секунд.

В первой половине 80-х радиоканальные односторонние сигнализации, в основном в США, Западной Европе и Японии действительно переживали пик своей популярности. Об этом свидетельствует активный спрос на данные модели охранных систем, когда даже в кассовых голливудских боевиках герои демонстративно ставили и снимали автомобили с охраны с помощью брелока.

Здесь стоит сказать, что с 1980 года в эксплуатацию как раз вошли радиоуправляемые устройства (или, как говорится в источнике — «бесконтактные»), которые могли дистанционно отключать сигнализацию автомобиля и отпирать двери. При этом работа сигнализации основывалась на технологии «RFID» (Radio-Frequency Identification), радиочастотной идентификации. RFID — метка, расположенная в брелоке, содержала специальную серию кода, уникальную для каждого автомобиля, и могла составлять более 1 миллиона возможных комбинаций. Это были первые шаги криптования радиоданных.

Код представлял собой повторяющуюся 40-битовую последовательность. При нажатии на кнопку снятия с охраны, брелок посылал радиоприемнику 40-битовый код наряду с командой об автоматическом открытии дверей. Если посылаемый код проходил идентификацию, то двери автомобиля отпирались. В дальнейшем, эта технология широко использовалась и в бесконтактных иммобилайзерах.

Постоянно совершенствовались и датчики, используемые в сигнализациях, например, если в былые времена были популярны «датчики перемещения», отличающиеся высокой чувствительностью и срабатывали при любом покачивании кузова автомобиля, то вскоре они были вытеснены «шок-сенсорами», которые более разборчиво отслеживали удары по кузову автомобиля, отсеивая случайные колебания. Ситуация резко изменилась после появления двухуровневых датчиков удара, в которых можно было настраивать «силу воздействия» на предупредительный и основной уровни. Примером двухуровневого датчика удара является «Omni Sensor» (входящий в комплект автосигнализаций «Clifford», компания-производитель «Clifford Electronics», образованная в 1976 году).

В ближайшее десятилетие многие гиганты автомобилестроения («General Motors», «DaimlerChrysler», «Ford» и др.) включили в заводскую комплектацию своих автомобилей различные штатные охранные системы. Серийно штатные иммобилайзеры стали устанавливать на некоторые европейские автомобили с середины 80-х годов. Самыми популярными в те годы стали: «VATS», «P.A.T.S.», «Passlock», «Passkey II», «Securlock — Transponder».

Противоугонное устройство того времени (VATS «Vehicle Anti-Theft System» или PATS «Personal Auto Security System») состояло из декодирующего модуля, расположенного под приборной панелью, и двух небольших по толщине проводов, которые шли от модуля к цилиндру замка зажигания. В ключе зажигания был металлический шарик, окруженный твердой резиной. Этот шарик содержал определенный уровень примесей, чтобы вызывать то или иное сопротивление в цепи. Система запоминала сопротивление ключа при первом его повороте в замке зажигания. Обычно такая процедура осуществлялась на конвейере завода. Устройство блокировало старт автомобиля без ключа с идентичным сопротивлением.

С 1990-х годов в штатных иммобилайзерах «PATS» (представленных на автомобилях «Ford») впервые применялась технология RFID, где роль автомобильного ключа играла RFID-метка. Если считыватель машины не «видел» в своей зоне действия определенный идентификатор, машина не заводилась и не трогалась с места.

При этом коммерческие предприятия свои позиции сдавать не собирались, делая ставку на высокую криптостойкость, а следовательно, и угоностойкость охранных систем. Параллельно с этим, производители радиоканальных сигнализаций работали над криптоустойкостью радиоканала. Так, в 1994 г. в Лас-Вегасе на международной выставке потребительской электроники «Consumer Electronics Show» (CES) была продемонстрирована уникальная технология защиты радиоканала (в автосигнализациях «VIPER 500+» — продукция компании «Clifford Electronics»), где применялся динамический код 37 бит.

Появившиеся в 1995 году двухсторонние автомобильные сигнализации в Японии и Корее имели ряд преимуществ по сравнению со штатными сигнализациями: большая дальность оповещения автовладельца об угоне (до 1000 м) и большой перечень дополнительных функций — информативность брелока, дистанционный автозапуск. Но это, к сожалению, не обеспечило возрождение рынка охранных систем, так как первоначальный комплекс потребительских свойств двусторонних автосигнализаций был уничтожен жесткими законодательными ограничениями мощности радиопередатчика, что вынудило сократить дальность связи до 120 м. Это явилось определяющим фактором отказа от данного продукта.

Однако достойной альтернативой функциональности двусторонних сигнализаций стали GPS-сигнализации, позволяющие определять координаты автомобиля с точностью до 5 метров. Спутниковое слежение за автомобилями основано на работе GPS («Global Positioning System» — система глобального позиционирования).

В середине 90-х годов лидирующими компаниями, представляющими на рынок автосигнализаций GPS - системы, стали европейские коммерческие компании «Bosch», «Philips», «Blaupunkt» и японские «Etak», «Sony», «Alpine» и «Pioneer». Таким образом, на зарубежном рынке были в основном распространены автомобильные навигационные системы с элементами сигнализации и отслеживанием местоположения угнанного автомобиля. Элемент оповещения автовладельца вышеперечисленные системы не имели. Интересно заметить, что зарубежом АНС существ-

вовали и как штатный вариант для личных автомобилей, и как просто оборудование для навигации по местности.

Параллельно с развитием автомобильных GPS-сигнализаций, с 1991 года началось победное шествие по миру стандарта GSM (Global System for Mobile Communications). Хотя разработка этого стандарта цифровой связи была начата еще в 1985 году, а впервые вошла в эксплуатацию только в 1991 году в Германии. В результате, GSM-стандарт оживил рынок радиоканальных автосигнализаций. Производители отреагировали на это выпуском GSM-модуля и адаптировали к нему сначала односторонние, а затем и двусторонние радиоканальные автосигнализации, назвав их GSM-сигнализацией.

Современные же модели GSM-сигнализаторов имеют в своем арсенале намного больше сервисных функций: например, срабатывание дополнительных систем оповещения при угоне, или оперативная связь с группой реагирования. Благодаря GSM-сигнализации можно было отслеживать состояние автомобиля, находясь даже за пределами страны, а набор устанавливаемых датчиков практически не ограничивался.

Здесь надо признать, что GSM-сигнализации были более дешевой альтернативой GPS, однако под натиском стремительно развивающихся и приобретающих все большую популярность GPS-сигнализаций, GSM-сигнализации (как отдельный класс противоугонных систем) не выдерживали такой конкуренции. Это связано с тем, что в настоящее время имеет место тенденция к увеличению сервисных функций охранных систем, оптимальное соотношение которых представлено именно в системах спутниковой навигации. Помимо своих «базовых преимуществ», они предоставляли ряд полезных опций, к примеру, можно отдавать команду о включении двигателя или открытии дверей посредством Интернет.

Новую ступень в развитии автосигнализаций представляют спутниковые GPS-GSM сигнализации. По статистике, самый высокий процент возврата приходится на автомобили со встроенной GPS-GSM поисковой системой. Единственным препятствием на пути приобретения спутниковой GPS-GSM сигнализации становится высокая стоимость не только самой продукции, но и ежемесячной абонентской платы. При этом лидирующие позиции в данном сегменте автомобильных охранных систем все это время занимали крупные коммерческие предприятия и организации.

Список литературы:

1. Ford Motor Company. URL: <http://corporate.ford.com/> (дата обращения 25.01.2013)
2. Clifford Car Alarm. URL: <http://www.clifford.com/> (дата обращения 25.01.2013)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В РАДИОЭЛЕКТРОННОМ БЛОКЕ С ПЕРФОРИРОВАННЫМ КОРПУСОМ

П.А. Кравцов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

Данное исследование является этапом разработки методики проектирования радиоэлектронных устройств (РЭУ). В тезисах описан экспериментальный образец перфорированного блока РЭУ и ставятся задачи исследования, направленного на увеличение точности и адекватности математических моделей перфорированных блоков.

Введение

Исследование подразделяется на ряд экспериментов. Первая серия экспериментов заключается в выявлении зависимости тепловых режимов работы радиоэлектронных элементов (РЭЭ) от ориентации платы в пространстве. Вторая серия – в выявлении зависимостей тепловых режимов работы радиоэлектронного устройства (РЭУ) в целом от ориентации, степени перфорации стенок корпуса и от мощности, выделяющейся в различных частях платы. Обобщение результатов этих экспериментов должно способствовать продвижению к цели исследований – созданию методики проектирования РЭУ.

Экспериментальный образец представляет собой стеклотекстолитовую плату, на которой равномерно распределены 27 резисторов, разбитых на 3 группы по 9 в каждой. Плотность компоновки элементов низкая.

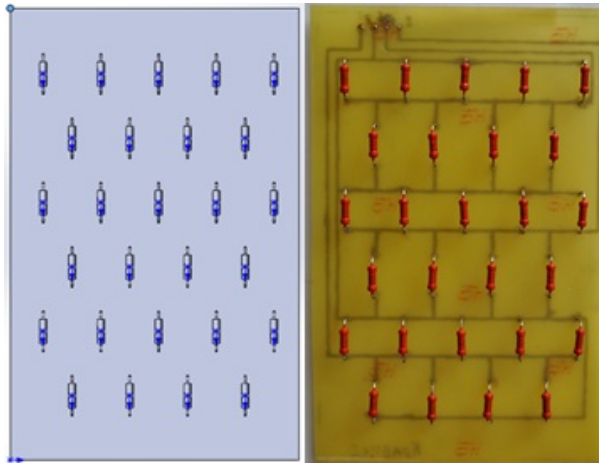


Рис.1. Компьютерная модель и фотография экспериментального образца платы

Первая серия экспериментов.

В основу этой группы экспериментов заложено предположение, что при одном и том же режиме работы элементы на плате могут иметь разную температуру в зависимости от ориентации в пространстве. К примеру, при горизонтальной ориентации платы элементами вверх (при учете, что плотность компоновки РЭЭ достаточно низкая) температура, скорее всего, либо не будет различаться, либо это различие будет неощутимо. При горизонтальном расположении элементами вниз все меняется за счет того, что конвективная составляющая охлаждения элементов в центральной части платы будет менее действенна. Из простейших знаний физики понятно, что теплый воздух от центральных элементов должен обогреть все соседние элементы, также излучающие тепло. В данном случае это и является причиной разницы температур элементов.

При вертикальной ориентации платы температура верхних рядов элементов должна быть выше температуры нижних рядов элементов. Это происходит опять же по причине конвективного движения масс теплого воздуха от элементов нижних рядов через элементы верхних рядов.

Вторая серия экспериментов

В этой серии экспериментов, во-первых, проверяется влияние наличия корпуса (а конкретнее 4 больших по размеру стенок, без торцов) на режимы работы, указанные в первой серии. В данном случае наличие корпуса может препятствовать конвективному движению воздуха, с одной стороны, либо же наоборот вызывать тягу, с другой стороны.

Во-вторых, выявляется зависимость тепловых режимов работы РЭУ при различных степенях перфорации торцевых стенок при горизонтальном и вертикальном положении корпуса.



Рис.2. Фотография экспериментального образца перфорированного блока

В-третьих, выявляется зависимость режимов работы РЭУ при различном распределении нагрузки по плате. Реализованы 3 позиции тепловыделения по 2 ряда резисторов (5 + 4 штук).

Заключение

По результатам экспериментальных исследований будет предложена математическая модель перфорированного блока, которая войдет в состав методики проектирования РЭУ. Основной новизной методики будет возможность на ранних стадиях проектирования, до решения задачи размещения, предварительно определять разброс температурных режимов РЭУ с учетом их влияния друг на друга.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ-МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ССВ К ВОЗДЕЙСТВИЮ МОЩНЫХ СКИ ЭМП

А.В. Секунов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Системы событийного видеоконтроля(ССВ) кассовых операций находят все более широкое применение в комплексной защите объектов в службах безопасности банков. Эффект от таких систем получается всегда, когда они тщательно спроектированы, аккуратно смонтированы и квалифицируемо эксплуатируемы. Решение этих трех проблем неразрывно связано с наличием соответствующих знаний, требований по устойчивости к ЭМИ и практических навыков у специалистов, выполняющих проектирование, монтаж и эксплуатацию систем.



Рис. 1. Принцип работы системы событийного видеоконтроля в банке

Предложенные ниже методы и программные средства являются методической основой для научно-обоснованных решений по обеспечению стойкости ССВ и повышению помехозащищенности, отвечающей требованиям стандартов МЭК. По результатам проведенных исследований разработаны рекомендации по совершенствованию методов средств защиты ССВ от воздействия сверхкороткого импульса э/м поля(СКИ ЭМП).

Целью исследований является:

- исследование работоспособности объектов исследований при воздействии сверхкоротких электромагнитных импульсов;
- проверка основных эксплуатационных характеристик объектов исследований после воздействия СКИ ЭМП.
- определение параметров воздействующих СКИ ЭМП, приводящих к нарушениям в работе объектов исследований.

Исследования проводятся в следующем объеме:

- определение параметров воздействующих СКИ ЭМП;
- воздействие на ССВ сверхкороткими электромагнитными импульсами;
- определение основных характеристик ССВ после воздействия СКИ ЭМП.

Программа проведения экспериментальных исследований.

Первый этап.

Определение параметров воздействующих СКИ ЭМП.

Исследуемые характеристики: амплитуда импульсов напряженности электрического поля, длительность фронта импульсов между уровнями 0,1- 0,9 от амплитуды, длительность импульсов поля на уровне 0,5 от амплитуды, частота следования импульсов.

Второй этап.

Исследование воздействия СКИ ЭМП на ССВ

Исследуемые характеристики: диагностика функционирования ССВ. Определение параметров воздействующих СШП ЭМИ, приводящих к нарушениям работы ССВ.

Третий этап.

Определение основных характеристик ССВ после воздействия СКИ ЭМП.

Исследуемые характеристики: чувствительность.

При проведении исследований должны соблюдаться условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20±5
- относительная влажность, %, не более 80
- атмосферное давление, кПа 87-107
- напряжение питающей электросети, В 220±22
- частота, Гц 50±1

К проведению исследований допускаются подготовленные лица, изучившие устройство и принципы работы излучателей, ознакомленные с руководствами по эксплуатации и другой эксплуатационной документацией, имеющие опыт работы с контрольно-измерительными приборами и аппаратурой.

Облучению СК ЭМИ будет подвержена действующая система событийного видеоконтроля.

Перечень образцов: персональный компьютер с платой видеозахвата и монитором, блок питания БП-24, кабели питания и управления, внутренняя сетевая видеокамера в герметичном корпусе – Axis M1011(Тайвань), сортировщик банкнот Kisan Newton.

Аппаратура для эксперимента:

- генератор СКИ ЭМИ ГИВН-40/1 Fid technology («Комплект»);
- 4-рупорная антенна (0,36х0,36 м).
- Автономный регистратор амплитуды напряженности поля

Параметры излучаемого сигнала:

- форма импульсов: колоколообразная;
- длительность импульса по уровню 0,5: 250 пс;
- длительность фронта по уровню 0,1 – 0,9: 250 пс;
- частота повторения импульсов: 700 Гц.
- напряжённость поля СК ЭМИ: 28 кВ/м на расстоянии 2 м.

Результаты исследований

В результате исследований устойчивости компьютеров к воздействию СК ЭМИ было установлено следующее:

1. Амплитуда опасных уровней напряженности электрического поля, создаваемых излучателями СК ЭМИ должна находиться в пределах 2-10 кВ/м. Установлено, что при напряженности поля менее 2 кВ/м большинство из исследованных типов компьютеров не имеют эффектов, связанных с зависанием. При амплитуде прямого излученного сигнала более 10 кВ/м происходит сбой практически всех устройств, чувствительных к воздействию электромагнитных импульсов.

2. Диапазон частот повторения импульсов, который следует выбрать для эффективного воздействия СК ЭМИ на видеосистемы, по нашему мнению, составляет 100-1000 Гц - в случае применения излучателей на основе полупроводниковых ключей.

3. Однократные ЭМИ имеют эффективность воздействия от одного импульса в 1,5-2 раза ниже, чем пачка импульсов с частотой 10 Гц длительностью в доли секунды.

4. Наибольшее влияние на компьютер оказывают импульсы поля длительностью $T_{им} \sim 400$ пс. Импульсы более длинные (~ 600 пс), как и более короткие (~ 190 пс и короче) требуют большей напряженности поля.

5. Исследования распространения СК сигналов показали, что поражающее действие СК ЭМИ на объекты при использовании излучателя СК ЭМИ в помещении существенно возрастает. Это вызвано отражениями сигналов от стен и переизлучениями от металлических конструкций, накладывающимися на спаде воздействующего импульса, что создает дополнительный вклад в суммарную энергию воздействия.

Исследования устойчивости видеокамер к воздействию гармонических и импульсных СК ЭМП показали их высокую устойчивость к гармоническим полям в диапазоне частот 1-60 МГц, напряженностью 10-100 В/м и импульсным полям напряженностью 10-100 кВ/м.

Результаты исследований показали восприимчивость ССВ к СК ЭМИ, при уровнях поля 5-10 кВ/м., которые могут быть созданы малогабаритными портативными излучателями.

При воздействии СК ЭМИ на объекты ССВ различных конфигураций наблюдались следующие эффекты нарушения работоспособности, как ПК, так и видеокамеры:

- временный отказ мыши и клавиатуры, при котором их работа невозможна или происходит искажение вводимых в ПК данных ($E=0,5$ кВ/м, $T_{фр}=0,2$ нс, $F=100-1000$ Гц);

- сбой видеосистемы ПК, при этом наблюдаются существенные искажения изображения на мониторе во время воздействия ЭМИ ($E=1$ кВ/м);

- зависание ПК, требующий для восстановления работоспособности перезагрузки ($E=2-4$ кВ/м);

- самопроизвольная перезагрузка ($E=2-4$ кВ/м);

Исходя из полученных результатов, сформулированы пороговые режимы воздействия СК ЭМИ на элементы ССВ, насыщенные цифровыми устройствами:

1) Амплитуда воздействующих импульсов поля ~ 10 кВ/м.

2) Диапазон частот воздействующих импульсов должен находиться в интервале 100-1000 Гц - в случае

применения излучателей на основе полупроводниковых ключей. При этом, для полупроводниковых излучателей, использование максимальных значений частоты (1 кГц) является оправданным, если это не влечет за собой существенного увеличения массогабаритных характеристик и энергопотребления.

3) Длительность излучаемых импульсов (или длительность фронта генераторов, возбуждающих СК антенну) должна находиться в пределах 0,25-0,5 нс.

4) Наиболее эффективным вариантом применения СК ЭМИ излучателей является их использование в здании и помещениях, имеющих металлические элементы в конструкции стен, полов и потолков.

Рекомендации по повышению устойчивости РЭА к воздействию ЭМИ

Наиболее простым и эффективным способом защиты ССВ в корпусах остаются различные типы экранов. В качестве эффективных экранов для защиты от СК ЭМИ могут быть использованы металлические сетки (размер ячейки сетки не должен превышать $0,1 \dots 0,2$ минимальной длины волны в спектре сигнала), фольга, напыляемые пленки, металлизированные краски и т.д. В работе установлено, что защитная краска уменьшает амплитуду электромагнитного поля внутри диэлектрического объема в ~ 3 раза.

Применение к РЭА, размещаемой в пластиковых корпусах, мер защиты, основанных на использовании относительно тонкостенных экранов, даже с учетом существующих в них неоднородностей, позволяет повысить эффективность экранирования аппаратуры на 10...20 дБ.

Важной организационной мерой, направленной на повышение защищенности ССВ, насыщенных цифровыми устройствами от действия СК ЭМИ, должна стать разработка требований к ним по стойкости и проведение сертификационных исследований.

Основным требованием, предъявляемым к защитному элементу, является обеспечение его минимального влияния на работу защищаемой цепи, устройства, аппаратуры при отсутствии ЭМИ.

Рекомендуется использовать следующие методы повышения устойчивости РЭА к воздействию ЭМИ:

- конструктивные (экранирование, зонирование, группирование, рациональное заземление);
- схемотехнические (ограничение наводок по спектру, амплитуде), использование элементов оптоэлектроники.

Список литературы:

1. Ольшевский А.Н. Научно-методическое обеспечение испытаний систем видеонаблюдения на стойкость к воздействию мощных электромагнитных импульсов. Технологии ЭМС, № 4(15), 2006, с. 62-68.

2. Сахаров К.Ю., Туркин В.А., Михеев О.В., Корнев А.Н., Акбашев Б.Б. Исследования СК ЭМИ на персональные компьютеры // Технологии электромагнитной совместимости №2(17). М., Издательский Дом «Технологии», 2006г.

3. Крохалев Д.И., Сидорюк П.А., Фарафонов О.А., Якушин С.П., Ведмидский А.А. Требования к средствам измерений импульсных сверхширокополосных электромагнитных полей. Технологии ЭМС, N2, статья, 2003

4. Акбашев Б.Б., Туркин В.А., Алешко А.И., Михеев О.В., Сахаров К.Ю., Семин В.В., Соколов А.А. Экспериментальные исследования воздействия сверхкоротких электромагнитных импульсов на систему контроля доступа в помещения // Технологии электромагнитной совместимости №1(16). М., Издательский Дом «Технологии», 1(16), 2006г., с. 3-6.

5. IEC 61000-2-13: Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-13: Environment – High power electromagnetic (HPEM) environments – radiated and conducted, 2004.

МЕТОД СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНЫХ ЭФФЕКТОВ ВНУТРЕННЕЙ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Г.А. Белик

Общественные кафедры,
кафедра «Физической химии и экологии»

В настоящий момент разрабатываются и применяют платформы космических аппаратов более прогрессивного поколения, с точки зрения весов и теплообмена – в негерметичном исполнении. Это дает возможность существенно уменьшить массу КА и более свободно выбирать его конфигурацию. Это разработки РКК «Энергия» - спутники серии «Ямал» на основе универсальной космической платформы, разработки ОАО «ИСС» - космическая платформа серии «Экспресс 1000», использованная на спутнике Глонасс третьего поколения Глонасс-К, проходящего в настоящий момент этап летно-конструкторских испытаний и платформа «Навигатор» - базовый модуль служебных систем, разработанный в ФГУП «НПО им. Лавочкина» – первое применение которого произошло на метеоспутнике Электро-Л №1, находящемся в штатной эксплуатации и первом научном аппарате серии Спектр – Спектр-Р (проект «Радиоастрон»). В связи с этим на качественно новый уровень выходит проблема внутренней электризации, которая известна уже достаточно давно [1]. Суть проблемы состоит в проникновении сквозь элементы конструкции и корпусов микросхем потоков электронов естественных магнитных поясов земли с энергиями от 100 кэВ до 2 МэВ, а также т.н. «электронов-убийц» – немногочисленных частиц с энергиями больше 2МэВ, защиту от которых, как и от высокоэнергетических протонов, в целом предусмотреть невозможно. Их воздействие может привести к критическим отказам. Пути решения – усиление защит корпусов микросхем в радиационно-стойком исполнении и обязательная разработка защитных алгоритмов на уровне программного обеспечения – т.е., необходимость разработки логики и архитектуры функционирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры с учетом отказа ее компонентов на уровне каждой микросхемы, а не только узлов в целом. Более подробные обзоры развития проблематики внутренней электризации даны в статьях [2,3]

Одним из путей решения проблемы внутренней электризации является разработка диэлектриков с небольшой проводимостью, т.н. нанопроводимостью [4] – т.е., имеющих проводимость более $10^{-9} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$. Эта концепция была предложена в 2003 году в статье коллектива авторов [5], и развита в исследованиях на кафедре общей и физической химии МИЭМ НИУ ВШЭ в настоящий момент. Таким образом, была поставлена задача установить принципиальную возможность использования такого диэлектрика и провести экспериментальные с ним работы, в качестве которого был выбран парафин (высокоочищенный парафин П-2 [6]) в который добавлялся технический углерод (сажа). Следует отметить, что минимальный размер частиц здесь составляет порядка 100-200 мкм. В результате экспериментальных работ по добавлению сажи в парафин, с последующими исследованиями полученных образцов [7], была получено, что необходимая проводимость достигается при содержании от 7 до 9 процентов сажи в массе парафина.

Полученные образцы слабопроводящего диэлектрика с разным процентным содержанием измерялись на диэлектрическую проницаемость и проводимость, косвенным методом при помощи измерителя иммитанса и электрометра [7]. Несколько образцов, с процентным содержанием от 5 до 9 процентов подвергались облучению моноэнергетическим потоком электронов с энергией 30 кэВ на экспе-

риментальной установке на основе агрегата для микро-сварки ЭЛА 50/5, находящейся на кафедре общей и физической химии МИЭМ НИУ ВШЭ. В течении пяти минут не наблюдалось разрядов на поверхности и по краям образцов, когда как в проведенных таких же экспериментальных работах с образцом из чистого модельного диэлектрика, уже ко второй минуте наблюдались ясно различимые древовидные фигуры Лихтенберга, а также периодические разряды.

На следующем этапе исследований была использована микросхема SN74S124 [8] (аналог К531ПТ1) на основе которой было сделано макетное устройство – автоколебательный мультивибратор, генерирующий на выходе прямоугольные импульсы напряжения типа «меандр». Частота этих импульсов задается путем расчета навесных элементов, или путем подачи напряжения на соответствующие управляющие входы микросхемы. В качестве имитации печатной платы, к микросхеме дополнительно присоединились провода, имитирующие дорожки печатной платы.

Измерения проходили в два этапа: на собранную схему подавалось питание, записывался и запоминался результат. На втором этапе, не меняя ничего в схеме физически, а также не изменяя ее местоположения, схема погружалась в полученный слабопроводящий диэлектрик целиком. Его удельное электрическое сопротивление составило $3 \cdot 10^9 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ с процентом массовой доли сажи в 8,5 процентов. Также снимались данные на цифровой запоминающий осциллограф, представленные на рисунке 1.

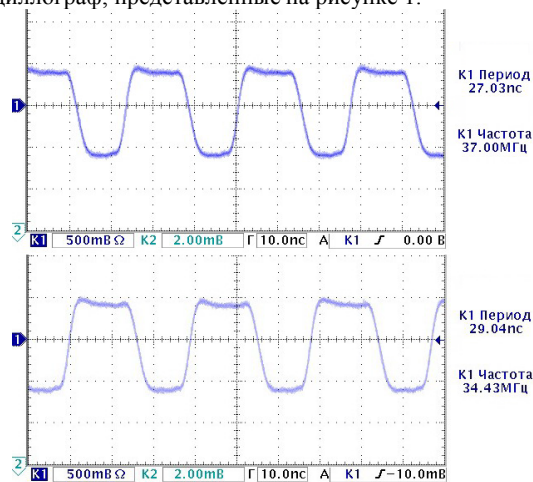


Рис. 1. Выходной сигнал с мультивибратора не погруженного (верхний график) в погруженного (нижний график) в нанопроводящий диэлектрик

Повторив несколько раз, было получено: на частоту генерируемого импульса данное покрытие не повлияло, максимальное изменение частоты в рамках одного этапа измерений – с 37 до 34,4 МГц.

Ответить на вопрос, можно ли использовать полученный слабопроводящий диэлектрик и влияет ли его применения на скорость передачи данных было решено следующим способом.

Два ПК соединяются кабелем типа «витая пара» длиной 2 метра, категория кабеля – 5. Объектом исследования является сетевая карта, подключаемая в слот PCI одного из ПК.

С помощью специализированного программного обеспечения iperf [9], работающего через командную строку, и более удобной русскоязычной версии с графическим интерфейсом-надстройкой, написанной на языке Java – jperf измерялась скорость передачи данных. Измеряется скорость передачи и приема данных этой картой в ПК «Б» посредством витой пары, соединенной с ПК «А». В ПК «Б»

находится также сетевая карта, на всем протяжении измерений без каких-либо изменений.

Данное ПО состоит из двух частей типа «клиент-сервер», запускаемых на разных ПК. Запустив серверную на первом ПК, а клиентскую часть на втором ПК, ПО обеспечивает передачу пакетов данных в режиме заполнения всей доступной полосы пропускания по скорости. Эта скорость зависит от типа кабеля и плат в обоих ПК. Среднее выводится по результатам пяти последовательных измерений.

Суть измерений состоит в определении влияния на скорость передачи данных состояния печатной платы сетевой карты и состоит из трех этапов:

1) Измерение скорости передачи данных через плату с нанесенным заводским способом защитным эпоксидным лаком со стороны выводов, полигонов «земли» печатного монтажа.

2) Измерение скорости передачи данных через плату с удаленным защитным покрытием из лака.

3) Измерение скорости передачи данных через плату с удаленным защитным покрытием лака, в замен которого нанесено покрытие из слабопроводящего диэлектрика.

Здесь следует отметить, что удаление штатного эпоксидного лака оказалось нетривиальной задачей, с которой не смог справиться ни один из известных растворителей, в том числе специализированных для эпоксидных красок. Поэтому лаковое покрытие было удалено механическим способом, мелкозернистой шлифовальной бумагой, внешний вид печатной платы представлен на рисунке 2.

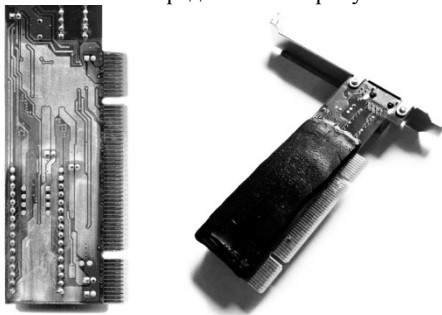


Рис. 2. Внешний вид печатной платы со снятым защитным лаковым покрытием (слева) и с покрытием из слабопроводящего диэлектрика (справа)

Итак, данное ПО генерировало строго однонаправленные информационные пакеты, что показали неоднократные тесты в самых разнообразных конфигурациях служебного (системного) программного обеспечения, для исключения его влияния на производительность обработки и передачи информации поступающей или передаваемой через сетевые платы. В результате более 50 сеансов передачи и приёма было получено, что состояние при сравнении работы платы без лакового покрытия и с покрытием из слабопроводящего не влияют на скорость передачи данных (в рамках одного этапа пяти последовательных сеансов передачи информационных пакетов), максимальная достигнутая скорость – 91 Мбит/с

Таким образом, в нашем исследовании показан способ решения проблем, связанных с электризацией элементов бортовой радиоэлектронной аппаратуры на КА нового поколения, не обладающих герметичным корпусом. Для защиты от опасного воздействия потоков электронов, которые могут привести к критическим отказам бортовой аппаратуры, было предложено создать новый материал для печатных плат, состоящий из парафина и сажи, который бы практически исключал возникновение нежелательных разрядов в результате внутренней электризации элементов БРЭА

Как показали экспериментальные испытания указанного метода, он действительно существенно снижает опасность разрядов, которые могут привести к выходу из строя аппаратуры КА. В течение пяти минут не возникло ни одного разряда, в то время как на контрольном образце обычного диэлектрика разряды появились уже на второй минуте испытания.

Одним из самых важных итогов нашего исследования явилось также и то, что замена в электронной плате стандартного диэлектрика на разработанный нами новый не сказалось на скорости передачи данных.

Список литературы:

1. Frederickson A.R. (1974) Radiation Induced Electrical Current and Voltage in Dielectric Structures. AFRL-TR-74 – 0583, 41 p.
2. Белик Г.А., Абрамешин А.Е., Саенко В.С. Внутренняя электризация бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов. – Технологии ЭМС. – 2012. – №3(42) – С. 5-16
3. В.А.Иванов, Е.П.Морозов Внутренняя электризация диэлектрических элементов электрорадиоизделий – трудно прогнозируемый фактор воздействия космической среды на бортовые приборы. – Космонавтика и ракетостроение. – 2012. – Т.1(66)
4. Абрамешин А.Е. Развитие концепции нанопроводимости диэлектриков в отечественной космической технике. – Технологии ЭМС. – 2012. – №3(42) – С. 29-32
5. Пожидаев Е.Д., Саенко В.С. Смирнов И.А., Бабкин Г.В., Морозов Е.П., Тютнев А.О., Флоридов А.А., Доронин А.Н. Повышение стойкости космических аппаратов к воздействию поражающих факторов электризации. – Космонавтика и ракетостроение. – 2003. – Т.1(30). – С. 32-35.
6. ГОСТ 23683-89. Парафины нефтяные твердые
7. Абрамешин А.Е., Белик Г.А., Саенко В.С. Исключение внутренней электризации бортовой аппаратуры космических аппаратов путем применения нанопроводящих диэлектриков. – Труды XXII Международного совещания «Радиационная физика твердого тела», 9-14 июля 2012 г. Севастополь, с. 544-550
8. SN74S124, SN54S124. Dual voltage controlled oscillators. Rev. April 2004. // Texas Instruments Incorporated. Официальный сайт - www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74s124.pdf
9. A.Tirumala, L. Cottrell, T. Dunigan. Measuring end-to-end bandwidth with Iperf using Web100. Proc. of Passive and Active Measurement Workshop, 2003

УПРОЩЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КОЭФФИЦИЕНТА ОБЛУЧЕННОСТИ

Н.Н. Кокин

факультет Электроники и телекоммуникаций

Тезисы посвящены влиянию коэффициента облученности как важной составляющей лучистого теплообмена на размерность и точность создаваемой модели тепловых процессов в бортовой аппаратуре космических аппаратов.

Бортовая радиоэлектронная аппаратура космических аппаратов (БРЭА КА) представляет собой сложный комплекс модулей и блоков, осуществляющих контроль и управление функционированием и обеспечивающих выполнение космическим аппаратом возложенных на него задач. Развитие РЭА космических систем подразумевает снижение габаритных размеров и массы аппаратуры с параллельным увеличением спектра выполняемых задач, что неизбежно приводит к повышению мощности тепловыде-

ления. К примеру, отдельные образцы аппаратуры регулирования и контроля систем электропитания спутников достигают полной мощности в 40 кВт.

Специфика теплообмена в бортовой аппаратуре космических аппаратов заключается в видах теплообмена, присутствующих при эксплуатации. В случае с БРЭА спутников отпадает возможность охлаждения аппаратуры посредством конвективного теплообмена. Фактически, теплопередача внутри модулей осуществляется двумя путями: кондуктивным и лучистым теплообменом.

Когда речь идет о расчете лучистого теплообмена внутри блока, возникает вопрос – какое количество тепловой энергии, излученной с одной платы в модуле, будет поглощено другой? Ответом на данный вопрос становится коэффициент облученности, или коэффициент оптической видимости одного объекта относительно другого.

При создании математической модели возникает вопрос: все ли случаи лучистого теплообмена будут в равной степени влиять на результаты расчета математической модели. При каких его значениях возможно исключение данной взаимосвязи из расчетов, что позволило бы сократить количество связей в модели.

Для исследования данного вопроса были созданы две математических модели, состоящие из 3 плат 150*50мм, расположенных параллельно друг другу, с тепловыделением в 1.5 Вт на центральной плате, и окружающим пространством с температурой 30 °С. В первой модели отсутствовало излучение на боковое пространство. Во второй модели вместе с присутствием бокового излучения дополнительно проверяется, как с увеличением расстояния во второй модели распределяются тепловые потоки. Моделирование происходит в специальной программе по созданию моделей верхнего уровня иерархии.

При исследовании данного объекта основные тепловые потоки от центральной платы распространяются в нескольких направлениях (в случае с реальным объектом ситуация аналогична): два тепловых потока между центральной платой и крайними платами (коэффициент облученности k_o), четыре тепловых потока между пространством и платой со стороны короткого участка центральной платы и четыре тепловых потока между пространством и длинной стороной центральной платы.

Зависимость коэффициента облученности представлена на рисунке 1.

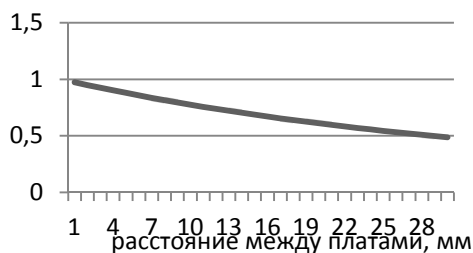


Рис. 1. Зависимость коэффициента облученности от расстояния между платами k_o

В практике проектирования на этапе предварительного анализа тепловых процессов БРЭА КА редко используются все 8 связей, описывающих лучистый теплообмен с боковым пространством, поскольку эти связи должны прикладываться к каждому узлу в модели, представляющему печатную плату.

При больших значениях коэффициента облученности между параллельными пластинами k_o (от 1 до 0.85) разница температур между одинаковыми узлами двух моделей с учетом бокового излучения и без него составила от 2% до 10% температуры модели с учетом боковых излучений. Это позволяет сделать вывод о возможности исключения из математической модели БРЭА КА ветвей бокового лучистого теплообмена с узлов, моделирующих печатные

платы, коэффициент облученности между которыми составляет приближенные к 1 значения. Разница температур между 2 моделями представлена на рисунке 2.

Проведенный анализ показал, что в случае, когда платы обладают одинаковыми температурами, тепловые потоки между ними отсутствуют (поскольку напрямую зависят от разницы температур между 2 объектами), что тоже позволит сократить размер модели за счет исключения лучистого теплообмена в случае модульной конструкции, состоящей из одинаковых элементов.

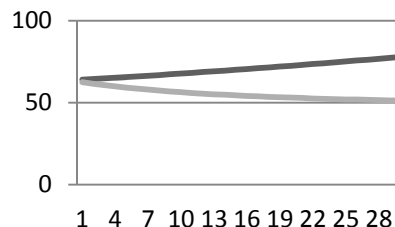


Рис. 2. Температура 2х моделей в зависимости от расстояния. (верхний – без переизлучения, нижний с переизлучением)

При малых значениях k_o наибольший вклад в отведения тепловой энергии с элемента будет осуществлять боковое излучение. В моделях, при значении коэффициента облученности менее 0.5, тепловой поток на боковые стенки превысил 55% от общего. Разница температур между 2 моделями составила 52%. Анализ данных показателей позволяет сделать вывод – при больших расстояниях между 2 платами исключение лучистого теплообмена приведет к серьезным погрешностям в граничных условиях, полученных для детального анализа.

На рисунке 3 представлен процент суммарного теплового потока на боковое пространство в зависимости от расстояния между платами.

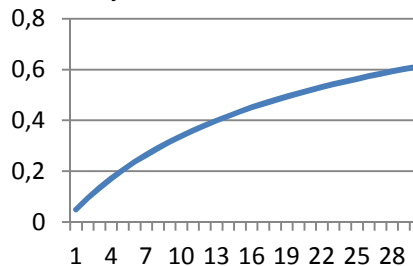


Рис. 3. Доля теплового потока на боковое пространство в зависимости от расстояния

Такая проверка может занимать большое количество времени у специалиста, поэтому её автоматизация ставится одной из приоритетных задач, решаемых в ходе данных исследований. При этом предлагается получить программное обеспечение помогающее специалисту принимать решение об изменении модели с анализом изменения точности получаемых результатов.

Список литературы:

1. Кокин Н.Н. Исследование влияния детализации модели на точность моделирования тепловых процессов космической радиоэлектронной аппаратуры // Тезисы для научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ, посвященной 50-летию МИЭМ. – М.: МИЭМ, 2012. – С.71.
2. Kokin N. Volovikov V. Form-factor calculation in simulation of spacecraft's radioelectronic equipment // Innovation Information Technologies: Materials of the International scientific – practical conference. – М.: МИЭМ, 2012 p.286-287.
3. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. «Конструир. и произв. радиоаппаратуры». – М.: Высш. шк., 1984. -247с.

ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА БАЗЕ ПЛИС

А.В. Панкин

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

В докладе рассмотрен принцип обработки данных последовательного интерфейса ARINC 429 специализированного вычислительного устройства. Рассмотрен метод параллельной работы устройства по последовательным интерфейсам ARINC 429. Предложен метод повышения эффективности обработки данных за счет применения программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

Введение

Сегодня, активно развиваемым направлением создания вычислительных устройств, являются системы на базе высокоинтегрированных ПЛИС. В результате быстрого развития интегральных технологий на одном кристалле становится возможным размещать целые системы (процессорную часть, память, интерфейсные схемы и др.).

Встраиваемые в ПЛИС блоки обработки данных позволяют полностью удовлетворить требованиям заказчика и добиться масштабируемой производительности. По сути, ПЛИС являются платформами общего назначения, на базе которых разработчики проектируют одно- или многопроцессорные системы. Благодаря возможности ПЛИС интегрировать функцию обработки данных с помощью встроенного аппаратного или программного процессорного блока разработчики настраивают системы таким образом, чтобы удовлетворить требованиям специализированных приложений.

Типовой специализированный вычислитель

Типовой специализированный вычислитель состоит из нескольких узлов. В его задачи входят: прием входного сигнала по ARINC 429, его обработка, например, передача по нескольким коммутируемым каналам, вывод информации на монитор, прием управляющей информации с пульта управления. Для связи процессорного модуля с интерфейсными модулями используется общая шина.

Специализированный вычислитель состоит из трех основных элементов:

- блок питания;
- объединительная плата, с общей шиной;
- узлов интерфейсов;
- процессорного узла.

При реализации такой архитектуры в функции процессорного узла входят инициализация интерфейсных узлов, сбор и обработка данных с общей шины, прием и обработка управляющей информации и передача обработанной информации по одному или нескольким основным каналам передачи данных. Для этого нередко требуется достаточно мощный и быстродействующий процессор, поэтому для таких устройств необходимы громоздкие системы отвода тепла. Процессорный узел полностью управляет всеми процессами вычислительного устройства. Поэтому, по мере увеличения количества интерфейсных узлов возрастает вычислительная нагрузка на процессорный узел.

Узел интерфейсов реализует процесс обмена данными вычислительного устройства с внешними устройствами по последовательным каналам ARINC 429. В настоящее время это самый распространенный способ обмена информацией на летательных аппаратах.

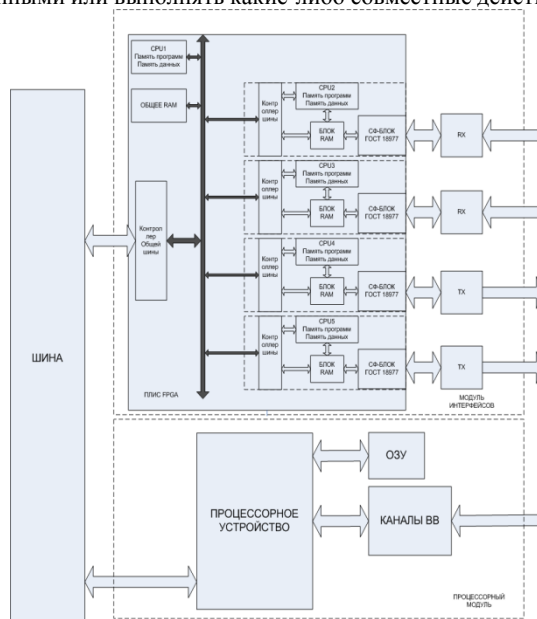
Узел интерфейсов обеспечивает преобразование последовательного сигнала ARINC 429 в параллельный сигнал общей шины.

Специализированный вычислитель на базе плис

Структура специализированного вычислителя на базе ПЛИС отличается от типового варианта реализации наличием на интерфейсном модуле высокоинтегрированной ПЛИС типа FPGA, включающая в свою структуру встраиваемые микропроцессоры, оперативную память, а также блоки обработки данных по ARINC 429.

В качестве микропроцессорного ядра используются синтезируемые процессорные ядра (Soft Processor Cores), которые представляют собой СФ-Блоки, разработанные и оптимизированные в качестве процессорных ядер для СнК, реализуемых на ПЛИС.

При разработке структуры был использован важный принцип – распараллеливание выполняемых задач с разделением системы на функциональные блоки. Каждый каналный процессор обрабатывает информацию только своего канала. Таким образом, при приеме сразу двух сигналов одновременно, ни один сигнал не потеряется, как это возможно в случае с типовой реализацией. На аппаратной платформе такую структуру зачастую невозможно реализовать, поскольку и процессор, и контроллеры имеют ограниченный фиксированный набор интерфейсов. Как правило, все периферийные контроллеры подключаются на одну и ту же шину процессора, и, соответственно, обращаются к ним процессор может только последовательно. Но главное – большинство контроллеров требуют внешнего управления и не могут самостоятельно обмениваться данными или выполнять какие-либо совместные действия.



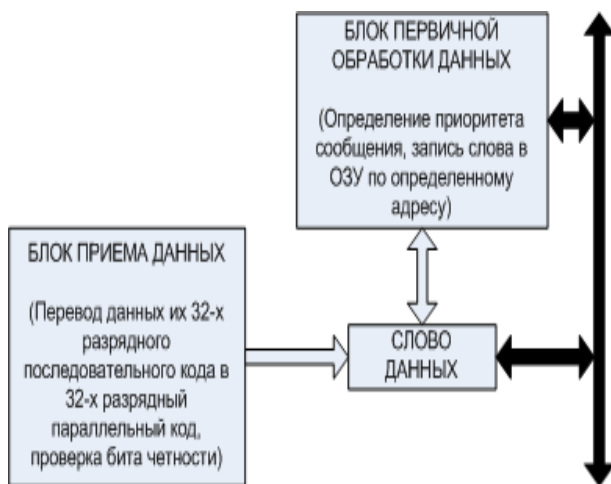
Структурная схема вычислительного устройства выполненного по технологии СнК на ПЛИС FPGA

В данной реализации микропроцессоры CPU2 и CPU3 выполняют основные задачи вычислительного устройства по первичной обработке сигналов по ГОСТ 18977 и записи информации в ОЗУ. Микропроцессоры CPU4 и CPU5 отвечают за передачу последовательного сигнала. Таким образом, вычислительная нагрузка на процессорный модуль существенно снижается. Его основным назначением становится мониторинг работы интерфейсного модуля.

Микропроцессор CPU1 (основной процессор) организует связь между данными последовательного сигнала и контроллером общей шины. Также, при наличии в блоке вычислительного устройства нескольких модулей, микропроцессор CPU1 способен обращаться к ним на прямую, без вмешательства в процесс процессорного модуля. На-

пример, для коммутации сигнала по другим каналам интерфейсных модулей. Блок общей оперативной памяти, необходимый процессору CPU1 для временного хранения обрабатываемых данных всех четырех каналов связи. Каждый канал имеет свое адресное пространство в блоке общей оперативной памяти.

Четыре СФ-блока приема и передачи информации по ГОСТ 18977, реализованы в виде VHDL – описания, и занимают всего 1% от ресурсов кристалла XILINX xc3s500e. Их функциями является первичная обработка сигнала.



Структурная схема СФ-Блока приема информации по ГОСТ 18977

Входной, последовательный код, попадая в блок приема данных преобразуется в параллельный 32-х разрядный код. Далее блок первичной обработки данных анализирует сигнал и определяет его приоритет с последующей записью в RAM в соответствии с приоритетом. Процессорный блок CPU2 (канальный процессор) считывает данные с RAM, и производит расчеты в соответствии с программой. По необходимости, данные идут дальше в общий блок RAM для анализа и последующей передаче обработанных данных процессорному модулю. Весь процесс обработки данных длится от 40 нс до 400 нс.

Заключение

Такая структура, в которой наряду с основным мощным процессором параллельно работают более простые микроконтроллеры и блоки управления периферийными устройствами и контроллерами, позволяют существенно разгрузить основной процессор и повысить общую производительность системы.

Список литературы:

1. Немудров В., Мартин Г. Системы на кристалле. Проектирование и развитие. — М.: Техносфера, 2004, с. 216.
2. Шагури И., Шалтырев В., Волон А. «Большие» FPGA как элементная база для реализации систем на кристалле//Электронные компоненты, 2006, №5, с.83—88.
3. Адамов Ю.Ф. Проектирование систем на кристалле. с.2—48.
4. Шагури И. Системы на кристалле. Особенности реализации и перспективы применения. Время электроники, 2006.
5. Карпов С. Разработка систем на кристалле на базе ПЛИС Actel. <http://actel.ru>

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ИНДУКТИВНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.Ю. Неборский

факультет Электроники и телекоммуникаций

В настоящее время существует большое разнообразие измерительных преобразователей (ИП), производимых или произведенных отечественной и зарубежной промышленностью. Все они, при соблюдении определенных условий совместимости, могут быть потенциально использованы в составе ИИС на базе ПК. Прежде всего, выделим ИП с электрическим выходным сигналом, далее разделим оставшиеся на два класса (по типу выходного сигнала): на постоянном токе и на переменном.

Общее состояние отечественных производителей ИП, отечественного рынка ИП и находящегося в эксплуатации парка ранее произведенных ИП позволяет сделать вывод о том, что одним из наиболее перспективных типов измерительных преобразователей является индуктивный, благодаря большому количеству сфер применения и конструктивных особенностей, которые делают его одним из самых универсальных, удобных для использования в различных условиях преобразователем.

В данной работе рассмотрено использование индуктивного преобразователя перемещений в составе ИИС, исследования возможностей оптимизации режимов работы и улучшения его метрологических характеристик. Помимо приведенных выше аргументов, выбор именно индуктивного преобразователя обусловлен типом и мощностными характеристиками выходного сигнала.

В качестве источника питания использовался сигнал, получаемый с помощью звуковой карты ПК и специального программного обеспечения, в данном случае – Tone Generator. Измерения и анализ сигнала на ПК проводился с помощью программы SpectraLAB. Стоит отметить, что при использовании цифрового источника сигнала проведение калибровки и пошагового измерения осуществляется гораздо проще и удобнее чем при использовании аналогового оборудования. Для оптимизации режимов работы исследовались вопросы влияния частоты и уровня питающего напряжения на величину чувствительности ИП, которая обусловлена его конструктивными особенностями.

Анализ данных, полученных в результате проведенных в рамках данной работы экспериментов позволяет сформулировать следующие выводы:

- Для реализации дальнейших исследований необходимо модифицированное программное обеспечение, разработанное на основе среды программирования LabView;
- Необходима разработка методики экспериментальной оптимизации метрологических характеристик индуктивных ИП, таких, как чувствительность, нелинейность функции преобразования и вариация;
- Требуется разработка и реализация специальных алгоритмов для уменьшения погрешностей измерений

Можно также предположить, что с учетом применения индуктивного ИП в составе ИИС, оснащенной специальными программными средствами, можно значительно расширить области применения и отказать от использования громоздкого аналогового оборудования для обеспечения работы индуктивных ИП различных физических величин.

Список литературы:

1. Журнал «Компоненты и технологии» №1 2005г., статья Александра Криворученко «Бесконтактные датчики положения. Проблемы выбора и практика применения» 2005г.
2. Филимонов В.В., Разработка методов повышения точности частотно-цифровых измерительных преобразователей на принципах интеллектуализации измерений. – 7я Международная конференция “Цифровая обработка сигналов и ее применение”, Москва, 2005
3. Проектирования радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для вузов /О.В.Алексеев, А.А.Головков, И.Ю.Пивоваров и др.; Под ред. О.В.Алексеева. – М.: Высш. шк 2000. – 479 с. 2.

ВЫБОР ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ МИНИАТЮРНОЙ ВЫСОКОВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ

И.Д. Смагин

факультет Электроники и телекоммуникаций

Миниатюризация технических систем представляет собой активно развиваемое направление практически во всех областях техники, позволяющее кардинально удешевить и сделать доступными ранее уникальное и дорогостоящее оборудование. Применение новых принципов действия, технологий и современных материалов позволяет иметь стоимость, массогабаритные характеристики и энергопотребление приборов и оборудования на порядок меньше по сравнению с традиционным исполнением. Миниатюризация оборудования и приборов, использующих вакуум в качестве среды или инструмента, позволит значительно расширить сферу их применения в портативном исполнении: в образовании, медицине, пищевой промышленности, экологии, геологии и др. Вакуумная техника и технологии являются основополагающими при реализации стратегии развития мировой космической отрасли [1], [2].

В соответствии с концепцией электронно-оптической миниколонны, которая определяет структуру вакуумного тракта лучепровода (ВТЛ) в виде отдельных отсеков, входы и выходы которых являются отверстиями диафрагм и вакуумной откачки, предлагаются четыре обобщенных принципиальных схемы вакуумной системы с безмасляной откачкой: на базе газопоглощающего и механического безмасляного насосов (МБН); на базе газоперекачивающего и МБН; на базе газопоглощающего и адсорбционных насосов; на базе газопоглощающих насосов с раздельной откачкой приемной камеры и секции миникатода и МБН.

Для выбора конкретной принципиальной схемы вакуумной минисистемы, типов насосов и формирования технических требований к вакуумным мининасосам и минилапанам необходим расчет параметров вакуумной системы в области ВТЛ.

Формирование модели функционирования ВТЛ в целом осуществляется на базе расчетных схем и математических моделей вакуумных секций. Впервые такие модели были рассмотрены в работе [3]. Используя разработанную методику, проводится моделирование и расчет вариантов откачки.

При решении систем уравнений предполагается, что для непрогриваемой вакуумной системы поток газовыделения $Q = qF$, где q - удельный поток газовыделения, $\text{м}^3\text{Па}/\text{м}^2\text{с}$; F - площадь поверхности газовыделения, м^2 . Кроме того, с достаточной для проектировочных расчетов точностью можно полагать, что скорость газовыделения

при давлениях ниже $5 \cdot 10^{-1}$ Па не зависит от давления у поверхности, обращенной в вакуумную полость.

Приведена расчетная вакуумная схема для предложенных принципиальных вакуумных схем.

Эта схема описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} -V_1 \frac{dP_1}{dt} = U_1(P_1 - P_2) - Q_1 \\ -V_2 \frac{dP_2}{dt} = U_2(P_2 - P_3) - U_1(P_1 - P_2) - Q_2 \\ -V_3 \frac{dP_3}{dt} = U_3(P_3 - P_4) - U_2(P_2 - P_3) - Q_3 \\ -V_4 \frac{dP_4}{dt} = S_n P_4 - U_3(P_3 - P_4) - Q_4 \end{cases}$$

где V_1, V_2, V_3, V_4 - объемы секции катода, экстрагирующей секции, секции электронно-оптической системы (ЭОС) и приемной камеры соответственно; P_1, P_2, P_3, P_4 - давление в секции катода, экстрагирующей секции, секции ЭОС и приемной камеры соответственно; Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 - потоки газовыделения в секции катода, экстрагирующей секции, секции ЭОС и приемной камеры соответственно; U_1 - проводимость отверстия вытягивающего электрода; U_2 - проводимость апертуры; U_3 - проводимость канала электростатических линз; S_n - быстрота действия высоковакуумного насоса.

Для обоснования выбора проведено моделирование работы предложенных принципиальных схем.

Заключение

1. Давление в секции электронно-оптической системы определяется проводимостью канала линз и не зависит от быстроты действия насосов в секции миникатода и приемной камеры; при заданном диаметре отверстий линз этого давления достаточно для функционирования электронного луча, при меньших диаметрах линз необходимо соблюдать соотношения, обеспечивающие допустимые потери электронного зонда по вакуумному критерию;

2. Вакуум в секции катода и приемной камере определяется быстротой действия откачных средств, которыми они снабжаются. При этом существующие высоковакуумные миниатюрные средства откачки должны обеспечивать вакуум в секции катода менее $5 \cdot 10^{-7}$ Па и обладать быстротой действия в диапазоне 0,1-10 л/с;

3. При заданных геометрических размерах элементов электронно-лучевой колонны и имеющихся в наличии в отечественной вакуумной технике высоковакуумных мининасосов наиболее предпочтительна принципиальная схема вакуумной минисистемы с шунтирующей откачкой миникатода.

Список литературы:

1. Тенденции развития космонавтики в мире. М.: Логос, 2009.
2. В.А.Романько, С.В.Кравченко, С.Б.Нестеров, Н.В.Маланин, В.Г.Акиншин, Н.М.Панова. Перспективы применения вакуумной техники и технологии в космической отрасли. // Вакуумная техника и технология. Том 21, № 1, 2011. – с. 49-56.
3. Львов Б.Г., Ветров В.А. Методика формирования математических моделей функционирования многокамерных вакуумных систем // Вакуумная техника и технология. - Т.17, № 1, -2007.-с.3-6.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТОКОНЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТРАСС ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ПОДЛОЖКАХ ИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.А. Попов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация. Экспериментально исследована токонесущая способность трасс трех типов: 1) трассы (Ti; Cu; Ni) толщиной 2.5 мкм на алюминиевой и керамической (Al_2O_3) подложках 2) трассы (Ti; Cu; Ni; Au) на керамической (Al_2O_3) подложке 3) 15 мкм трассы (Cu; Ni) на полиимидной подложке.

Введение. Современные требования к увеличению плотности тока во многих приложениях электроники вызывают соответствующее увеличение плотности тока в межсоединениях печатных плат и, как следствие, повышение рабочих температур за счет выделения джоулева тепла. Поэтому нормирование размеров трасс является первоочередным вопросом при учете тепловых характеристик проектируемой печатной платы.

Протекание тока по проводнику приводит к увеличению его температуры, зависящее от его поперечного сечения и таких факторов как толщина платы, свойства подложки, количество меди на ПП и условия эксплуатации. Окружающая среда (воздух, вакуум, воздушное охлаждение), полигоны, компоненты к которым подсоединена трасса и ее длина составляют неполный список параметров, влияющих на ТСТ проводника.

В известных работах [1-5], результаты получены на платах с большой толщиной базовых материалов и большими расстояниями между трассами. Более того, эти результаты получены для трасс шириной более 200 мкм, толщиной более 18 мкм и ТСТ не зависит от длины. ТСТ на алюминиевом основании и многослойные трассы не изучены. Поэтому данные результаты в представленных работах не могут достоверно оценить ТСТ современных плат.

Принимая во внимание факторы, отмеченные выше в данной работе представлены экспериментальные результаты изучения ТСТ современных ПП.

Изменение температуры трассы, вызванное протеканием по ней тока, изучалось с помощью тепловизионной камеры Flir A40 с макролинзой, диапазон рабочих температур трасс составил от 20 до 140 °С.

Экспериментальное изучение ТСТ. 1) Полиимид является базовым материалом для производства гибких ПП. В работе [2] изучалась ТСТ, выполненных по традиционной технологии: толщина подложки = 300 мкм, ширина трасс ≥ 200 мкм, толщина трассы = 35 мкм. Для проведения эксперимента была изготовлена плата для изучения влияния ширины трассы (100 и 175 мкм), взаимного влияния проводников и длины трассы (10, 30, 60, 120 мм). Базовым материалом был полиимид, толщина платы 24 мкм, размер платы 150x120 мм, толщина трассы 15 мкм (12 мкм Cu и 3 мкм Ni).

Было проведено два типа экспериментов: а) зависимость ТСТ от толщины трассы (100 и 175 мкм) и изучение T-I зависимостей для двух параллельных трасс толщиной 175 мкм и находящихся на расстоянии 200 мкм друг от друга, длина всех трасс 60 мм. б) зависимость ТСТ от длины трассы l (10, 30, 60, 120 мм), ширина трассы w=100 мкм.

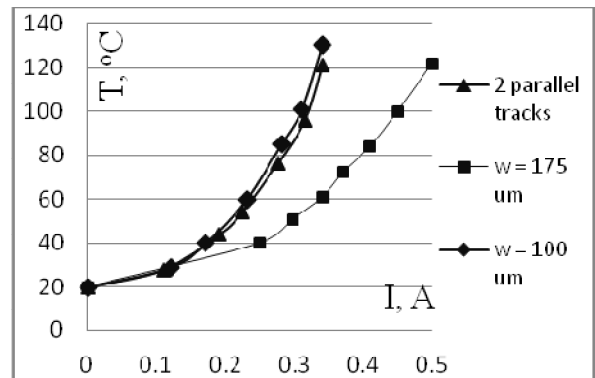


Рис. 1. Влияние ширины и взаимное влияние трасс на ТСТ.

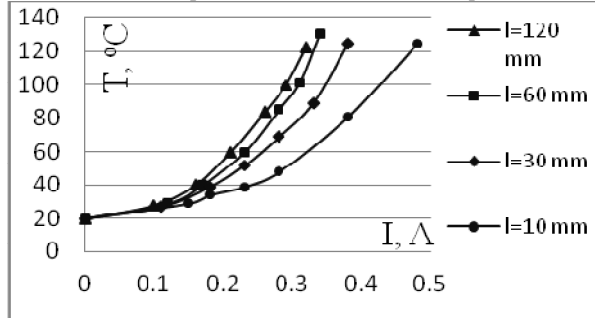


Рис. 2. Влияние длины трассы на ТСТ.

Из рис.1 видно, что температура трассы увеличивается при уменьшении ширины. В то время как трасса с поперечным сечением 0,0012 мм² ограничена током в 0,31 А, трасса с сечением 0,0021 мм² ограничена током 0,5 А при достижении температуры 120 °С. При протекании тока по двум близко расположенным проводникам температура увеличивается в два раза быстрее по сравнению с одиночной трассой.

Из рис.2 видно, что изменение длины трассы от 10 до 30 мм оказывает значительное влияние на ТСТ, в то время как последующее изменение длины от 30 до 120 мм влияет на ТСТ не более чем на 15-20%.

2) платы на металлическом основании (IMS) применяются в изделиях, где имеют место повышенные локальные или распространенные по всей площади тепловые нагрузки. Авторы не знакомы с публикациями, где бы изучалась токонесущая способность тонкопленочных трасс на алюминиевых подложках.

Тестовая плата изготовлена в двух вариантах с толщиной основания 240 мкм и 800 мкм. Толщина диэлектрика – полиимида 4 мкм. Ширина трасс 150 мкм и длина проводников составляет 8, 13 и 27,5 мм. Размеры плат: 60x48 мм. Было проведено два типа эксперимента: а) зависимость ТСТ от толщины подложки Tsub б) зависимость ТСТ от длины l.

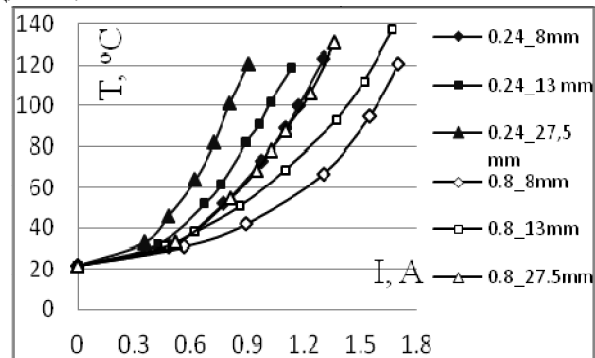


Рис. 3. T-I зависимости для различных типов плат.

Из рис.3 видно, что рабочая температура трасс на подложке толщиной 240 мкм выше таковой для подложки толщиной 800 мкм на 50 % из-за худшего теплоотвода.

Наименьшей токонесящей способностью обладает трасса длиной 27.5 мм, видно, что для обоих типов подложек температура растет в два раза быстрее при увеличении длины трассы от 27.5 мм до 8 мм.

3) Подложки из керамики находят широкое применение в СВЧ приложениях. В работе [2] изучалась токонесящая способность медных трасс, выполненных по традиционной технологии: толщина подложки 0.5 -1 мм, ширина трасс ≥ 200 мкм, толщина трассы = 35 мкм. Для проведения эксперимента была изготовлена плата с толщиной подложки 0.5 мм. Размеры плат: 60x48 мм.

Были изготовлены платы с двумя типами трасс: а) Ti/Cu/Ni (0.05/2/0.45 мкм) шириной 100 мкм с различными длинами 40 мм и 10 мм и б) Ti/Cu/Ni/Au (0.05/2/0.3/0.05 мкм) длиной 10 мм и различными ширинами 150 мкм, 300 мкм, 530 мкм.

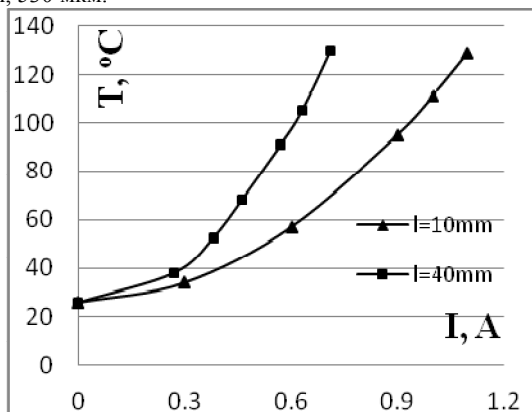


Рис. 4. T-I зависимости для трасс различной длины.

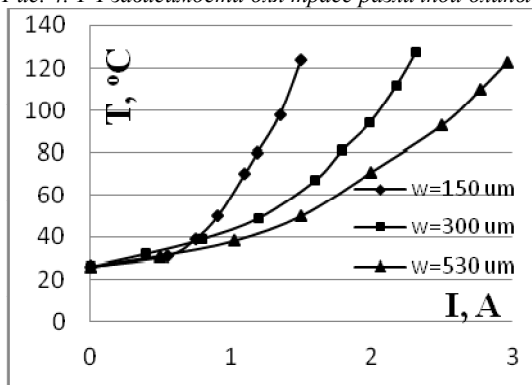


Рис. 5. T-I зависимости для трасс различной ширины.

Из рис.4 видно, что температура увеличивается в два раза при увеличении длины от 10 мм до 40 мм. Результат этого эксперимента хорошо совпадает с результатами эксперимента для плат на алюминиевых подложках (рис.3).

Из рис.4 видно, что ширина трассы имеет большое влияние на TCT и увеличение ширины проводника в два раза приводит к уменьшению температуры примерно на 40%.

2D моделирование в САПР ELCUT. Результаты эксперимента, представленные выше, были сравнены с результатами моделирования тепловых полей методом конечных элементов с помощью САПР ELCUT. [6].

Для всех трасс, изученных в данной работе, экспериментальные данные хорошо согласуются с результатами моделирования и разница между ними составила 10-15%.

Результаты моделирования для трассы Ti/Cu/Ni (0.05/2/0.45 мкм) шириной 100 мкм при протекании тока 1.08 А на Al_2O_3 подложке представлены на рис.6.



Рис. 6. Распределение теплового поля в плате при токе 0,7 А.

На рис.7. представлено сравнение экспериментальных результатов с результатами моделирования для различных тип трасс и подложек

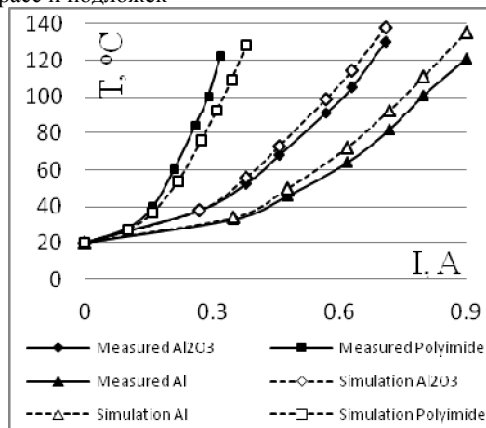


Рис. 7. Сравнение результатов моделирования и экспериментальных данных.

Выводы. Исследованы T-I диаграммы для трасс (Ti; Cu; Ni) толщиной 2.5 мкм на алюминиевой и керамической (Al_2O_3) подложках, трассы (Ti; Cu; Ni; Au) на керамической (Al_2O_3) подложке и 15 мкм трассы (Cu; Ni) на полиимидной подложке с различными размерами (ширина, толщина, длина). Ток изменялся в диапазоне 0.1-3 А, температура в диапазоне 20-140 °С. Распределение теплового поля в трассах ПП исследовано методами тепловизионного контроля с помощью тепловизионной камеры Flir A40 с макролинзой. Использован САПР ELCUT для моделирования распределения теплового поля в различных трассах печатных плат. Результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными и разница между ними составила 10-15%.

Список литературы:

1. D. Brooks, "Temperature rise in PCB traces," in Proc. of the PCB Design Conference, March, 1998, pp. 23-27.
2. J. Adam, "New correlations between electrical current and temperature rise in PCB traces," in 20th Annual IEEE Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium, 2004, pp. 292-299.
3. A. Lese, U. Scheuermann, High Load Current on FR-4 Printed Circuit Board – Design Considerations and Limits, Proceedings PCIM 2004, p. 42-47.
4. Yi Wang, S.W.H. de Haan, J.A. Ferreira, Thermal Design Guideline Of Pcb Traces Under Dc And Ac Current, Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2009. p. 1240-1246.
5. R. Bunea, N.-D. Codreanu, C. Ionescu, P. Svasta, A. Vasile, PCB Traces Thermal Simulation, Analysis And Comparison To IPC-2152 For Electrical Current Carrying Capacity, Electronic System-Integration Technology Conference (ESTC), 2010 3rd, p. 1-4.
6. ELCUT 5.10. User Manual. Tor Ltd. Saint-Petersburg 2012.

ЭЛЕКТРОТЕПЛОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ MICRO-CAP

М.И. Прусаков

факультет Электроники и телекоммуникаций

В настоящее время анализ электрических схем радиотехнических устройств (РТУ) проводятся применяемыми программами типа PSpice на предприятиях, а для теплового анализа применяются подсистемы АСОНИКА-Т (тепловая) и АСОНИКА-ТМ (тепломеханическая). В данной работе поставлена задача проведения электрического и теплового анализа с помощью одной программы электрического моделирования. Это позволяет сделать существующая электротепловая аналогия между протекающими электрическими и тепловыми процессами. В данной работе показана возможность осуществления такого электротеплового моделирования с помощью одной программы.

Вопросы исследования отдельно электрических процессов в схемах и отдельно тепловых процессов в конструкциях РТУ с применением ЭВМ к настоящему времени получили определенное развитие как в теоретическом, так и в практическом планах. Но вопросы автоматизированного совместного электротеплового анализа электрических и тепловых процессов РТУ с учетом их постоянного взаимного влияния друг на друга являются менее исследованными и не получили должного практического распространения.

В связи с этим на сегодня по-прежнему актуальной является задача разработки электротепловых моделей для совместного исследования электрических и тепловых процессов в РТУ, а также их методического обеспечения.

Целью работы является показать, как использовать управляемые источники для связи электрической и тепловой моделей в единую электротепловую модель. Это объединенная модель будет восприниматься программой Micro-Cap, как единая расчетная модель. Во время функционирования электрической схемы выделяется тепловая мощность на каждом радиоэлементе. Мощности тепловыделений радиоэлементов в процессе функционирования электрической схемы необходимы в качестве входных воздействий тепловой модели. С помощью источника тока управляемого током другой ветви мощность, выделяемая на электрическом радиоэлементе, передается с помощью управляемого источника в тепловую часть единой модели. На рис. 1 показано под № 1 электрический элемент в виде резистора и под № 2 тепловой источник, находящийся в тепловой части моделирования. Мощность $P_{r,s}$ зависит от тока, проходящего через резистор $R_{i,j}$. Поэтому для передачи этих тепловыделений необходимо воспользоваться источниками тока зависящими от тока $P_{r,s} = f(I_{i,j})$, где $P_{r,s}$ – тепловыделение в радиоэлементе $R_{i,j}$.

Объединение электрической и тепловой модели с помощью зависимого источника тока в программе Micro-Cap. В Micro-Cape источник тока называется зависимым, а в нашем случае при объединении тепловой модели с электрической зависимый источник тока на основании электротепловой аналогии является мощностью тепловыделения в резисторе $R_{i,j}$.

С помощью этого метода можно отказаться от программы теплового моделирования и воспользоваться одной программой моделирования схем и соединить электрическую с тепловой моделью радиотехнического устройства (РТУ) на основе электротепловой аналогии.

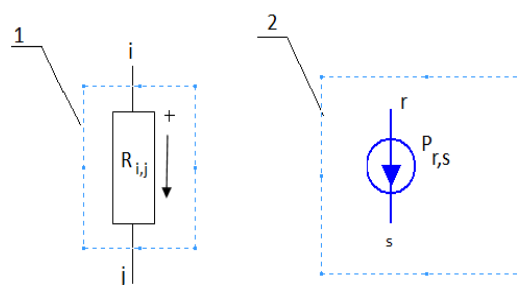


Рис. 1. Источник тока, управляемый током в изображении, принятым в программе Micro-Cap (PIofI).

В результате электротеплового анализа определяют температуры на всех радиоэлементах. Эти температуры изменяют значения электрических параметров радиоэлементов. Поэтому необходимо установить в общей электротепловой модели связь между узлами тепловой части общей электротепловой моделью с электрическими элементами, которые изменяются от этих температур. Здесь необходимо использовать источник напряжения, управляемый напряжением (VofV). На рис. 2 показано под № 1 зависимый источник напряжения, управляемый напряжением, который позволяет передавать температуру радиоэлемента полученного в узле m в электрическую модель. Температура в узле в соответствии с аналогией передается в электрическую часть в виде напряжения. Под № 2 показано тепловое сопротивление температура с которого передается в электрическую модель.

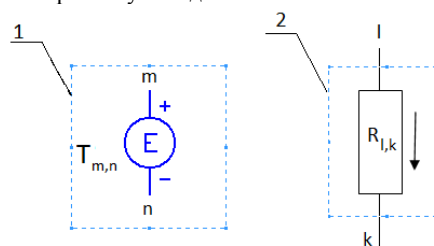


Рис. 2. Источник напряжения, управляемый напряжением в изображении, принятым в программе Micro-Cap (TVofV).

Зависимые источники изображенные на рисунках 1 и 2 обеспечивают взаимную связь, электрическую и тепловую подмодель проектируемого радио-технического устройства с использованием только одной программы электрического моделирования, в данном случае программы Micro-Cap.

Список литературы:

1. Прусаков М.И. Электротепловое моделирование ЭРЭ и радиотехнических устройств. / Труды Международной конференции и Российской научной школы "Системные проблемы надежности, качества, математического моделирования и инфотелекоммуникационных технологий в инновационных проектах (ИННОВАТИКА-2012)". Москва 2012. -с. 10 - 12.
2. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8., М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 464с.

ТИПОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, СВЯЗАННЫЕ С НЕДОСТАТКАМИ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Н.А. Саленков

факультет Электроники и телекоммуникаций

В соответствии с принятой в космической отрасли методологией подтверждение соответствия разрабатываемых единичными образцами и, как правило, уникальных космических аппаратов (КА), их электронных систем и радиоэлектронной аппаратуры заданным требованиям к надежности осуществляется расчетными методами. Расчеты выполняются на этапах эскизного проектирования и уточняются на этапах экспериментальной отработки, выполняемой на квалификационном образце аппаратуры.

В результате такого подхода не учитываются негативное влияние на показатели надежности изготавливаемых образцов аппаратуры недостатки и несовершенства технологии, технологического и испытательного оборудования, а также не всегда квалифицированные действия производственного персонала. Это приводит к завышенным оценкам надежности аппаратуры, которые не подтверждаются результатами их эксплуатации.

В [1] предложен методический подход к повышению точности расчетных оценок надежности путем введения поправочного коэффициента, снижающего полученное «проектное» значение показателей надежности в соответствии с вносимыми при изготовлении аппаратуры «компонентами ненадежности» производственного характера.

Реализация разрабатываемого метода должна базироваться на базе данных об источниках деградационных процессов [2], характерных для конкретных уровней отработанности технологии, совершенства оборудования и уровней профессиональных навыков персонала.

В [3] систематизированы типовые источники деградационных процессов, выявленные в ходе практической работы, выполняемой автором на приборных предприятиях космической отрасли по контролю качества изготовления аппаратуры КА, а так же основные причины их возникновения. Наиболее распространенные дефекты:

1. Недостаточная смачиваемость припоем контактной площадки или вывода компонента (недостаточный контакт);

2. Посторонние включения в паяное соединение;

3. Неудаленные остатки флюса;

4. Недостаточное клеевое соединение ЭРИ;

5. Деформация выводов ЭРИ;

6. Образование токопроводящих перемычек;

7. Затекание припоя на вывод ЭРИ на недопустимое расстояние.

Дефекты типа п. 2, 5 и 7 имеют, в основном, единичный характер и, с учетом резервирования каналов в бортовой аппаратуре космического аппарата (КА), вероятность развития дефекта до отказа аппаратуры мала. Напротив, дефекты типа п. 1, 3, 4 и 6 имеют групповой характер (групповой на плате либо повторяющийся вследствие недостатков изготовления). Указанные дефекты представляют наибольшую опасность, поскольку их развитие способно привести к отказу целого канала или прибора в целом.

Собранные данные являются важным шагом качественного и количественного анализа источников процессов деградации, внесенных в процессе изготовления узлов бортовой аппаратуры с целью последующего уточнения расчетной оценки надежности как бортовой аппаратуры, так и КА в целом.

К примеру, недостаточная смачиваемость припоем контактной площадки или вывода компонента приводит к недостаточному механическому контакту, который может привести к обрыву как на участке выведения космического аппарата (КА) на орбиту, когда КА и вся аппаратура подвергается серьезным механическим нагрузкам, так и в течение 15-летнего срока эксплуатации вследствие воздействия термоциклирования ($15 \cdot 365 = 5475$ суточных циклов изменения температуры Солнце/тьень).

Расчет статистическими методами, методами экспертной оценки, а так же с помощью компьютерного моделирования позволят рассчитать вероятность активации источников процессов деградации радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и время наработки до отказа РЭА при наличии источника процесса деградации, что в конечном итоге и позволит уточнить проектную оценку надежности РЭА с учетом качества ее изготовления.

Список литературы:

1. Саленков Н.А. Уточнение расчетной оценки надежности бортового оборудования на основе данных о качестве его изготовления // Материалы XVI Международной научно-технической конференции и Российской школы молодых ученых и специалистов ИННОВАТИКА-2011, - 2011, - с.90-91;

2. РД 50-706-91 Методические указания. Надежность в технике. Методы контроля надежности изделия по параметрам технологического процесса их изготовления.

3. Саленков Н.А. Источники деградационных процессов узлов радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов// Материалы XVII Международной научно-технической конференции и Российской школы молодых ученых и специалистов ИННОВАТИКА-2012, - 2012

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ВНУТРИПОЛОСТНОЙ УВЧ- ФИЗИОТЕРАПИИ С ЭКРАНИРОВКОЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Д.А. Нестерова

факультет Электроники и телекоммуникаций

В данной работе рассматриваются проблемы, связанные с созданием электродов для внутриполостной УВЧ-физиотерапии на замедляющих системах с преимущественным сосредоточением электрического поля (экранировкой магнитного поля) в биоткани, прилегающей к поверхности электрода.

Электрическое поле УВЧ, создаваемое электродами в метровом диапазоне волн (1 – 10 м), широко применяется в лечебной практике в непрерывном и импульсном режимах. В настоящее время ведутся работы по улучшению характеристик таких электродов, исследуются возможности их применения для решения современных медико-биологических задач [1 - 3].

Электрическое поле УВЧ оказывает противовоспалительное действие за счет улучшения крово- и лимфообразования, дегидратации тканей и уменьшения экссудации, активизирует функции соединительной ткани, стимулирует процессы клеточной пролиферации, что создает возможность ограничивать воспалительный очаг плотной соединительной капсулой. Лечение электрическим полем УВЧ показано при различных острых и хронических воспалительных процессах внутренних органов (бронхиты, гепатиты, холециститы, пневмонии), опорно-двигательного аппарата, уха, горла, носа (ангины, отиты), периферической нервной системы (невриты), женской половой сферы, урологии, при дистрофических процессах. Процедура по-

казана и при острых нагноениях (фурункулы, карбункулы, абсцессы, флегмоны).

Разработка электродов для УВЧ-физиотерапии в отличие от разработки КВЧ-электродов, затруднена увеличением их резонансных размеров, что делает практически невозможным локализацию энергии поля в небольших объемах биотканей. Уменьшить резонансные размеры УВЧ-электродов удастся, выполнив их в виде замедляющих систем (ЗС) [2, 3].

Проведенный анализ возможностей использования в качестве УВЧ-электродов существующих ЗС спирального и штыревого типов, позволил выявить их основные недостатки, связанные с относительно малым коэффициентом замедления волны и трудностями экранирования магнитных составляющих поля.

Наиболее интересной электродинамической структурой, пригодной в качестве модели электрода для внутриполостной УВЧ-физиотерапии является диэлектрический стержень. Возбудить в нём аксиально-симметричную волну электрического типа можно с помощью коаксиальной линии. Однако замедление волны в таком стержне не всегда меньше $\sqrt{\epsilon}$ и основная часть энергии сосредоточена внутри структуры. Поэтому для увеличения коэффициента замедления и доли энергии электрического поля снаружи стержня, предложено поместить на его поверхности металлические кольца с большой относительной магнитной проницаемостью (например, из аморфного железа или феррита) [3]. Сосредотачивая около поверхности стержня основную часть энергии магнитного поля, такие кольца возбуждают электрическое поле снаружи стержня (рис.1).

На основе электродинамического анализа модели такого УВЧ-электрода при замене колец бесконечно тонким цилиндром, обладающим некоторой поверхностной магнитной проницаемостью, получен ряд зависимостей, характеризующих изменение поля замедленной волны в поперечном сечении структуры. Рассмотрено также влияние на указанные характеристики диэлектрического заполнения при изменении длины волны возбуждения. Полученные результаты показали возможность создания эффективных малогабаритных электродов для внутриполостной УВЧ-физиотерапии на ЗС с преимущественным сосредоточением электрического поля в рабочем объеме.

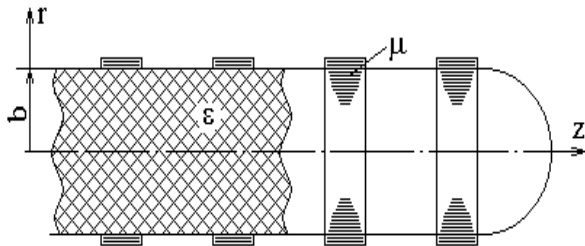


Рис.1. Общий вид внутриполостного электрода для УВЧ-физиотерапии.

Применение ЗС в медицине позволяет создавать высокоэффективные электроды и излучатели для радиочастотной и микроволновой терапии, хирургии, стерилизации и термообработки, диагностики и т.д. Технологии на базе ЗС обеспечивают новые функциональные возможности, проста, недорога и позволяет работать на относительно низких частотах.

Возможность концентрации энергии вблизи поверхности замедляющей системы, а также возможность преимущественного сосредоточения энергии электрического или магнитного поля в заданной области позволяет обеспечить более высокую эффективность воздействия требуемым излучением, чем медицинские устройства на отрезках вол-

новодных или коаксиальных линий.

В данной научной работе использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта «Исследование распространения замедленных электромагнитных волн в многослойных диэлектриках и разработка СВЧ устройств на их основе», выполненного в рамках Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2013 году, грант №13-05-0017.

Список литературы:

1. Елизаров А.А., Шаймарданов Р.В. Особенности применения замедленных электромагнитных волн в биологии и медицине // Труды Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения». Саратов, 2012.-с.219-227.
2. Елизаров А.А., Репьева И.В., Титов А.П. Электроды для УВЧ-физиотерапии на замедляющих системах с электрическим полем в рабочем объеме // Радиотехника, 2002, № 10. С.46-47.
3. Елизаров А.А., Шаймарданов Р.В., Нестерова Д.А. Исследование электродов для внутриполостной УВЧ-физиотерапии с экранировкой магнитного поля // Сборник материалов V Троицкой конференции «Медицинская физика и инновации в медицине» (ТКМФ-5), 2012. – т.2.- с. 261-262.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИИ БОЕСТОЛКНОВЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНОГО АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

О.Д. Аронова

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Введение

В данной работе проведено сравнение процесса и особенности построения систем имитации боестолкновений (СИБ) с использованием различных платформ, т.е. разного аппаратного обеспечения. Выбор аппаратного обеспечения является важной задачей, поскольку изначально определяет пределы возможностей будущей системы, т.е. возможность реализации на ее базе режимов работы, различных интерфейсов взаимодействия с пользователем, что в конечном итоге определяет привлекательность готовой системы для потребителя.

Постановка задачи

На сегодняшний момент существует не так много СИБ российского производства, при этом российский рынок услуг подобного рода растет с каждым годом. Цены на игры вполне приемлемы для тех, кто приходит в клуб или на арену в первый (а часто и в последний) раз, но слишком велики для тех, кто является постоянными посетителями игровых площадок. Кроме того, отдаленность многих населенных пунктов от крупных городов объясняет то, что большинство просто не знает о существовании такого вида активного отдыха. Для того, чтобы дать возможность большому количеству людей присоединиться к подобному времяпровождению, необходимо создать новую систему. Она должна отвечать следующим требованиям:

- быть недорогой, доступной для покупки обычным человеком;
- быть защищенной от случайных физических воздействий;
- иметь привлекательный дизайн;
- быть простой в эксплуатации, чтобы даже ребенок смог разобраться с ней;
- иметь несколько интересных режимов работы;

- возможно – дополнительные опции, которые разнообразят игровой процесс.

Выбор аппаратного обеспечения

Многую будет рассмотрены три варианта аппаратного обеспечения – на базе существующей (но уже не выпускающейся) коммерческой системы, на базе контроллера общего назначения фирмы Atmel и на базе специализированного контроллера фирмы STMicroelectronics.

Первый вариант – использование аппаратной базы системы Quasar Elite – привлекателен тем, что данная система зарекомендовала себя в кругах опытных пользователей с самой лучшей стороны (неслучайно они предпочитают Elite новейшим разработкам в данной области). Кроме того, она достаточно неплохо выдерживает большинство внешних физических нагрузок, что подтверждено десятилетиями использования (первый экземпляр был выпущен в 1992 году).

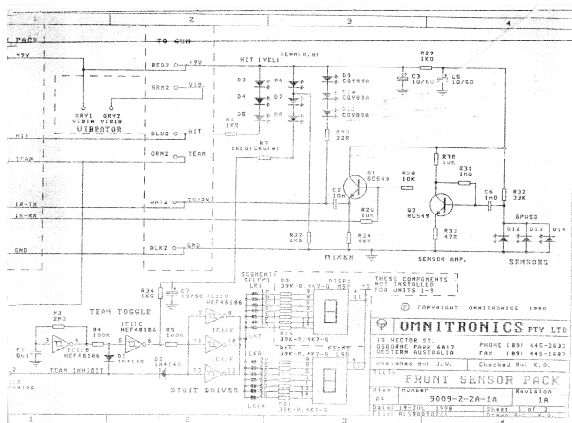


Рис. 1. Фрагмент технической документации Quasar Elite

Но, кроме вышеперечисленных достоинств, использование такой аппаратной базы несет и существенные недостатки. Например, использование данного решения в коммерческом проекте вызовет обоснованные претензии к разработчикам со стороны компании-владельца авторских прав. Кроме того, данная схема на сегодняшний день является устаревшей и достаточно объемной (см. рис. 1), что приведет к неэффективному использованию пространства печатной платы, а значит, увеличению размеров устройства и увеличению дополнительных затрат на его создание. Также содержание, прошивка контроллера существующего оборудования защищена, исходного кода нет в свободном доступе, а это значит, что разработчики будут вынуждены догадываться о примененных способах организации приема и передачи сигнала, игровой логики и т.д., что не является эффективным. Помимо всего, данная система не рассчитана на покупку ее простым пользователем, поскольку себестоимость подобного решения оказалась достаточно высокой.

Второй вариант – использование контроллера общего назначения фирмы Atmel AtMega88 – не лишен достоинств. Данные контроллеры дешевы, для них написано огромное количество самых различных примеров программ, есть несколько удобных и недорогих сред программирования (CodeVisionAVR, Atmel Studio и т.д.). При этом модуль, созданный на базе такого микроконтроллера, справляется с задачей приема или передачи данных в инфракрасном диапазоне с обеспечением помехоустойчивости за счет избыточного кодирования с помощью m-последовательностей. Опыт тестирования показывает надежность и легкость в ремонте подобного модуля.

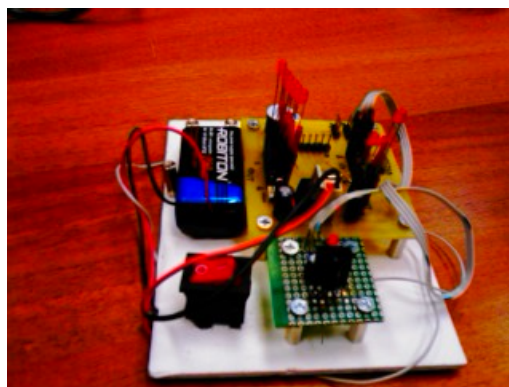


Рис. 2. Отладочная плата – модуль приемника на базе Atmega88

Минусом использования AtMega88 является его маломощность (тактовая частота составляет 20 MGz), которая не позволяет параллельно осуществлять прием, передачу данных, обмен информацией с игровым сервером с помощью одного контроллера, вынуждая разработчика создавать сеть из микроконтроллеров, в которой один элемент отвечает за прием сигнала, другой – за его передачу, третий – за общение с игровым сервером. В результате повышается сложность системы и возрастает цена – как аппаратного обеспечения, так и программного. Кроме того, появляется еще один процесс, который каждый микроконтроллер должен распараллеливать с своей основной функцией – обмен данных с главным микроконтроллером, который обеспечивает игровую логику и общение с игровым сервером. Подобная задача не выглядит простой, учитывая, что, например, прием данных занимает около 40% процессорного времени. В таких условиях реализация сложных и интересных игровых режимов становится очень сложной.

Третий вариант подразумевает использование специализированного контроллера фирмы STMicroelectronics – STM32F407. Данный микроконтроллер является достаточно мощным (тактовая частота равна 168 MGz) по сравнению с AtMega88. Он обладает большим количеством FLASH памяти, равным 1 Мб, позволяющим загрузить объемное ПО. Большое количество таймеров, USART, аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей, встроенный контроллер прерываний, использующий систему приоритетов позволяют разработчику ПО низкого уровня распараллеливать множество процессов, организовывать сложную игровую логику, создавать простой интерфейс пользователя, используя только один STM32F407. Готовые недорогие отладочные платы облегчают процесс написания тестового кода, работы нескольких разработчиков над одним проектом, создание первого прототипа и альфа-версии системы.

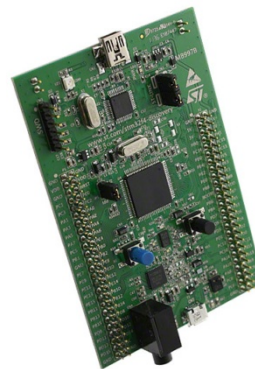


Рис. 3. Отладочная плата на базе STM32F407VG

Вместе с тем и STM32F407 имеет свои недостатки. К ним можно отнести относительную новизну данного контроллера, небольшое количество примеров ПО для него (в особенности на русском языке), чувствительность заводских отладочных плат к внешним воздействиям и цену, в 2-3 раза превышающую цену AtMega88.

Вывод

Каждая из сравниваемых платформ имеет свои достоинства и недостатки, но из этого не следует, что одна из них однозначно лучше остальных во всех случаях. Так, проверенная временем аппаратная часть Quasar Elite найдёт применение в самодельных системах имитации боев столкновений, которые не планируется сделать коммерческими. Система на основе AtMega88 за счет низкой стоимости и устойчивости к внешним воздействиям также имеет неплохие шансы стать базой для любительских разработок в области СИБ, в особенности, там, где не используется сложное кодирование сигнала. STM32F407 – идеальный микроконтроллер для построения коммерческой системы, поскольку позволяет реализовывать максимум функций на одном микроконтроллере, позволяя избежать решения сложной задачи межпроцессорного взаимодействия.

Список литературы:

1. ATMega48, ATMega88, ATMega168. 8 битные AVR микроконтроллеры с 4/8/16 КБ внутрисистемно программируемой Flash памяти http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr/atmega48_88_168.htm
2. STM32F4DISCOVERY <http://www.st.com/jp/evalboard/product/252419.jsp>
3. STM32f407vgt6 <http://www.st.com/internet/mcu/product/252140.jsp>
4. Интернет-справочник по СИБ <http://trutnee.ru/>

РАЗРАБОТКА ПРИЁМOPЕДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАБОТЫ В САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЯХ

Е.А. Драксов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Основная цель данной разработки это проектирование приёмопередающей единицы, приёмопередатчика, который способен работать в самоорганизующейся сети. Объединение таких приёмопередатчиков в группу, должно создавать, поддерживать и работать в сети с mesh-топологией.

Для разработки подобного приёмопередающего оборудования необходимо озвучить ряд специфических требований. Mesh-сеть в первую очередь является мобильной сетью, которая применяется в основном в промышленной и военной связях.

Для начала необходимо найти компромисс между дальностью связи, скоростью передачи данных и специальными параметрами для способности организации mesh-сети.

В ходе изучения некоторых диапазонов, было решено использовать диапазон с центральной частотой в 868 МГц. Это диапазон менее загружен по сравнению с 433 МГц и обеспечивает большую дальность связи по сравнению с 2.4 ГГц. При максимальной разрешённой мощности 25 мВт и использование хорошей антенны можно передавать данные на расстояние до нескольких километров, при условии прямой видимости.

Такого расстояния вполне хватает для организации mesh-сети. Так как данная сеть является «сетью ближней руки» и общая дальность передачи данных или радиус действия этой сети определяется в первую очередь не

дальностью работы одного звена это сети, а количеством приёмопередатчиков, входящих в эту сеть.

Один из ключевых параметров системы – это скорость передачи данных. Так как область применения этой системы: промышленность и военная связь, то подразумевается передачи не только текстовых команд и текста, а так же более ёмких данных, такие как звук, изображения и даже видео. Скорость передачи в нашем случае определяются модуляцией и полосой пропускания. Необходимо достичь скорости передачи данных не меньше чем 500 кбит/сек.

В ходе проектирования следует учесть, что система должна быть мобильной, самоорганизующейся иметь при этом достаточную мощность. А так же поддерживать некоторые протоколы и технологии шифрования помехозащищённости.

В качестве помехозащищённости, система должна использовать один из двух методов расширения спектра: метод расширения спектра с прямой последовательностью (ППС) или метод расширения спектра с псевдослучайной перестройкой частоты (ППРЧ). В последнем случае повышается не только помехозащищённость данных, но полностью исключает возможность перехвата информации. Число перестраиваемых частот и порядок их чередования определяются псевдослучайными кодами.

Так же следует предусмотреть широкий выбор интерфейсов, а так же предусмотреть лёгкую интеграцию в уже существующие сети и системы.

Для разработки такой системы вполне подходит оборудование, предоставляемое компанией Texas instruments. Для реализации необходимо подобрать сам приёмопередатчик, удовлетворяющий требованиям, озвученным выше, микроконтроллер и в случае не хватки мощности – усилитель. Для повышения скорости обработки данных и уменьшения габаритов устройства, можно использовать систему на кристалле (СНК) или обойтись сторонним микроконтроллером, например от фирмы STMicroelectronics. Ключевая особенность такой системы будет гибкость настройки. В отличии от существующих маломощных передатчиков как DiZiC или XBees, работающих по протоколу 802.15.4 или 802.11x.

По результатам разработки необходимо получить самоорганизующуюся приёмопередающую систему, в основе которой лежит малогабаритные мощные, широкодиапазонные приёмопередатчики, с дальностью работы от нескольких километров. А так же поддерживающую сети с MESH топологией и использующий один из методов расширения спектра: ППРЧ или ППС, поддерживающий множества видов модуляций и скорость передачи до 500 кбит/сек.

Список литературы:

1. Проектирование радиопередатчиков., под редакцией В.В.Шахгильдяна
2. Помехозащищённость систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом ППРЧ., В.И. Борисов, В.М. Зинчук., Москва «Радио и Связь», 2000
3. The IEEE 802.11s Extended Service Set Mesh Networking Standard
4. Understanding and enhancing sensitivity in receivers for wireless applications. Technical Brief SWRA030 / Edited by Matt Loy. - Texas Instruments Incorporated, 1999.
5. Cazzie Williams. Radio frequency design to support software transceiver for wireless communications. - Western Michigan University, MSGC 2001.
6. Kester W. Taking the mystery out of the infamous formula. - REV.0, 2005.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВЕСКИ РЕЗОНАТОРА ВИБРАЦИОННЫХ ГИРОСКОПОВ

В.С. Якубов, Е.В. Матвеев

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

Работа посвящена исследованию статических и динамических характеристик пьезорезонаторов для малогабаритных вибрационных гироскопов с различными свойствами подвески.

Работа выполнена по тематике НИР, проводимой в ФГБНУ «НИИ ПМТ».

В миниатюрных гироскопах большое влияние на динамические характеристики оказывают упругие параметры подвески чувствительного элемента и её расположение. Общий вид макета пьезогироскопа с резонатором балочно-го типа квадратного сечения и стержневой подвеской показан на рис. 1.

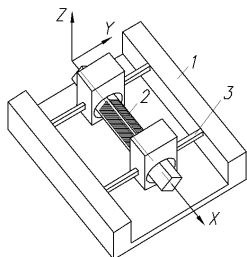


Рис. 1. Макет пьезогироскопа: 1 – корпус; 2 – балочный чувствительный элемент; 3 – подвеска

Пример реализации рамочной подвески в резонаторе пьезогироскопа фирмы Мюрата с чувствительным элементом в виде балки треугольного сечения приведен на чертеже и фото на рис. 2.

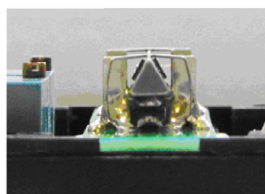
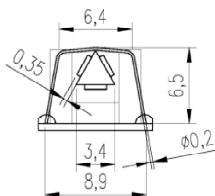


Рис. 2.

Цель работы состоит в подборе оптимальных параметров подвески для достижения максимальной чувствительности датчика угловой скорости.

Чувствительность прибора напрямую зависит от соответствия резонансных частот вибратора в двух перпендикулярных плоскостях. Первичные колебания в плоскости XZ (рис. 1) задаются, как правило, внешним источником или автогенератором. Их частота соответствует первой резонансной частоте балки, что обеспечивает максимальную амплитуду. Вторичные колебания отклика появляются под действием кориолисовой силы инерции при вращении датчика в инерциальном пространстве.

В пьезоэлектрических датчиках балочно-го типа колебания отклика происходят на той же частоте, что и колебания возбуждения, однако в другой плоскости XY. Соответствие частот отклика и возбуждения, в основном, определяют параметр чувствительности прибора.

В случае первичных колебаний подвеска испытывает деформацию кручения, а при вторичных колебаниях отклика – на стеснённый изгиб.

Для того чтобы избежать дополнительных потерь на резонанс подвески, она подбирается таким образом, чтобы

ее собственные частоты кручения и изгиба отличались от рабочей частоты пьезодатчика.

Если вибратор пьезогироскопа балочного типа имеет сечение правильной геометрической фигуры и выполнен из однородного материала, то собственные частоты в плоскостях первичных колебаний и колебаний отклика будут одинаковы. Однако наличие подвески и пьезоэлементов нарушает равенство собственных частот в этих плоскостях. Поэтому требуется подбирать параметры подвески под конкретную конфигурацию резонатора.

Исследование вибраторов и подвески показало, что на динамические свойства резонаторов сильное влияние оказывает упругая жесткость подвески, различная при разных видах колебаний: C_φ – при изгибе и C_θ – при кручении.

Производители пьезодатчиков пытались разными способами снизить влияние подвески на резонаторы или уравнивать резонансные частоты в плоскостях первичных и вторичных колебаний, прибегая к различным видам подвесок и форм чувствительного элемента. Подвески изготавливаются из различных материалов, с различными сечениями. Варьируются координаты их крепления к резонатору и корпусу. Пример сложной рамочной подвески показан на рис. 3.

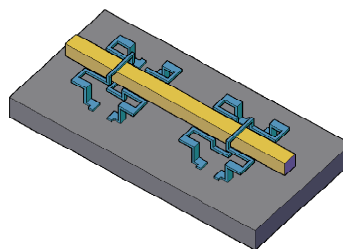


Рис. 3.

Для выравнивания собственных частот в обеих плоскостях вибраций, необходимо уравнивать коэффициенты жесткости C_θ и C_φ . Для анализа различных форм подвесок рассмотрен относительный коэффициент $K = C_\varphi/C_\theta$, который в оптимальном случае должен быть близок к единице. Графические зависимости коэффициента относительной жесткости от размеров подвески показаны на рис. 4.

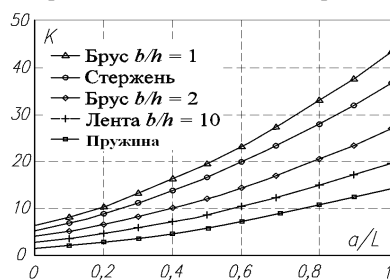


Рис. 4.

Исследования показали, что наиболее перспективной формой подвески, обеспечивающей выравнивание частот и позволяющей снизить габариты резонатора, является витая пружина особой формы сечения.

Список литературы:

1. А.Н. Виноградов. Моделирование подвески вибрационных гироскопов. // Материалы XIII НТК «Датчик 2001». – С. 30-32.
2. Малов В.В. Пьезорезонансные датчики. – М Энергоатомиздат, 1989. – 272 с.
3. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов – М.: Машиностроение, 1981. – 392 с.
4. Якубов В.С., Матвеев Е.В. Исследование физических моделей резонаторов пьезогироскопов//Тезисы докладов НТК студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. М. 2012. – С. 346.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИОДА, КАК ТЕСТОВОЙ СТРУКТУРЫ СБИС

Р.Ю. Паивев

факультет Электроники и телекоммуникаций

В статье дается характеристика тестовых структур в виде диода, описан метод диагностирования интегральных схем на основании идентификации внутренних параметров. В настоящее время актуальность проблемы диагностирования сверхбольших интегральных схем (СБИС), плотность компоновки элементов в которых доходит до 1 млн. в кристалле, растет и требует новые методы и критерии оценки качества. Для технологического процесса производства СБИС нужна высокая точность формирования структуры элементов. На рис.1 приведены наборы масок (называемых также фотошаблонами) для СБИС, по их требуемому числу можно легко определить трудоемкость разработки и процесс производства интегральных схем.

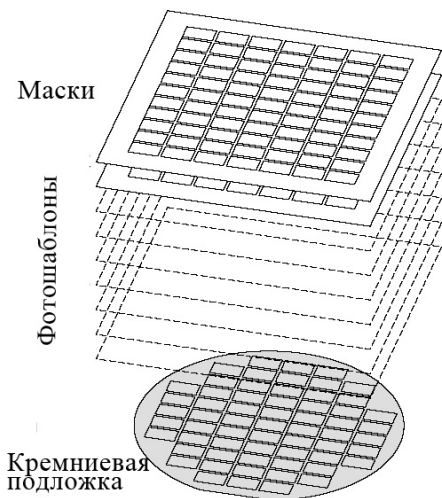


Рис.1. Маски или фотошаблоны СБИС

Идентифицировать электрические параметры каждого сформированного на кристалле элемента невозможно из-за высокой степени интеграции микросхемы. Для решения этой проблемы предлагается формировать тестовые структуры на кристалле (рис.2). Основной принцип построения тестовых структур состоит в том, что такие структуры должны иметь определенное сходство с рабочими компонентами диагностируемых интегральных микросхем, чтобы объективно отражать их свойства. Так как всё формируется в едином технологическом процессе, то по выходным характеристикам тестовой структуры можно контролировать техническое состояние микросхемы в общем.

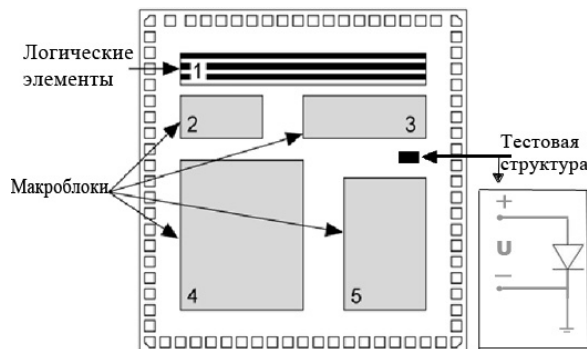


Рис.2. Пример топологии СБИС с тестовой структурой в виде диода

Цель работы: измерив выходные характеристики тестовой структуры микросхемы, идентифицировать действительные значения электрических параметров отдельных элементов и сравнить их с предельно-допустимыми значениями, классифицировать техническое состояние данной микросхемы, как исправное или неисправное.

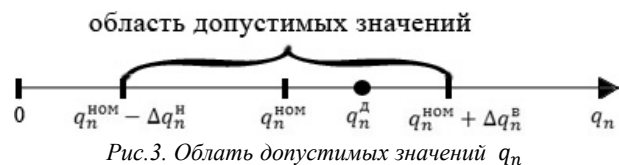


Рис.3. Область допустимых значений q_n

$q_n^НОМ$ - номинальное значение n-го внутреннего параметра;
 $\Delta q_n^Н, \Delta q_n^В$ - нижний и верхний допуски на n-ый параметр;
 $q_n^Д$ - действительное значение n-го внутреннего параметра;

Состояние микросхемы классифицируется как неисправное, если действительное значение хотя бы одного внутреннего параметра ее тестовой структуры выходит за допустимые границы, т.е. не выполняется условие:

$$\begin{cases} q_1^НОМ - \Delta q_1^Н \leq q_1^Д \leq q_1^НОМ + \Delta q_1^В \\ q_2^НОМ - \Delta q_2^Н \leq q_2^Д \leq q_2^НОМ + \Delta q_2^В \\ \vdots \\ q_n^НОМ - \Delta q_n^Н \leq q_n^Д \leq q_n^НОМ + \Delta q_n^В \end{cases}$$

В данной работе в качестве тестовой структуры использовался полупроводниковый диод, так как возможности измерять характеристики реальной тестовой структуры, сформированной на кристалле, нет, то разработка метода диагностирования микросхем на основе идентификации параметров тестовой структуры ведется на примере маломощного полупроводникового диода КД103А. Анализ режима работы и контроль технического состояния полупроводникового диода осуществляется по вольт-амперной характеристике:

$$I = I_0 \times \left(e^{\frac{U}{\varphi \times m}} \right),$$

где I_0 – обратный ток насыщения; U – напряжение на p-n переходе; φ – температурный потенциал; m – коэффициент, учитывающий неидеальность p-n перехода.

Для идентификации реальных параметров диода использовались методы оптимизации, т.е. выбора наилучшего варианта из множества возможных. В данной работе стоит задача одномерной оптимизации. К методам решения одномерной оптимизации относятся:

1. Метод перебора;
2. Метод исключения отрезков (метод деления пополам и метод золотого сечения)

Используется самый простой способ поиска распознаваемых значений внутренних параметров тестовой структуры – метод перебора.

Обработка экспериментальных данных выполнялась по следующим пунктам:

1. По результатам серии снятия отсчетов вычисляется наилучшая оценка математического ожидания (среднее арифметическое) по следующей формуле:

$$m_i^* = \sum_{i=1}^n I_i$$

2. Определяется наилучшая оценка статистического СКО (среднеквадратичное отклонение):

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}}$$

3. Задавая значение доверительной вероятности (из ряда 0,9; 0,95; 0,99) можно найти доверительную погрешность измерений:

$$\Delta = t_\alpha \frac{S_i}{\sqrt{n}}$$

4. Конечный результат записать в виде:

$$I = m_i^* \pm \frac{S_i}{\sqrt{n}}$$

Была задана доверительная вероятность 0,9, значение величины t_α задано 1,675.

Для идентификации параметров тестовой структуры необходимо смоделировать данный диод (КД103А) в программе PSPICE (программа моделирования с ориентацией на интегральные схемы). Полученный результат моделирования сравниваем со значениями ВАХ, полученными при экспериментальном снятии ВАХ, и ищем разницу между ними. Для минимизации разницы между двумя ВАХ было принято изменять значение тока насыщения (IS) и коэффициент неидеальности p-n перехода (N). Подбор параметров происходит до тех пор, пока разница не станет минимальной. Этот результат был достигнут при IS=67.09 пА и N=1.23.

Завершающим этапом работы является сравнение выявленных значений тока насыщения и коэффициента неидеальности p-n перехода с заданными допусками. Результат показал, что оба значения входят в область допусков.

На основе этого можно сделать вывод, что данная тестовая структура не имеет дефекта по этим двум параметрам, следовательно данная микросхема не имеет дефектов по этим двум параметрам.

Список литературы:

1. Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. Материалы Международной научно-практической конференции (2010) / Отв. ред.: С.У. Увайсов; науч. ред.: С.У. Увайсов. М.: МИЭМ, 2010.
2. Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. Материалы Международной научно-практической конференции (2011) / Отв. ред.: С.У. Увайсов; науч. ред.: С.У. Увайсов. М.: МИЭМ, 2011.
3. Тумковский С.Т.. Идентификация параметров математических моделей элементов РЭС : дис. ... д-ра техн. наук : 05.12.04 Москва, 2006 251 с. РГБ ОД, 71:07-5/285
4. Увайсов С.У., Иванов И.А., Увайсов Р.И. Показатели контролепригодности радиоэлектронной аппаратуры // Мир измерений. 2008. № 3. С. 47-51.
5. Иванов И.А., Увайсов С.У., Кошелев Н.А. Формирование наборов тестовых сигналов для контроля качества электронных средств космических аппаратов // Качество. Инновации. Образование. 2011. № 11. С. 84-88.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМУЛЯТОРОВ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛАТЕНТНЫХ ДЕФЕКТОВ В АППАРАТУРЕ

С.М. Лышов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Предлагаемый в работе метод неразрушающего контроля и диагностирования дефектов бортовой космической аппаратуры основан на использовании встроенного в печатную плату эмулятора гармонических тестовых воздействий.

Механические повреждения носят доминирующий характер, по сравнению с нарушением функционирования и уходом электрических параметров. В результате превышения предельных значений механических воздействий возможно появление конструктивных дефектов, которые могут создавать повышенный уровень акустических колебаний и изменять амплитудно-частотные характеристики блока, что приводит к сдвигу резонансных частот.[4]

Повышение надежности конструкции бортовых радиотехнических устройств космической аппаратуры может быть достигнуто за счет обнаружения предвестников и своевременного устранения причин отказов.

Одним из видов неразрушающего контроля и диагностирования бортовой космической аппаратуры является вибродиагностика.[6] Метод вибродиагностики заключается в подаче гармонических колебаний, с помощью вибростенда, на исследуемый объект и снятие амплитудно-частотных характеристик с датчиков установленных непосредственно в исследуемом аппарате. На основе анализа полученных, в ходе проведения диагностики, амплитудно-частотных характеристик производится выявление дефекта.[2] Основным недостатком данного метода является использование в качестве возбудителя гармонических колебаний громоздкого вибростенда. Поэтому в работе поставлена задача разработки метода неразрушающего контроля и диагностирования без использования вибростенда.

Для проведения экспериментальных исследований предлагаемого метода разработан макет, который представляет собой печатную плату с установленными на ней электрорадиоизделиями (ЭРИ) и двумя пьезоэлементами. Один из пьезоэлементов является излучателем гармонических колебаний, а второй вибродатчиком. Подача сигнала осуществляется с помощью персональный компьютер, с необходимым программным обеспечением.(Рис.1.)

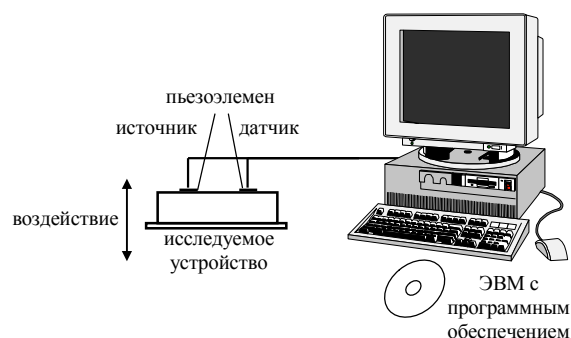


Рис. 1. Структурная схема испытательного стенда для снятия АЧХ.

В отличие от классической схемы (Рис.2), в методике со встроенным источником колебаний, генератором звукового сигнала и вольтметром выступает звуковая карта персонального компьютера.[4] Малогабаритные пьезоэлементы заменяют громоздкие вибростенды и вибродатчики. Уменьшение габаритов стенда дает возможность проводить диагностику непосредственно в производственном цехе или на месте установки бортовой аппаратуры.

Для изучения влияния нарушения целостности конструкции по АЧХ была изготовлена печатная плата, с установленными электрорадиоизделиями. (Рис.3).

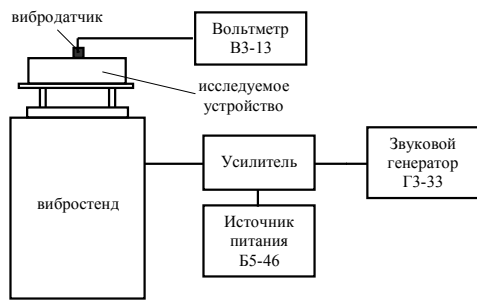


Рис. 2. Классическая схема стенда для вибродиагностики.



Рис. 3. Экспериментальная установка.

Конструкция экспериментальной установки представляет собой основание, к которому с помощью 4-х стоек крепится печатная плата. На плате установлены два пьезоэлемента ЗП-22, подстроечный резистор А-1, конденсатор БМТ-2, транзистор 2т809А.

В ходе исследования рассматривались следующие типовые дефекты, космической аппаратуры:

- А) Отсутствие резистора
- Б) Отсутствие конденсатора

Для проведения исследования была разработана методика, проведения экспериментальных исследований:

1. Исследуемая печатная плата с установленными электрорадиоизделиями привинчивается к шпилькам на основании.
2. Производим подключение всех выводов к персональному компьютеру. Вывод создающего вибрацию пьезоэлемента подсоединяем к усилителю, вывод второго пьезоэлемента выполняющего функцию вибродатчика подсоединяем к входу звуковой карты персонального компьютера, а к выходу усилитель сигнала.
3. Напряжение на усилитель выставляем равное 22 вольтам при частоте сигнала 500 Гц.
4. С помощью программного комплекса VIRTINS Multi-Instrument 3.2 на персональном компьютере запускаем комплекс испытаний. Комплекс испытаний включает изменения частоты сигнала от 50 до 2000 Гц с шагом 10 Гц.
5. В конце испытания, получаем АЧХ представленную в таблице.
6. По значения АЧХ из таблицы строим графики и определяем резонансные частоты.
7. Отключаем усилитель, отсоединяем выводы от персонального компьютера и усилителя.
8. Отвинчиваем гайки со шпилек, снимаем печатную плату.
9. В конструкцию платы вносим один из перечисленных дефектов.
10. После внесения дефекта устанавливаем плату обратно на шпильки и завинчиваем гайки.
11. Повторяем п.п. 1-10. Для различных дефектов.

Полученные результаты представлены на рисунках 4 и 5.



Рис. 4. АЧХ печатной платы с дефектом: отсутствие резистора.



Рис. 5. АЧХ печатной платы с дефектом: отсутствие конденсатора.

В ходе работы были проведены эксперименты, позволившие определить возможность контроля конструкций печатных плат по АЧХ. В связи с тем, что доступ к печатным платам зачастую ограничен, был проведен анализ конструкции БРТУ и разработана конструкция макета печатной платы. Для проведения натурных экспериментов был изготовлен макет. Натурные эксперименты показали изменение АЧХ при внесении неисправностей в конструкцию. Так же было обнаружено, что большое значение имеет амплитуда сигнала подаваемого на излучатель колебаний (пьезоэлемента).

Список литературы:

- 1 Иванов И.А., Увайсов С.У., Кошелев Н.А. Методика обеспечения диагностируемости электронных средств космических аппаратов по ранговому критерию на ранних этапах проектирования // Качество. Инновации. Образование. 2012. № 1. С. 60-62.
- 2 Увайсов С.У., Абрамешин А.Е., Лышов С.М., Дубоделова Д.А. Обеспечение эксплуатационной надежности космической аппаратуры неразрушающими методами виброударной диагностики // В кн.: Надежность и качество-2012: труды Международного симпозиума: в 2-х т. / Под общ. ред.: Н.К. Юрков. Т. 2. Пенза: Пензенский государственный университет, 2012. С. 454-456.
- 3 Увайсов С.У., Иванов И.А., Увайсов Р.И. Показатели контролепригодности радиоэлектронной аппаратуры // Мир измерений. 2008. № 3. С. 47-51.
- 4 Гумковский С.Р., Увайсов С.У., Иванов И.А., Увайсов Р.И. Виброакустический контроль бортовой космической аппаратуры // Мир измерений. 2007. № 12. С. 4-7.
- 5 Вибрационная диагностика. Измерительная информация. Анализ и первичная обработка [Текст] : разговорник / А.Г.Толстов. - М. : [б. и.], 2001. - 62 с. : ил. - (Газовая пром-сть. Серия. Транспорт и подземное хранение газа: Обзор. информ. / Информ.-реклам. центр газовой промышленности). - 160 экз. - Б. ц.
- 6 Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник В. В. Клюев и др. -М.: Машиностроение, 1995.-487 с.
- 7 Млицкий В.Д., Беглария В.Х., Дубицкий Л.Г. Испытание аппаратуры и средства измерений на воздействие внешних факторов. М.: Машиностроение, 2003 – 567 с

ИМИТАТОР КАЧКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СПУТНИКОВОЙ ПОСАДКИ

В.С. Теличкань

факультет Электроники и телекоммуникаций

Рассмотрены требования, предъявляемые к техническим характеристикам имитатора качки (ИК) для испытания корабельной системы спутниковой посадки (КССП), задачи, которые он решает, реализованные этапы и перспективы развития.

Целью работы является автоматизация проектирования имитаторов качки для испытания систем спутниковой посадки (ССП). Необходимо сымитировать качку в морских условиях эксплуатации КССП. Создать систему управления движениями с ограниченным энергопотреблением. Разработать конструкцию и приводные механизмы. Определить погрешности выполнения поставленных задач ИК. Влияние работы ИК на электромагнитную совместимость с приемной антенной.

Аппаратура ССП реализует относительный режим работы космических навигационных систем (КНС) – дифференциальный режим с относительными координатами для обеспечения инструментальной посадки вертолетов на авианосные корабли, гражданские суда и платформы морского базирования.

Основные задачи, решаемые ССП:

- Информационное обеспечение посадки вертолета на корабль в автоматизированном, директорном и ручном режимах управления;
- Расчет и построение заданных (расчетных) траекторий захода на посадку вертолета на корабль;
- Определение прямоугольных (в системе Гаусса-Крюгера) и цилиндрических (дальность, азимут, высота) координат вертолета относительно корабля (центра взлетно-посадочной полосы (ВПП)), а также расчет дальности вертолета до заданной точки посадки (зависания), скорости сближения вертолета, уклонений от заданной траектории по данным, полученным от корабля;
- Формирование и выдача информации и сигналов управления в цифровой и аналоговой форме для управления и контроля процессом посадки вертолета на корабль.

Перед вводом в эксплуатацию КССП для проверки ее работоспособности и отладки необходимо проводить предварительные испытания. В реальных условиях такие операции проводить очень дорого и сложно. Это обусловлено высокой стоимостью организации похода корабля в открытое море, проведение многократных полетов вертолета в открытом море и сопутствующие расходы. Еще одной неблагоприятной составляющей таких испытаний является их длительный срок проведения. При этом сложно воспроизвести все режимы качки в реальных условиях, поскольку это на прямую зависит от постоянно меняющихся погодных условий.

Применения специального имитатора качки (ИК) для создания морских условий эксплуатации КССП позволит значительно снизить стоимость испытаний в целом и создать необходимые условия качки. Также, на ИК можно сымитировать определенные варианты качки, которые в реальных условиях можно получить лишь в редких случаях. При постоянной имитации каждого типа качки можно значительно сократить общее время испытаний.

Ввиду технических особенностей испытаний КССП и требований, предъявляемых к используемому оборудованию, были определены следующие задачи, которые должны решать ИК:

1. Первоочередной задачей является имитация корабельной качки в морских условиях для приемной антенны

сигналов (блок АС). Антенна устанавливается на ИК. Согласно условиям эксплуатации КССП обеспечивается имитация бортовой и килевой качки под разными углами (рис.1 поз. 1, 2) и изменяемым периодом качки:

- a. температура окружающей среды от 243 до 328 К (от минус 30 до плюс 55 °С);
- b. относительная влажность не более 100 % при температуре не выше 308 К (плюс 35 °С);
- c. углы крена и дифферента до 30°;
- d. вибрация с частотой от 1 до 60 Гц с ускорением 19,6 м/с² (2 g);
- e. солнечное излучение (интегральное – 1120 Вт/м², ультрафиолетовое – 68 Вт/м²);
- f. воздушный поток со скоростью 50 м/с;
- g. качка с амплитудой ±30° и с периодом качки 7-16 с;
- h. длительные наклоны на угол до 15° и кратковременные наклоны (до 3 мин) на угол 30°.

2. Общее энергопотребление ИК не должно превышать 100 Вт. (ограничение связано с тем, что имитатор устанавливается на автомобиль и питается от его штатного генератора).

Данное требование было достигнуто путем создания энергоемкой системы управления движения ИК в разных плоскостях. В ее основе лежат конструктивные решения с использованием шарико-винтовых передач, рельсовых направляющих, шаговых электродвигателей, программируемого логического контроллера (ПЛК) и других механизмов.

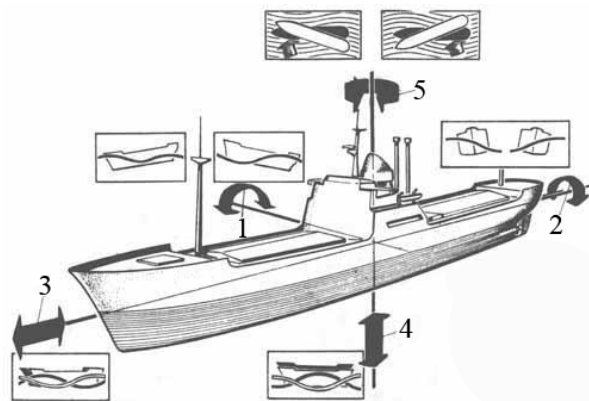


Рис. 1.

3. Прочностные характеристики разработанной конструкции ИК учитывают вышеуказанные требования и особенности эксплуатации. Для определения работоспособности ИК с максимально возможными нагрузками будут проводиться испытания с различными типами антенн.

4. Определить точность выполнения поставленных задач позволят установленные на ИК датчики перемещения (линейные энкодеры). В случае обнаружения погрешностей, информация проанализируется и будет составлен алгоритм действий с помощью ПЛК для их уменьшения или устранения полностью.

5. Влияние работы ИК на электромагнитную совместимость с приемной антенной. Исследования будут проводиться в безэховой камере с использованием специального оборудования. В случае если его работа вносит дополнительные помехи в работу антенны, то будут разработаны возможные варианты для устранения этого нежелательного эффекта. Исследуются способы экранирования, как отдельных источников электромагнитных помех, так и ИК в целом.

Остальные типы перемещений (рис.1 поз. 3, 4, 5) имитируются автомобилем во время движения, на который устанавливается ИК.

После детальной проработки различных конструктивных решений был выбран наиболее оптимальный вариант, удовлетворяющий этим требованиям (рис.2).

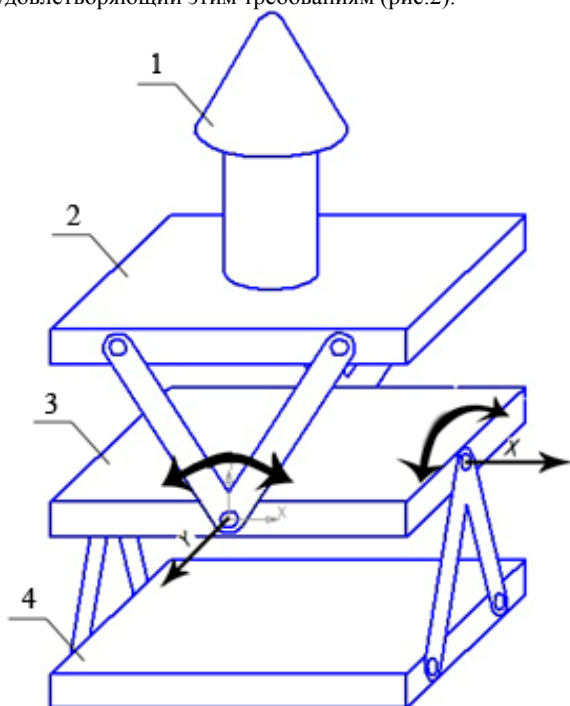


Рис.2. Эскиз ИК с блоком АС

1. Приемная антенна 2. Платформа имитации ботовой качки 3. Платформа имитации килевой качки 4. Нижняя платформа - основание ИК

Поскольку одним из условий эксплуатации ИК является ограниченное энергопотребление, то при разработке конструкции рассматривался широкий круг материалов и конструктивных особенностей отдельных деталей для уменьшения массы. Для увеличения прочностных характеристик в конструкции применялись комбинации из нескольких материалов, таких как сталь, алюминиевые сплавы и капролон.

Разработанный и изготовленный ИК (рис.3) решает ряд задач и отвечает необходимым требованиям для испытания КССП:

1. Имитирует корабельную качку в морских условиях для приемной антенны сигналов в соответствии с вышеописанными требованиями.

2. Общее энергопотребление ИК не превышает 100 Вт.

3. Проведены предварительные испытания по режимам работы и оказываемым нагрузками на ИК. Результаты показали, что конструкция и механизмы отвечают предъявляемым требованиям.

В процессе развития вертолетной и корабельной техники, а также появления более современных спутниковых систем будут предъявляться новые требования к КССП и условиям их эксплуатации. Для испытания новых типов КССП потребуется разработка соответствующих ИК.

В процессе создания ИК были проанализированы и рассчитаны различные типы приводных механизмов, конструкций, электроники и прочей составляющей имитатора. Основываясь на полученном опыте, будет автоматизирован процесс проектирования ИК для перспективных КССП, а также для испытания устройств и систем на качение в различных плоскостях. Это позволит значительно сэкономить время и деньги на разработку нового ИК. Зная условия эксплуатации будущей системы, можно одновременно с ее разработкой вести проектирование ИК, что по-

зволит незамедлительно начать испытания, тем самым ускоряя момент выхода готовой продукции на рынок.



Рис.3. ИК подготовленный для стендовых испытаний

Список литературы:

1. Гулиа Н. В., Клоков В. Г., Юрков С. А. Детали машин. — М.: Издательский центр «Академия», 2004.
2. Егоров О. Д., Подураев Ю. В. Конструирование мехатронных модулей. — М.: Издательство МГТУ «Станкин», 2004.
3. Подураев Ю. В. Мехатроника. Основы, методы, применение. — 2-е изд., перераб и доп. — М.: Машиностроение, 2007
4. Москаленко В.В. Электрический привод. — 2-е изд. — М.: Академия, 2007.
5. Сухотина А.М. Справочник по электрохимии — Л. : Химия, 1981.
6. Э. Парр. Программируемые контроллеры: руководство для инженера. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
7. Увайсов С.У., Сотникова С.Ю., Абрамешин А.Е. Идентификация параметров бортовых источников вторичного электропитания на основе комплексирования моделей // В кн.: Надежность и качество-2012: труды Международного симпозиума: в 2-х т. / Под общ. ред.: Н.К. Юрков. . Т. 2. Пенза: Пензенский государственный университет, 2012. С. 465-466.
8. Котюк А. Ф. Датчики в современных измерениях. Москва. Радио и связь — 2006.

МЕТОД ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ТРУБОПРОВОДЕ НА ОСНОВЕ ИНДУКЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ

М.А. Андреев

факультет Электроники и телекоммуникаций

В настоящее время в России протяженность магистральных трубопроводов составляет более 250 тыс. км, а промышленных около 400 тыс. км. Трубопроводы должны обладать высокой надежностью, так как аварии на них могут привести к экологической катастрофе и загрязнению окружающей среды. Одной из основных причин аварий являются дефекты сварных соединений. Поэтому при строительстве новых трубопроводов необходим полный контроль качества сварных соединений, а также периодический инспекционный контроль действующих трубопроводов.

Так как наиболее используемым способом контроля является рентгенографический метод, который обладает наглядностью, высокой чувствительностью и документальностью, для неразрушающего контроля сварных швов в процессе строительства широко применяются специальные устройства, называемые кроулерами, на которых в большинстве случаев установлены панорамные рентгеновские генераторы. Они используются при строительстве магистральных трубопроводов, как на суше, так и при прокладке газовых труб по дну моря.

Сложность управления самоходным кроулером в трубопроводах заключается в необходимости передачи команды на остановку в определенном месте через стенку стальной трубы толщиной от 8 до 40 мм на расстоянии до открытого конца трубы до 3 км, что исключает использование радиопередатчиков и некоторых других способов передачи команд.

В данной работе предлагается метод позиционирования рентгенографического комплекса относительно контролируемого сварного шва с помощью индукционного датчика расстояния.

Изначально для управления кроулером использовались изотопы. Но использование изотопов имеет важный недостаток – влияние на здоровье оператора. Чтобы избежать использование изотопов компаниями JME ltd и ЗАО МНПО «Спектр» совместно был разработан иной метод управления кроулером – электромагнитное управление, состоящее из сигнального магнита и детектора магнитного поля. В дальнейшем этот метод был улучшен, и в качестве сигнального магнита используется устройство, называемое Магнетоп, излучающее электромагнитное поле, устанавливаемое снаружи трубы. В качестве приемника используется устройство, оснащенное двумя датчиками электромагнитного поля, расположенными вдоль направления движения кроулера, что позволяет определять направление перемещения магнетопа.

Такая система имеет много достоинств. Основное достоинство – существенное снижение радиационных нагрузок на окружающую среду и на обслуживающий персонал.

Электромагнитная система управления обеспечивает высокую точность остановки относительно сварного шва, а также не оставляет остаточных следов намагниченности на трубе, что позволяет неоднократно проводить снимки одного и того же шва.

При всех достоинствах данная система имеет ряд недостатков. Для обеспечения контроля трубопроводов с разной толщиной стенки, часто необходимо настраивать систему для работы с данной толщиной, но чаще всего одним кроулером контролируется трубопровод с одинаковыми параметрами.

Другой важный недостаток системы, существующий на данный момент – более низкая надежность системы по сравнению с изотопной.

Для замены данного типа системы управления предлагается использовать индукционный датчик расстояния с выходом аналогового типа. Данные датчики позволяют измерять расстояние до металла с точностью до 1мм и определять различные проводящие материалы на основе различной магнитной плотности материалов.

Сварной шов трубопровода по нормативам всегда имеет «обратный валик» т.е. выступает от внутренней поверхности на 3-5 мм. Также сварной шов имеет другую плотность материала, чем трубопровод. Таким образом для позиционирования рентгенографического кроулера можно использовать индукционный датчик расстояния.

Индукционный датчик расстояния устанавливается вблизи фокусного пятна рентгеновского генератора таким образом чтобы при проведении контроля сварного шва на рентгеновской пленке этот датчик не был виден. Датчик устанавливается на расстоянии 5-7 см от плоскости излучения, и направлен под углом, таким образом чтобы определять наличие сварного шва точно в плоскости излучения.

При движении кроулера в прямом направлении индукционный датчик измеряет расстояние до стенки трубопровода, и как только датчик определяет наличие сварного шва (на выходе датчика устанавливается устройство, фильтрующее все возмущения кроме сигнала соответствующего наличию сварного шва), то кроулер замедляет движение и останавливается, и после этого медленно возвращается обратно пока не остановится точно над сварным швом.

При данной системе позиционирования нет необходимости использовать для управления электромагнитную систему и для управления кроулером предлагается использовать радиуправление, так как необходимая точность позиционирования будет получена при использовании индукционного датчика.

Предлагаемая система управления имеет ряд достоинств. Так нет необходимости находиться в непосредственной близости от места рентгенографического контроля, что позволяет снизить рентгеновскую нагрузку на организм оператора. Также управление такой системой легче и понятнее, и не требует дополнительного обучения. С помощью радиосвязи появляется возможность использовать двунаправленный канал связи и таким образом возможность считывать информацию о состоянии рентгенографического комплекса.

В настоящий момент проводится проектирование необходимых блоков для сборки данной системы управления. Разработка данных блоков управления производится в соответствии с принципами ЭМС.

Данная система повысит надежность используемых рентгенографических комплексов и также упростит их с точки зрения управления оператором. И как самое важное достоинство – повысит безопасность работы с данным оборудованием.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕННЫ ДЛЯ СВЯЗИ

Д.О. Фирсов-Шибав
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

Производилось электродинамическое моделирование дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М (рис.1) с целью проверки возможности увеличения полосы рабочих частот.



Рис. 1. Дискоконусная антенна скелетного типа ЮТ21-01М в безэховой камере

3D Моделирование дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М производилось в электродинамическом пакете Ansoft HFSS v.12.

Модель дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М представлена на рисунке 2.

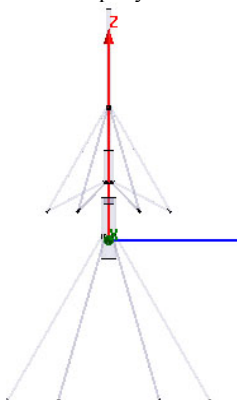


Рис. 2. Модель дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М

На рис. 3 показана рассчитанная частотная характеристика КСВ дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М от 70 до 700 МГц. На данном рисунке по оси абсцисс отложена частота в МГц, по оси ординат отложено значение КСВ.

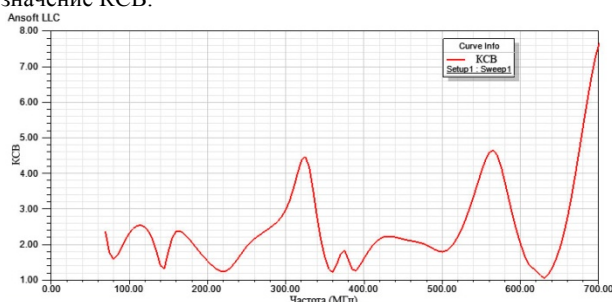


Рис. 3. Рассчитанная частотная характеристика КСВ дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М от 70 до 700 МГц

Как видно из данного рисунка для частот 71 до 90 МГц значение КСВ не превышает 2. Далее от 90 до 130 МГц значение КСВ находится в интервале от 2 до 2,5. От 130 до 150 МГц значение КСВ менее 2. От 150 до 180 МГц КСВ находится в интервале от 2 до 2,4. В частотах от 180 до 250 КСВ менее 2. От 250 до 345 значение КСВ изменяется в интервале от 2 до 4,45. От 345 до 410 МГц значение КСВ находится в интервале от 2 до 2,25. От 479 до 512 МГц КСВ менее 2. От 512 до 600 МГц КСВ изменяется в пределах от 2 до 4,65. От 600 до 650 МГц значение КСВ менее 2. От 650 и до 700 МГц значение КСВ резко возрастает до 7,6.

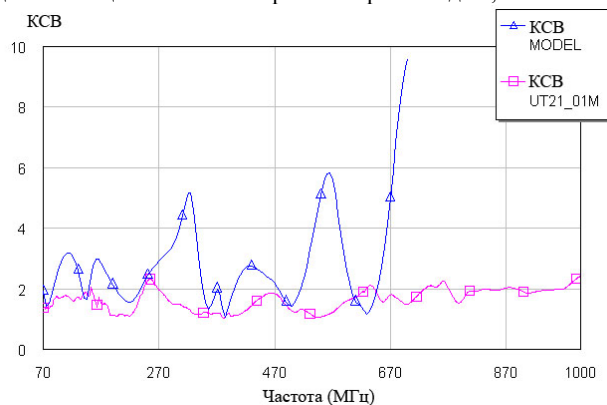


Рис. 4. Частотная характеристика КСВ смоделированной и измеренной дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М

Как видно из рис. 4, измеренное КСВ антенны лучше, чем посчитанные модели. Это связано с тем, что геометрия реальной антенны от геометрии модели заложенной в программе HFSS отличаются: отсутствием гальванических соединений в проектированных моделях, отсутствием согласующего трансформатора. Все это приводит к ухудшению КСВ.

Отсутствие согласующего трансформатора на входе антенны приводит к возрастанию КСВ более 8 для частот выше 1000 МГц. Однако результаты измеренной антенны с согласующим трансформатором позволяют говорить о том, что с точки зрения согласования антенна может работать до частот 1000 МГц.

На рисунках 5 и 6 приведены нормированные диаграммы направленности в угломестной плоскости данной дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М для частот 390 МГц и 545 МГц.

На этих рисунках углы отложены в градусах, а значение мощности в дБ.

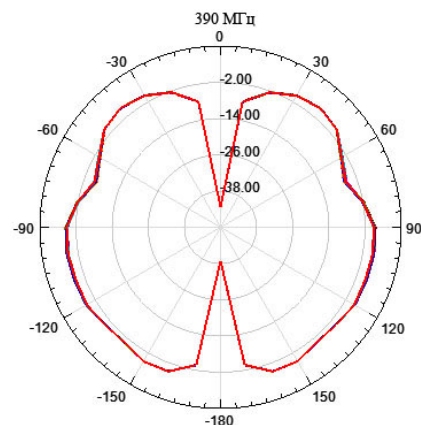


Рис. 5. Нормированная диаграмма направленности смоделированной дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М на 390 МГц

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ ЗВЕЗДНОГО ПРИБОРА

А.А. Поздняков

факультет Электроники и телекоммуникаций

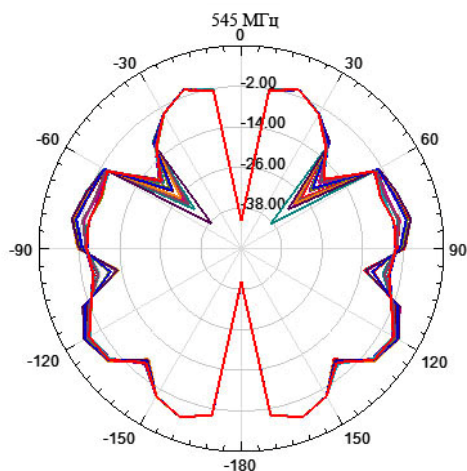


Рис. 6. Нормированная диаграмма направленности моделированной дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М на 545 МГц

На рисунках 7 и 8 представлены 3D нормированной диаграммы направленности дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М для частот 390 и 545 МГц.

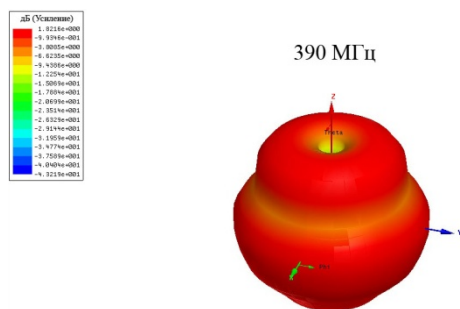


Рис. 7. 3D нормированная диаграмма направленности дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М на 390 МГц

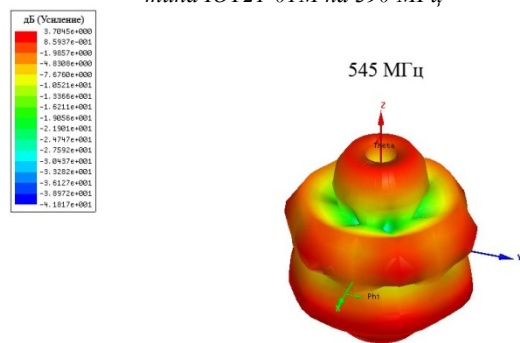


Рис. 8. 3D нормированная диаграмма направленности дискоконусной антенны скелетного типа ЮТ21-01М на 545 МГц

Как видно из рисунков диаграмм направленностей на частоте 390 МГц ширина лепестков по уровню 5 дБ составляет 12-170 градусов. На частоте 545 МГц ширина лепестков по уровню 5 дБ составляет 107-134, 145-170 градусов.

Отсюда делаем вывод, что на частоте 390 МГц диаграмма направленности удовлетворяет требованиям к рассматриваемой антенне.

А для частоты 545 МГц диаграмма направленности удовлетворяет требованиям к рассматриваемой антенне.

Системы астрокоррекции или как их еще называют звездные датчики (ЗД), используются на КА достаточно давно. В последнее время эти системы получают все большее распространение. Такие системы могут определять ориентацию системы КА по произвольному участку звездного неба и выдавать матрицу ориентации СК КА относительно навигационной системы координат с частотой более 1Гц. Ресурс таких приборов составляет 10 и более лет.

На примере уже существующего ЗД создается ЗД, с более высокими техническими характеристиками.

Для перспективных КА наметилась тенденция к повышению требований к системе ориентации и в том числе к звездным приборам. Таким образом, для разработчиков звездных приборов, важнейшими задачами при разработке новых ЗД являются:

- повышение помехозащищенности, т.е. способности приборов нормально функционировать в условиях динамики КА и факторов космического пространства и условий эксплуатации (заряженные частицы, засветки от Солнца и Земли, частицы газопылевого облака, пылинки, объекты искусственного происхождения);
- снижение времени выхода на режим автономного определения ориентации;
- поддержание точности измерений, при повышенных угловых скоростях (до 3 °/с) и ускорении (более 0,1 °/с) движения КА;
- повышение частоты выдачи измерительной информации.

Как показывают предварительные проработки, повышение указанных характеристик можно обеспечить не только путем совершенствования конструкции и элементной базы, но и путем модификации программно-алгоритмического обеспечения (ПАО) звездного прибора. Второй путь требует меньших затрат. Кроме того, новые идеи в части ПАО могут быть применены и для звездных приборов, находящихся в стадии серийного производства.

Для решения данной задачи предполагается использовать метод математического моделирования.

В уже существующей математической модели выделяются четыре основных алгоритма:

Алгоритм поиска и обнаружения (АПО) – в нем происходит отбор предполагаемых звезд и занесение их в специальный каталог;

Алгоритм распознавания (АР) – в этом алгоритме происходит распознавание звезд из каталога, полученного в АПО;

Алгоритм определения ориентации (АОО) – здесь, путём геометрического решения, происходит определение ориентации;

Алгоритм слежения (АС) – предназначен для слежения за звёздами, полученными в АР;

На математической модели представляется возможным доработать алгоритмы следующим образом:

АПО – введение адаптивного порога выделения звезды; уменьшение числа кадров, с целью уменьшения времени выхода на автономное распознавание;

АР – уменьшение времени распознавания, за счёт уменьшения используемых в АР количества звезд, т.е. нет нужды определять все звёзды с фотоприёмной матрицы (ФПУ);

АС – компенсация смаза изображения, придание дополнительной устойчивости слежению, за счёт использования информации об угловой скорости.

В общем, для всех алгоритмов предлагается уменьшить число кадров, что приведёт к снижению времени выхода на режим автономного определения ориентации.

В качестве подхода предлагается использовать оптимальную фильтрацию.

В процессе работы ожидается получить улучшение результатов по следующим характеристикам:

- время селекции и опознавания – 3с;
- частота обновления информации – 10Гц (без ухудшения точностных характеристик);
- предельная угловая скорость – 3 %/с;
- предельное угловое ускорение – 0,5 %/с².

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕМОДУЛЯЦИИ ТОКА ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ШИРОКОПОЛОСНЫХ СВЧ УСИЛИТЕЛЯХ

А.И. Шульга

факультет Электроники и телекоммуникаций

В настоящее время в различных областях человеческой деятельности все большую роль играют различные системы связи. В большинстве действующих систем связи, включая спутниковые системы связи России, в ретрансляторах используется многостанционный доступ с частотным разделением каналов. Поскольку при этом применяют большое число разночастотных (часто, многочастотных, групповых) сигналов, то рабочие полосы ретрансляторов должны быть достаточно широки. Рост скоростей и объемов потоков информации требует повышенной пропускной способности каналов связи, что может быть достигнуто увеличением динамического диапазона и расширением рабочей полосы пропускания усилительных трактов.

Одним из самых популярных широкополосных сверхвысокочастотных усилителей, имеющих высокую выходную мощность на выходе, является усилитель на спиральной лампе с бегущей волной (ЛБВ). Спиральные ЛБВ с высокими значениями коэффициента полезного действия, полосы пропускания, надежности и срока службы являются идеальными бортовыми усилителями мощности СВЧ всех типов спутников. Со времени изобретения Компфнером принципа действия ЛБВ эффективность преобразования энергии постоянного тока в высокочастотную энергию в спиральных ЛБВ возросла с 1% до 75% с перспективой дальнейшего увеличения до 80-85% в коммерческих спутниковых системах связи.

Важным стимулом к повышению КПД и уменьшению массы ЛБВ остаются экономические требования спутниковых систем. По современным оценкам снижение мощности источника питания на 1 Вт даст экономию в 7-9 тыс. евро, а уменьшение массы на 1 кг. – в 75 тыс. евро. Таким образом, если на борту спутника находится 40 ЛБВ с выходной мощностью 100 Вт каждая, то улучшение КПД на 1 процент и снижение массы ЛБВ на 100 г. дадут экономию примерно 750 тыс. евро. В процессе развития космических ЛБВ их удельная масса существенно уменьшилась с 40 г/Вт для первой ЛБВ С-диапазона (3,7-4,2 ГГц) до 6 г/Вт для современной ЛБВ того же С-диапазона.

Важнейшей интегральной характеристикой трактов усиления, от которой зависит как КПД, так и масса прибора, и обработки сигналов является динамический диапазон, который связан, с одной стороны, с чувствительностью, а с другой стороны, с проявлением их нелинейных свойств.

Решение задачи расширения динамического диапазона систем связи и повышения качества их функционирования связано с обеспечением линейности усилительных трактов прохождения разночастотного сигнала. Большое влияние на качество каналов передачи информации оказывает нелинейность передаточных амплитудных характеристик (АХ) и фазоамплитудных характеристик (ФАХ) СВЧ-усилителей мощности (СВЧ-УМ), относящихся к классу нелинейных динамических систем, или устройств с комплексной нелинейностью (УКН).

Нелинейность АХ СВЧ-УМ проявляется в нелинейном АМ/АМ-преобразовании разночастотного сигнала, а неравномерность ФАХ — в паразитном преобразовании амплитудной модуляции в фазовую, т. е. в возникновении амплитудно-фазовой конверсии (АФК). Все это приводит к возникновению интермодуляционных искажений (ИМИ). Проблема создания широкополосных СВЧ усилителей с расширенным динамическим диапазоном традиционно является одной из основных задач радиотехники. Основной причиной, препятствующей расширению полосы принимаемых частот, являются паразитные каналы приема, образующиеся, в частности, за счет ИМИ СВЧ усилителя. Они ограничивают реальный динамический диапазон усилительных трактов. На современном этапе развития техники передачи, приема и обработки информации требования к динамическому диапазону возрастает с каждым годом. Это объясняется, во-первых, улучшением качественных показателей устройств, а во-вторых, существенным ухудшением электромагнитной обстановки. Для многих радиосредств характерна устойчивая тенденция к усложнению приемопередающей аппаратуры, размещение ее на небольших площадях (на судах, самолетах, ретрансляторах и т. д.) или работающей от общих антенных устройств.

Нижняя граница динамического диапазона определяется шумами трактов, а верхняя — уровнем нелинейных искажений, т.е. фактически уровнями возникающих в СВЧ усилителе ИМИ. Нелинейные свойства тракта можно оценить с помощью допустимого коэффициента гармоник огибающей группового сигнала, относительного уровня комбинационных составляющих, коэффициента сжатия амплитуды радиосигнала и т. д.

Итак, динамический диапазон и линейность передаточных характеристик приемопередающих трактов систем связи неразрывно и тесно связаны с друг другом и оказывают главное влияние на параметры и характеристики системы связи, такие как КПД и масса усилительного тракта.

Решение поставленных задач определяет актуальность работы, направленной на увеличение динамического диапазона трактов ретрансляторов систем спутниковой связи и линеаризацию передаточных характеристик транзисторных СВЧ-усилителей мощности и компенсации ИМИ, что позволяет существенно повысить верность передачи информации, улучшить энергетические показатели, сузить рабочие полосы и увеличить надежность систем связи различного назначения.

Оценка уровня нелинейных искажений может быть проведена на основе квазистационарного метода [1]. Так в работе [2] на основе квазистационарного метода вводятся универсальные амплитудные характеристики, которые позволяют оценить уровень нелинейных искажений. Так вблизи точки насыщения относительный уровень нелинейных искажений третьего порядка составляет -12дБ, что соответствует результатам эксперимента для двухчастотного режима работы лампы с бегущей волной (рис. 1).

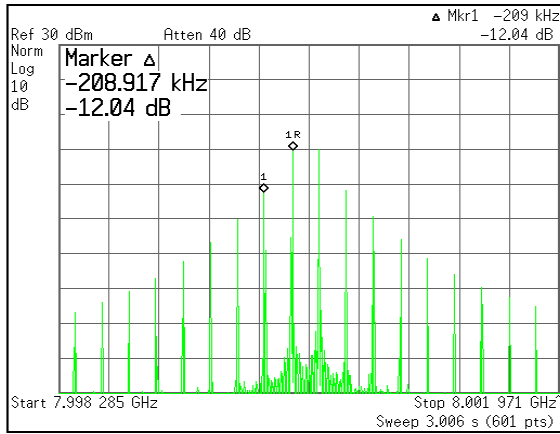


Рис.1. Спектр на выходе ЛБВ при усилении двухчастотного сигнала.

Широкое применение в России и в мире в целом нашли три основных метода подавления ИМИ: внесение предискажений во входной сигнал (predistortion linearization), компенсационный метод линейаризации (feedforward linearization), введение высокочастотных обратных связей (freeback linearization). Все эти методы имеют определенные недостатки: низкий КПД, высокая сложность в настройке, низкая надежность в режиме эксплуатации, высокая стоимость производства и эксплуатации. Также особо отметим усилители с пониженным уровнем нелинейных искажений западной фирмы Communications & Power Industries (CPI). Усилители данного производителя обладают пониженными искажениями на выходе, но зависят от входного сигнала и требуют изменения внутреннего устройства усилителя, что в конечном итоге означает крайне дорогостоящую реорганизацию производства. К тому же технология модернизации внутренней структуры усилителя является закрытой и всецело принадлежит CPI. В работе предлагается новый метод подавления нелинейных искажений, основанный на внешней корректировке характеристик усилителя. Реализация такой внешней корректировки является значительно более выгодной с экономической стороны и более эффективной с технической.

Предлагаемый метод основан на премодуляции тока электронного пучка лампы с бегущей волной [3]. Блок-схема экспериментальной установки, позволяющей оценить уровень нелинейных искажений на выходе усилителя при усилении двухчастотного сигнала показана на рисунке 2.

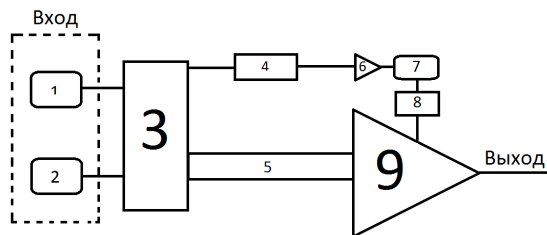


Рис.2. Блок-схема СВЧ усилителя при воздействии на его вход двухчастотного тестового сигнала: 1-Генератор гармонического СВЧ сигнала, 2-Генератор гармонического СВЧ сигнала, 3-смеситель/разветвитель, 4-детектор, 5-линия связи, 6-усилитель детектированного сигнала, 7-фазовращатель, 8- блок питания электродов ЛБВ, 9- ЛБВ.

Цепь питания, обеспечивающая премодуляцию тока электронного пучка может иметь много вариантов реализации. Цепь, используемая в эксперименте показана на рисунке 3.

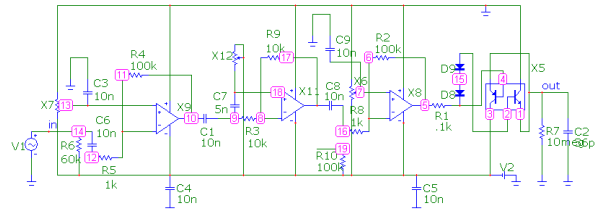


Рис.3. Цепь премодуляции тока электронного пучка.

В рамках работы [2] проведен теоретический анализ подавления нелинейных искажений с помощью воздействия низкочастотного сигнала на передаточные характеристики усилителя. Рассматривается модулированный или многочастотный сигнал узкополосный сигнал с конечным числом частот $\omega_n, n=1,2,\dots,N$, лежащих в узкой полосе частот $\Delta\omega \ll \omega_n$. Такой сигнал можно рассматривать как монохроматический сигнал с медленно меняющимися амплитудой и фазой, определяющими медленно меняющуюся комплексную огибающую сигнала. В работе [4] предложен простой квазистационарный метод анализа нелинейного преобразования такого сигнала на амплитудной и фазоамплитудной характеристиках усилителя, взятых на «несущей» частоте в пределах интервала частот $[\omega_{мин}, \omega_{мин} + \Delta\omega]$.

Учтем зависимость АХ и ФАХ усилителя от его параметров, которые могут медленно изменяться во времени воздействием меняющейся амплитуды входного сигнала $|A_{вх}|$. На использовании этой зависимости основан метод подавления нелинейных искажений в усилителе с помощью сигнала огибающей.

С учетом зависимости АХ и ФАХ от одного управляющего параметра J имеем для комплексного коэффициента передачи K и спектральных составляющих $E_{нвх}$ на выходе усилителя:

$$K(|A_{вх}|, J) = \frac{A_{ввых}}{A_{вх}} = \frac{|A_{ввых}|}{|A_{вх}|} e^{-i(\alpha_{ввых} - \alpha_{вх})} = \frac{f(|A_{вх}|, J)}{|A_{вх}|} e^{-i\varphi(|A_{вх}|, J)}, \quad (1)$$

$$E_{нвх} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} K(|A_{вх}(t)|, J(t)) A_{вх}(t) e^{in\Omega t} d(\Omega t), \quad (2)$$

$$E_{нвх} = \sum_{n=1}^N K_{n-n'} E_{н'вх}, \quad (3)$$

$$K_n = \frac{1}{2 \cdot \pi} \int_0^{2\pi} K(|A_{вх}(t)|, J(t)) e^{in\Omega t} d(\Omega t), \quad (4)$$

$$K(|A_{вх}(t)|, J(t)) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} K_n e^{-in\Omega t}, \quad \text{где } \quad (5)$$

$A_{вх}$ – огибающая входного сигнала, $A_{ввых}$ – огибающая выходного сигнала, $E_{нвх}$ – амплитуда спектральной составляющей на входе усилителя.

Параметр $J(t) = J[|A_{вх}(t)|]$, меняется во времени в зависимости от амплитуды входного сигнала. Выбором этой зависимости можно уменьшить амплитуды Фурье K_n комплексного коэффициента передачи и тем самым перекрестное влияние частотных составляющих сигнала, определяющее влияние АХ и величину ИМИ.

Качественно это показано на рисунке 4, где представлено семейство АХ усилителя, зависящих от параметра J .

Если с изменением $|A_{\text{вх}}(t)|$ переходить с одной АХ на другую, меняя соответственно параметр J , то можно в определенных пределах линеаризовать «динамическую» АХ усилителя.

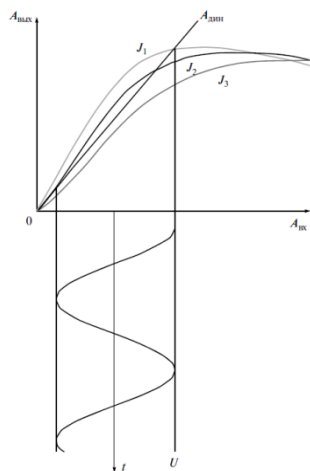


Рис. 4. Семейство амплитудных характеристик усилителя, зависящих от параметра J («статические АХ») и их линеаризация при изменении J под действием сигнала огибающей ($A_{\text{дин}}$ – «динамическая АХ»).

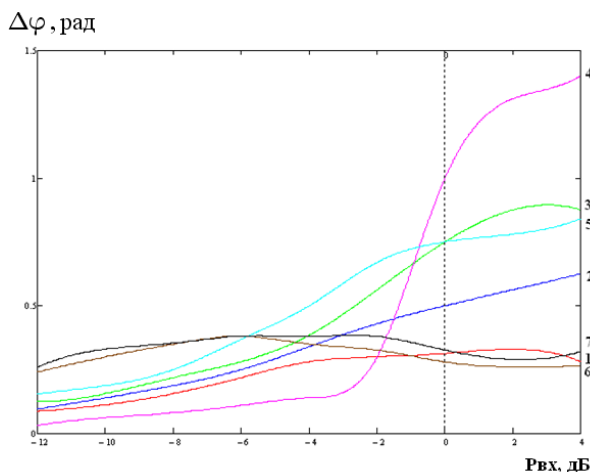


Рис.5. Фазоамплитудные характеристики ЛБВ.

АХ и ФАХ могут быть получены с помощью нелинейной теории лампы с бегущей волной [5]. Воспользуемся фазоамплитудными характеристиками, полученными на основе нелинейной теории лампы с бегущей волной в работе [6].

На рисунке 5 показаны фазоамплитудные характеристики, которые были получены в результате расчетов по одномерной теории ЛБВ и которые полностью коррелируют с результатами, представленными в работе [4] для различных параметров скорости b и пространственного заряда 4QC. Параметр усиления был взят равным $s=0,1$. Расчет проводился для $0 < b < 3$ и $0 < 4QC < 6,5$. При построении ФАХ началом отчета служила выходная фаза малого сигнала при $|F_{\text{вх}}| = 10^{-6}$. Во всех случаях безразмерная длина выбиралась таким образом, что насыщению соответствовал входной сигнал амплитуды $|F_{\text{вх}}| = 0,042$. Расчет при равных входных сигналах дал для выходных составляющих без использования коррекции нелинейных харак-

теристик уровень комбинационных составляющих третьего порядка -14дБ. С использованием коррекции и без учета фазоамплитудной конверсии уровень составляет - 33дБ.

Это объясняется большей линейностью «динамической» амплитудной характеристикой усилителя (с премодуляцией тока пучка) по сравнению со «статической» амплитудной характеристикой усилителя (без премодуляции тока пучка). Можно утверждать, что предложенный способ позволяет уменьшить нелинейные искажения третьего порядка на величину до 19 дБ и расширить динамический диапазон в 1,7 раза.

Учтем теперь фазоамплитудную характеристику и проследим зависимость уровня комбинационных составляющих третьего порядка от параметров пространственного заряда и скорости.

№ на рис.	4QC	b	Δ-снижение ОУКС (дБ)
1	0	0	19
2	0	0,5	6
3	0	1,0	3
4	0	2,0	2.1
5	2,1	2,0	3
6	4,5	1,5	10
7	6,3	2,5	10,3

Таблица показывает на какую величину понижается относительный уровень комбинационных составляющих третьего порядка (ОУКС3) при различных параметрах скорости и пространственного заряда при применении метода «премодуляции» тока электронного пучка.

Проведенный анализ подавления нелинейных искажений в усилителе на ЛБВ с премодуляцией тока пучка показал значительное влияние

фазоамплитудной характеристики на уровень нелинейных искажений на выходе усилителя. При использовании рассмотренного метода для получения существенного эффекта подавления необходимо проводить расчеты по оптимизации ФАХ. Проведенное обобщение квазистационарного метода анализа нелинейного преобразования сигналов позволяет рассмотреть также усиление и подавление ИМИ более сложных многочастотных сигналов, применяемых в радиосистемах. Следует отметить, что для получения существенного эффекта подавления нелинейных искажений необходима поэтапная оптимизации цепи питания лампы с бегущей волной.

Список литературы:

1. Андреевская Т.М., Солнцев В.А. // Электрон. техн. Сер. 1. Электроника СВЧ. 1990. № 4. С. 64.
2. Солнцев В.А., Шульга А.И. // Радиотехника и электроника, 2012, том 57, № 2.
3. Солнцев В.А., Шульга А.И., «Способ линеаризации характеристик СВЧ усилителя», патентная заявка, 03.06.2011, № 033206 2011122420 (принято положительное решение о выдаче патента).
4. Малышенко В.И., Солнцев В.А. // Электрон. техн. Сер. 1. Электроника СВЧ. 1972. № 10. С.16 .
5. Вайнштейн Л.А., Солнцев В.А., Лекции по сверхвысокочастотной электронике, Сов. радио, 1973.
6. Шульга А.И., Анализ метода подавления нелинейных искажений с помощью огибающей сигнала с учетом фазоамплитудной конверсии в ЛБВ, Журнал Т-СОММ №10-2012, стр.130-135

ДОСТИЖЕНИЕ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВЫСШИХ ТИПОВ ВОЛН

В.В. Перфильев, Д.О. Фирсов-Шибяев
факультет Электроники и телекоммуникаций

Рассмотрим мультиплексор, приведенный на рис. 1, представляющий из себя полость в металле, имеющую плавно изменяющуюся высоту, с одним излучающим и четырьмя приемными рупорами, осуществляющий частотную селекцию сигналов четырех диапазонов. На вход 1 поступают сигналы, перекрывающие четыре частотных диапазона: I – 13,5 - 20 ГГц, II – 20 - 26 ГГц, III – 26 - 40 ГГц, IV – 40 - 60 ГГц, при этом сигналы первого частотного диапазона проходят на 2 вход, второго частотного диапазона проходят на 3 вход, третьего частотного диапазона проходят на 4 вход, четвертого частотного диапазона проходят на 5 вход. Принцип действия мультиплексора основывается на свойстве отражения волны областью, находящейся в определенном сечении раскрыва (полости в металле), при условии, что длина волны λ (в свободном пространстве) превышает или равна критической длине волны для этого раскрыва ($\lambda \geq \lambda_{кр}$). С другой стороны, если длина волны меньше критической ($\lambda < \lambda_{кр}$) для соответствующей области раскрыва, то волна беспрепятственно пройдет эту область и, в конце концов, отразится в дальней области мультиплексора. Поскольку полость в металле имеет переменную высоту h , то за счет выбора соответствующего профиля этой полости можно сформировать требуемое число областей с заданными геометрическими размерами (сечениями), обеспечивающими отражение волн соответствующих диапазонов в направлениях, где располагаются приемники этих волн. Таким образом обеспечивается частотная селекция сигналов, поступающих в мультиплексор со входа 1, и реализуется рассматриваемый четырехканальный мультиплексор (частотный селектор). Рупора возбуждаются волной H_{10} .

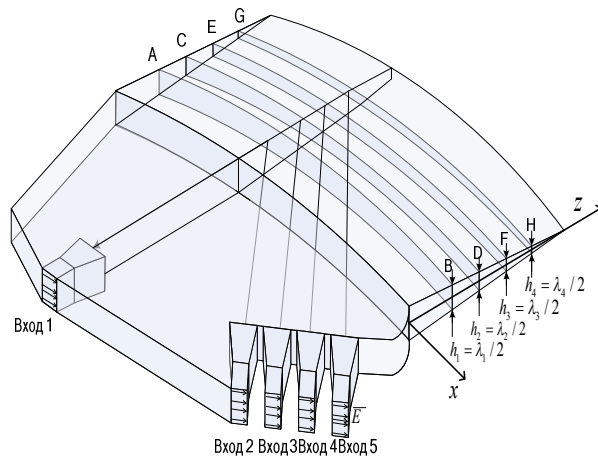


Рис. 1. Геометрия четырехканального мультиплексора.

Как видно из рис.1 сечение мультиплексора в плоскости Н представляет собой переход между двумя прямоугольными волноводами, который показан на рис.2.

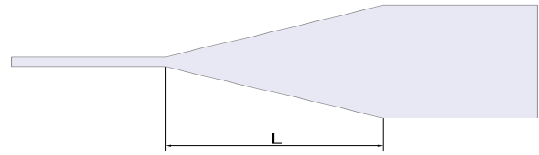
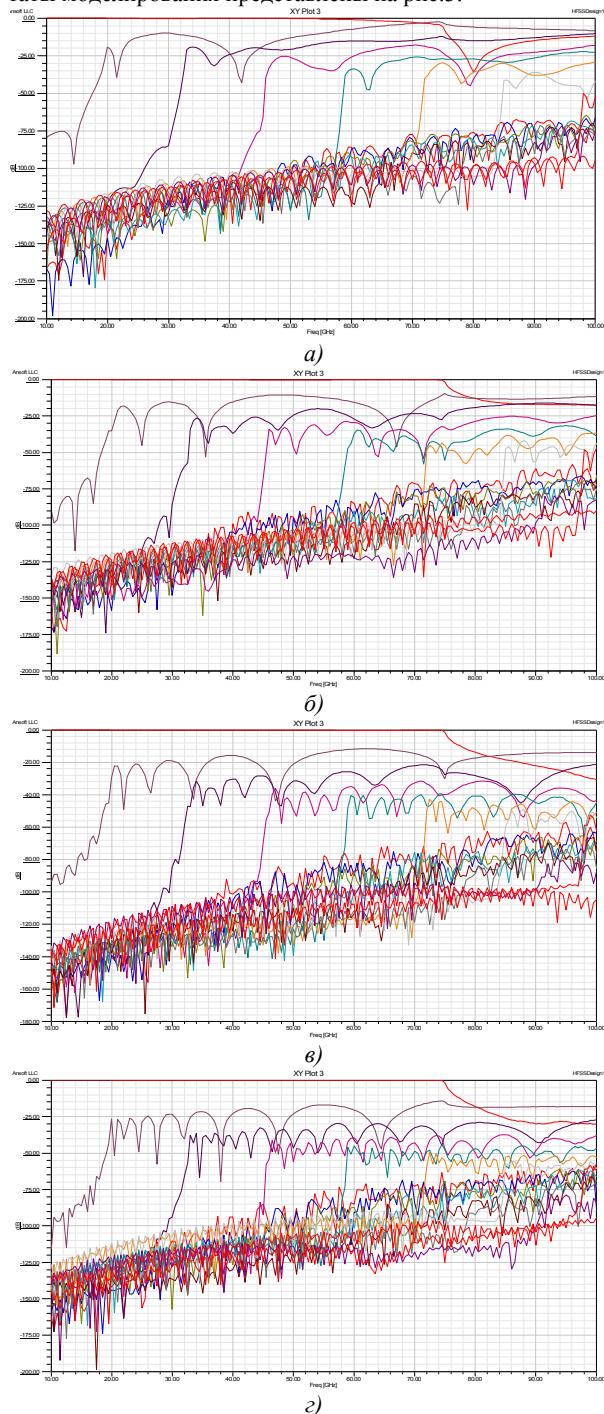


Рис. 2. Модель E-плоскостного волноводного перехода.

Промоделируем различные варианты исполнения такого перехода, изменяя длину перехода L для обеспечения минимизации перехода энергии в высшие типы волн на значения 28, 56, 85, 113 и 142 мм соответственно. Результаты моделирования представлены на рис.3.



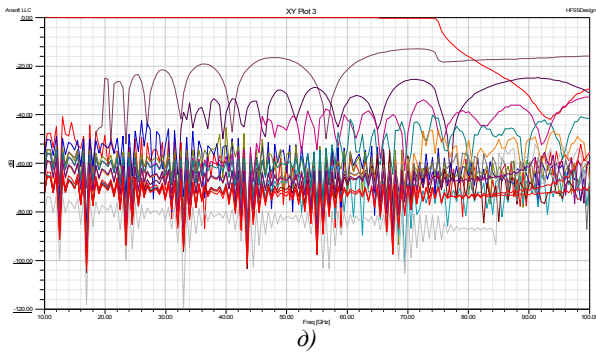


Рис. 3. Результаты электродинамического моделирования E -плоскостного волноводного перехода различной длины а) 28 мм, б) 56 мм, в) 85 мм, г) 113 мм, д) 142 мм.

Как видно из представленных выше графиков наибольший вклад вносит третья мода, представляющая собой волну типа H_{30} . Рассмотрим отдельно затухания на данной моде для всех длин перехода (рис. 4).

Рис. 4. Затухание волны H_{30} при различных длинах волноводного перехода.

На основе результатов моделирования составим график зависимости затухания на третьей моде от длины перехода (рис. 5).

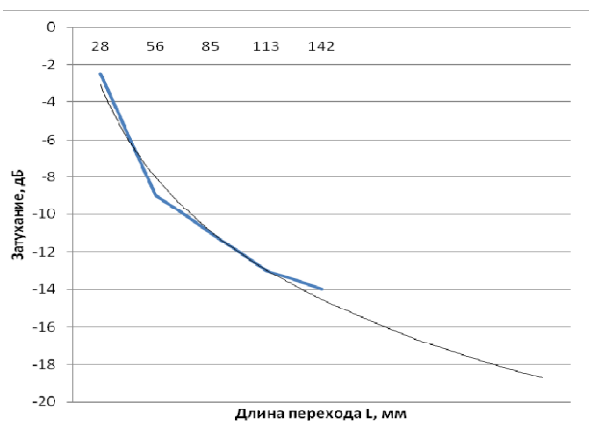


Рис. 5. Зависимость затухания волны H_{30} от длины перехода.

На основе полученных результатов можно оценить необходимые размеры волноводного перехода для достижения требуемого уровня затухания волн высшего типа.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЗБУДИТЕЛЯ ДОС ОПТИЧЕСКОГО ТИПА

А.С. Годин, Д. С. Гежа
факультет Электроники и телекоммуникаций

При разработке диаграммообразующей системы оптического типа (ДОСОТ), возникла необходимость расчета перехода электромагнитной волны из коаксиальной линии в полусвободное пространство, ограниченное с двух сторон (в плоскости H) металлическими пластинами. Диаграммообразующая система представляет собой выфрезерованную полость, в которой помещена диэлектрическая фторопластовая пластина с $\epsilon_{\phi} = 2,1$ и $\mu_{\phi} = 1$. Полость накрывается металлической крышкой так, как показано на рис. 1. По боковым стенкам ДОСОТ расположены СВЧ-поглотители мощности на основе материала ферроэпоксид, номер состава 19.

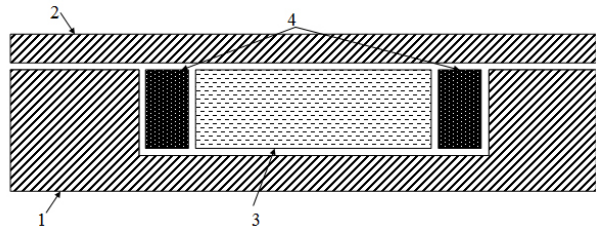


Рис. 1. (1 – металлический корпус с выфрезерованной полостью, 2 – металлическая крышка, 3 – фторопластовая пластина, 4 – СВЧ-поглотители мощности)

Переход электромагнитной волны из коаксиальной линии в ДОСОТ представляет собой вынесенную внутреннюю жилу коаксиального кабеля во фторопластовую пластину ДОСОТ, так, как показано на рис. 2

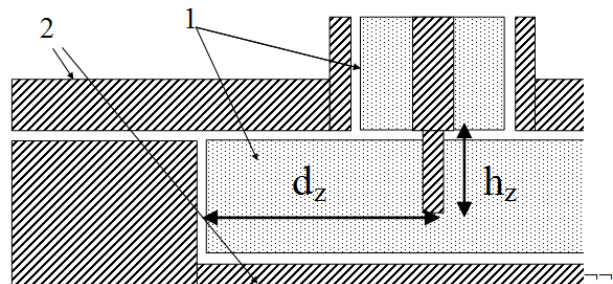


Рис. 2. (1 – фторопласт, 2 – металлические плоскости)

Часть изометрической проекции модели ДОСОТ в программном комплексе Ansoft HFSS 11, представлена на рис. 3:

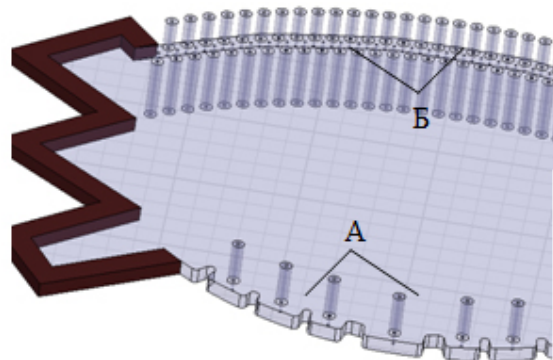


Рис. 3. (А – металлический корпус с выфрезерованной полостью, В – металлическая крышка)

Как видно на рис. 2, переходы из коаксиальной линии в ДОСОТ условно делятся на два типа:

А – одиночные металлические зонды, со специально увеличенной развязкой между собой (малая связь), зонд этого типа представляет собой излучатель в полусвободном пространстве, который формирует волну с цилиндрическим фронтом, распространяющуюся во фторопластовой пластине между двумя металлическими плоскостями.

Б – зонды этого типа вставляются сверху и снизу во фторопластовую пластину. Зонды типа Б имеют большую связь между собой, они не развязаны. При возбуждении одного из зондов типа А (см. рис. 3), к зондам типа Б приходит фронт электромагнитной волны, который можно назвать условно плоским, в случае если зонды типа Б будут размещаться на дуге окружности с радиусом, равным радиусу волнового фронта возбужденной электромагнитной волны на данном расстоянии от зонда типа А.

Для моделирования и расчета выбран программный комплекс Ansoft HFSS 12. При расчете переходов типа А (см. рис. 3), которые являются аналогом коаксиально-волноводных переходов, согласование достигается за счет расчета расстояния от ближайшей металлической стенки до зонда d_z и его высоты h_z .

Частотная характеристика КСВ перехода для одного из зондов типа А представлена на рис. 4;

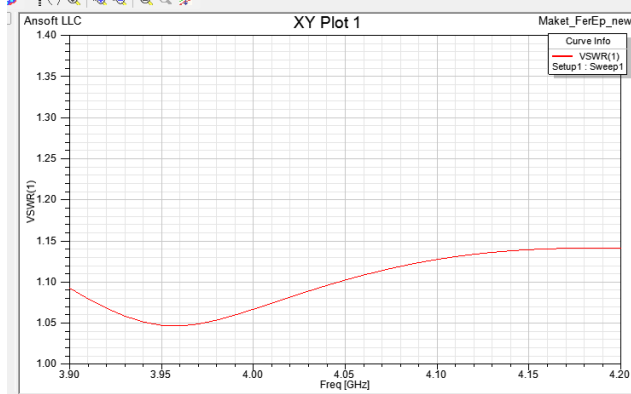


Рис. 4.

Для расчета переходов типа Б метод согласования аналогичен описанному выше, но зонд не является уединенным, а работает совместно с соседними, и к нему подходит плоский фронт электромагнитной волны. Также между зондами крайне малое расстояние $l \ll \frac{\lambda}{2}$, где λ - длина волны во фторопласте, и если рассматривать отдельный зонд, то цилиндрическая волна возбуждаться не будет. Однако, если рассмотреть один зонд с частью диаграммообразующей системы и смоделировать таким образом, что к зонду подходит плоский фронт волны, то задачу можно существенно упростить.

В программе Ansoft HFSS 12 создается 3D модель интересующей нас части ДОСОТ, а именно: коаксиальная линия, с переходящим во фторопластовую пластину металлическим зондом. Пластина ограничивается металлическими стенками, за исключением двух сторон в плоскости Е, которые выставляются в модели как "perfect H", что

означает магнитные стенки. На одной плоскости фторопластовой пластины и на входе коаксиальной линии задаются порты типа «WavePort». Модель изображена на рис. 5.

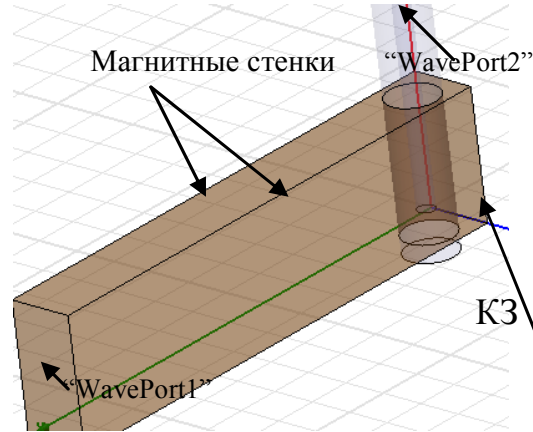


Рис. 5.

При подаче сигнала на «WavePort1» волна ограничивается только с двух сторон металлическими стенками (сверху и снизу на рис. 5), с двух других сторон стоят магнитные стенки (слева и справа на рис. 5), за счет чего волна возбуждается и имеет плоский фронт электромагнитной волны, которая далее переходит в коаксиальную линию. Теперь для согласования перехода осталось с помощью функции параметризации выбрать необходимые конструктивные значения перехода, а именно расстояние от ближайшей металлической стенки до зонда d_z и его высоты

h_z (см. рис. 2). При получении необходимых размеров, их же используют для всех остальных зондов типа Б, т.к. в модели на рис. 5, магнитные стенки являются «зеркалом».

Частотная характеристика КСВ в заданной полосе частот показана на рис. 6:

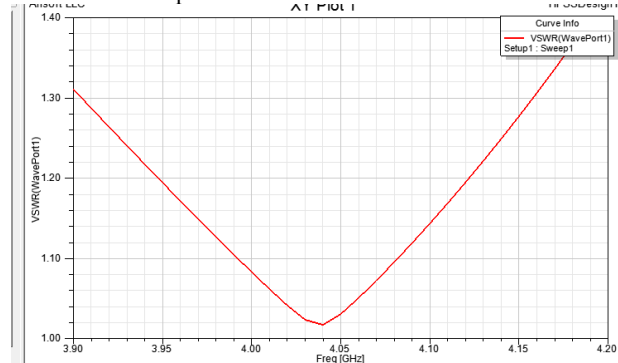


Рис. 6.

Таким образом, при расчете достаточно сложной системы зондов для диаграммообразующей системы оптического типа, можно воспользоваться довольно простым решением задачи, рассмотрев единственный случай коаксиального зонда, и смоделировав электромагнитную волну с плоским волновым фронтом.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСФОКУСИРОВКИ ЛУЧЕЙ В СИСТЕМЕ С НЕОДНОРОДНЫМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЗАПОЛНЕНИЕМ

Д.С. Гежа, А.С. Годин

факультет Электроники и телекоммуникаций

Для определения применимости программы, моделирующей распространение лучей в неоднородных средах, необходимо определить отклонения от истинной траектории луча - расфокусировку. Для решения данной задачи была взята кусочно-линейная среда, состоящая из двух сред с различными значениями коэффициентов преломления. Для решения задач электродинамического анализа систем, в которых характерные размеры неоднородности гораздо больше длины волны, применяется геометрическая оптика. При моделировании задачи с использованием геометрической оптики требуется на порядки меньше времени и оперативной памяти вычислительного комплекса, по сравнению с прямыми методами моделирования на основе уравнений Максвелла. Геометрооптическое приближение также целесообразно использовать для повышения эффективности проектирования при построении нулевого приближения разрабатываемых систем.

Модель плоско-слоистой среды, т. е. среды, показатель преломления которой n зависит лишь от одной декартовой координаты, к примеру, z , часто используется при исследовании распространения электромагнитных волн в океане и атмосфере, упругих волн в земной коре и т. п.

Для рассмотрения взята полость в металле, широкая стенка h которой линейно изменяется от координаты z . Геометрия представлена на рис. 1. Изменение высоты h полости в металле должно происходить плавно, чтобы не возникли высшие типы волн. Плавность изменения высоты h оценивается заранее с помощью электродинамического пакета HFSS.

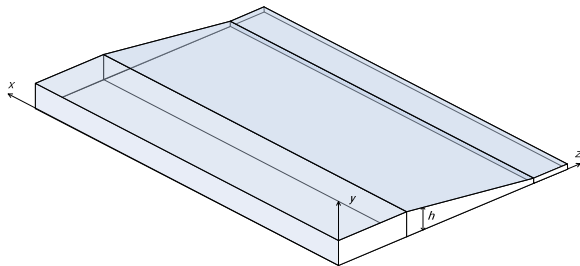


Рис. 1. Полость в металле изменяемой высотой h , линейно-зависящей от координаты z

Такая система может быть промоделирована на 2D модели с заполнением волновода с постоянной высотой h частотнораспределительным диэлектриком (см. рис. 2), диэлектрическая проницаемость которого $\varepsilon(z)$ зависит от одной переменной z , в соответствии с изменением высоты $h(z)$ (см. рис. 1). Волновод возбуждается волной H_{10} . На рис. 2 поляризация электрического поля \vec{E} показана стрелками.

Таким образом рассматривается E -плоскостная волноводная модель, в которой изменение высоты волновода h описывается через показатель преломления внутреннего объема, который равен корню квадратному из

диэлектрической проницаемости среды, заполняющей волновод. Высота широкой стенки волновода $h(z)$ является кусочно-линейной функцией:

$$\left. \begin{aligned} h(z) &= 30 \text{ мм для } z < 0 \text{ мм} \\ h(z) &= \frac{-29z + 4500}{150} \text{ для } 0 \leq z \leq 150 \text{ мм} \\ h(z) &= 1 \text{ мм для } z > 150 \text{ мм} \end{aligned} \right\}$$

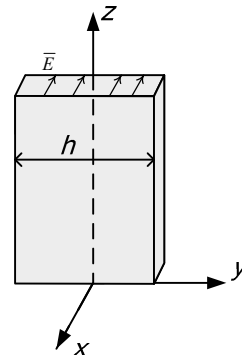


Рис. 2. Эквивалентная E -плоскостная модель полости в металле

Луч выходит из координаты $x^0 = 20$, $z^0 = 20$ под углами $-75 \div 30^\circ$ градусов с шагом в 15° .

Результаты моделирования металлической полости с изменяемой высотой h методом геометрической оптики приведены на рис. 3.

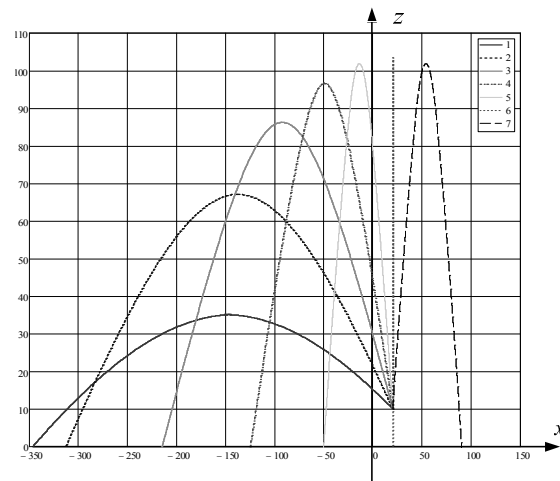


Рис. 3. Траектории распространения лучей в плоскослоистой среде в зависимости от начального угла распространения луча

На рис. 3 приведены зависимости $z(x)$ для постоянного начального значения координаты $x^0 = 20$ и различных начальных углов распространения луча Θ^0 . На рис. 3. траектория 1 соответствует углу $\Theta^0 = -75$ градуса, траектория 2 - $\Theta^0 = -60$ градуса, траектория 3 - $\Theta^0 = -45$ градуса, траектория 4 - $\Theta^0 = -30$ градуса, траектория 5 - $\Theta^0 = -15$ градуса, траектория 6 - $\Theta^0 = 0$ градуса, траектория 7 - $\Theta^0 = 15$ градуса.

Искривление траектории луча соответствует закону полного внутреннего отражения, таким образом подтверждается правильность моделируемой системы.

Так же рассмотрена E-плоскостная волноводная система с изменяемой высотой широкой стенки h (см. рис. 4), которая является кусочно-линейной функцией, зависящей от двух координат (x, z) . На рисунке 4 показана геометрия задачи. Геометрия состоит из 3-х сегментов. В сегменте 1, высота полости в металле равняется 30 мм. Сегмент 2, ограничивается двумя эллипсами с одинаковыми фокусами и различными значениями больших (малых) осей эллипсов. Высота полости в металле во втором сегменте меняется от 30 мм (граница малого эллипса) до 1 мм (граница большого эллипса). В 3 сегменте, высота равняется 1 мм.

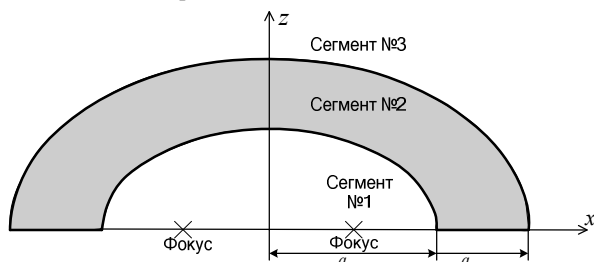


Рис. 4. E-плоскостная волноводная система с изменяемой высотой широкой стенки h , зависящей от двух координат (x, z)

На рис. 5 приведены траектории лучей $z(x)$ рассматриваемой модели для постоянного $x^0 = 40$ и различных начальных углов распространения луча Θ^0 . На рис. 2. траектория 1 соответствует углу $\Theta^0 = -80$ градусов отсчитанному от оси z , траектория 2 – $\Theta^0 = -70$ градусов, траектория 3 – $\Theta^0 = -60$ градусов, траектория 4 – $\Theta^0 = -50$ градусов, траектория 5 – $\Theta^0 = -40$ градусов, траектория 6 – $\Theta^0 = -30$ градусов, траектория 7 – $\Theta^0 = -20$ градусов, траектория 8 – $\Theta^0 = -10$ градусов, траектория 9 – $\Theta^0 = 0$ градусов, траектория 10 – $\Theta^0 = 10$ градусов, траектория 11 – $\Theta^0 = 20$ градусов, траектория 12 – $\Theta^0 = 30$ градусов, траектория 13 – $\Theta^0 = 40$ градусов, траектория 14 – $\Theta^0 = 50$ градусов.

Исследуя приведенные зависимости на рис. 5 наиболее интересной является область расхождения (без искажений лучи должны приходить в фокус). Таким образом, можно оценить потери, которые будут возникать при передаче энергии от одного фокуса к другому.

На рис. 6 приведены графики точек пересечений лучей вблизи фокуса эллипса, выходящих в диапазоне углов от -80 до 50 градусов относительно оси z с дискретом в 5 градусов (для которых начальный угол отличается на один дискрет) для различных значений фокусов и большой оси эллипса. Линии 1 соответствуют параметры эллипса: фокус $f = 150$ мм, большая ось малого эллипса $a_{\min} = 350$ мм, большая ось большого эллипса $a_{\max} = 500$ мм; линии 2 – $f = 150$ мм, $a_{\min} = 420$ мм, $a_{\max} = 570$ мм; линии 3 – $f = 140$ мм, $a_{\min} = 420$ мм, $a_{\max} = 570$ мм.

Из графиков, приведенных на рис. 7, видно, что с возрастанием отношения большой оси эллипса к его фокусу расходимость точек пересечения лучей становится меньше.

При $f = 140$, $a_{\min} = 420$, $a_{\max} = 570$ луч, выпущенный под различными углами из фокуса не возвращается во второй фокус эллипса, происходит расфокусировка. При углах $\Theta = -85.75^\circ$ область расфокусировки по оси x составляет 17.5 мм, по оси $z - 9.1$ мм. При сужении углов излучения $\Theta = -40.40^\circ$ область расфокусировки уменьшается до значений по оси $x - 6.12$ мм, $z - 0.99$ мм. Таким образом, при сужении угла излучения луча можно так же сузить область расфокусировки.

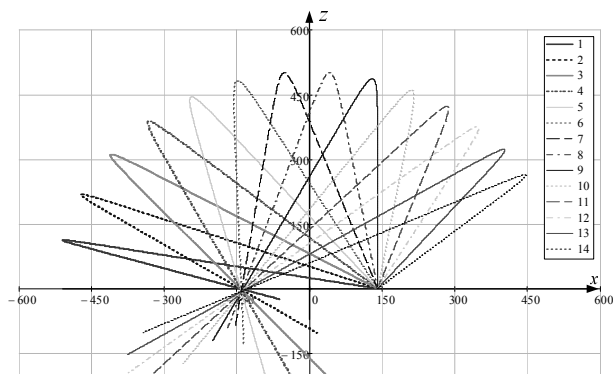


Рис. 5. Траектории распространения лучей в слоистой среде в зависимости от начального угла распространения луча

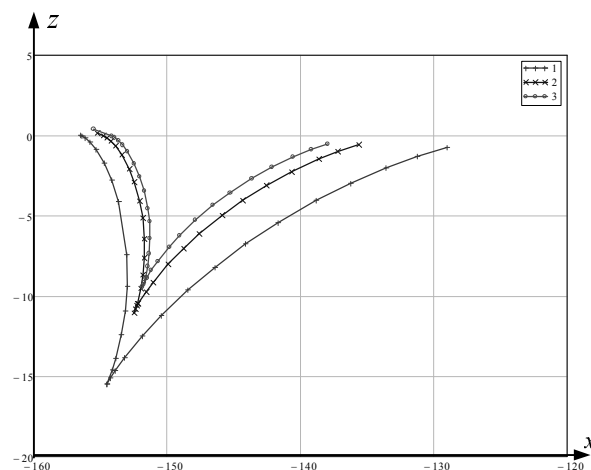


Рис. 6. Траектории пересечений лучей

Проведено моделирование распространения луча для E-плоскостной неоднородной системы, с изменяемой высотой широкой стенки h , в плоско-слоистой среде с коэффициентом преломления, зависящим от одной координаты, и в слоистой среде с коэффициентом преломления, зависящим от двух координат.

Показана возможность фокусировки лучей в E-плоскостной системе, когда линии постоянной ширины волновода представляют из себя семейство эллипсов, с совпадающими фокусами. Исследована расфокусировка лучей. Даны рекомендации по уменьшению расфокусировки для рассмотренного случая.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОЙ ЦЕПИ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

А.В. Кортунов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация. В статье описывается способ определения параметров тепловой цепи мощного транзистора, работающего в импульсном режиме.

Введение. В процессе работы электронные устройства рассеивают приложенную электрическую мощность в виде тепла, что приводит к увеличению температуры самого устройства. Т.к. их параметры сильно зависят от температуры, в связи с этим возникает необходимость моделирования электрических схем с учетом саморазогрева.

С точки зрения теплопереноса конструкция транзистор на радиаторе представляет собой многослойную последовательную систему (рис. 1), состоящую из кремния, медной пластинки и радиатора [1].



Рис. 1. Схематическое изображение многослойной системы отвода тепла от мощного элемента.

Для электротеплового моделирования мощных элементов используется представление тепловой системы в виде электрической в соответствии с электротепловой аналогией, представляющей собой электрическую цепь (рис. 2), в которой каждому параметру теплового процесса соответствует аналогичный электрический параметр (сопротивления резистора и емкость конденсатора) [2].

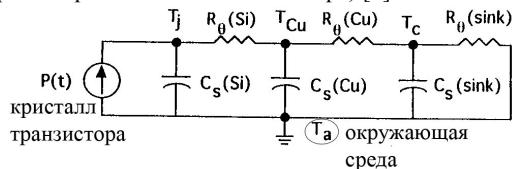


Рис. 2. Схема электротепловой модели.

Кристалл, имеет небольшие значения тепловых параметров, а радиатор, в связи с большой массой и объемом, имеет большую теплоемкость и значительное тепловое сопротивление радиатор-окружающая среда.

Параметры RC-цепей можно определить, отслеживая время разогрева всей системы. Каждый слой характеризуется постоянной времени ($\tau = \pi RC/4$), которая определяет время нагрева слоя в тепловой цепи. А общее время установления равновесной температуры тепловой структуры является суммой постоянных времени каждой RC-цепи.

Целью данной работы является определение параметров тепловой цепи нестационарного процесса теплопереноса в системе кристалл-корпус-радиатор-окружающая среда мощного транзистора, в цепь базы которого включен источник импульсных сигналов, изучение зависимости теплового импеданса мощного транзистора от частоты и скважности следования импульсов и моделирование полученной цепи.

Проведение эксперимента. В работе исследован мощный биполярный транзистор КТ807, закрепленный на радиаторе (длина 70 мм, ширина 60 мм, высота ребер 5 мм). Транзистор был включен по схеме с общим эмиттером с сопротивлением в базе 200 Ом, в цепь коллектора включен магазин сопротивлений. Режимы работы задавались изме-

нением параметров импульсного источника напряжения: длительность импульсов $t=10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}$ с, коэффициент заполнения $d=0.01, 0.05, 0.5$. Тепловой импеданс рассчитывался по формуле $Z=(T_c-T_a)/P$, где T_c – температура корпуса транзистора, T_a – температура окружающей среды, P – мощность рассеяния, $P=I_k \cdot U_{кз} \cdot d$. При этом наблюдалось изменение теплового импеданса: значение импеданса уменьшалось при уменьшении длительности импульса и увеличении его коэффициента заполнения.

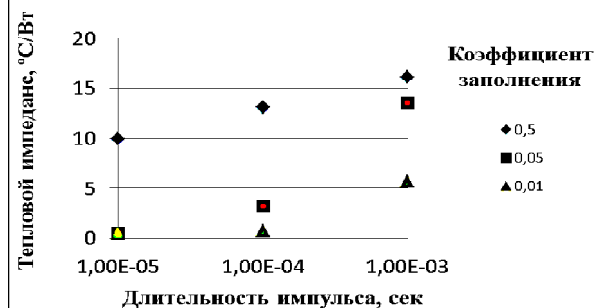


Рис. 3. Зависимость теплового импеданса Z от скважности и длительности импульса

Для расчета тепловых параметров радиатора изучаемая конструкция была смоделирована в программе SolidWorks. Сопротивление слоя переход-медная подложка составляет 8 °C/Вт (паспортное значение). Для определения тепловой емкости этого слоя был проведен эксперимент с измерением времени разогрева транзистора на радиаторе. Была определена временная константа для первого слоя и его тепловая емкость.

Таблица 1. Рассчитанные значения тепловых параметров схемы электротепловой модели

	R, °C/Вт	C, Дж/°C	t, с
Кремний	8	1,1	7
Медная пластинка	0.034	2.96	0,07
Радиатор	4	44	138,2

На основе полученных данных было проведено моделирование электрической схемы в программе LTSpiceIV.

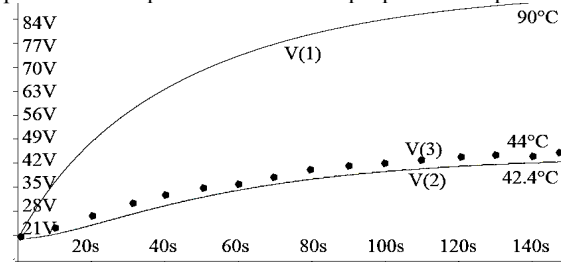


Рис. 4. Результат моделирования схемы электротепловой модели.

На рисунке 4 V(1) и V(2) – расчетные температуры перехода и корпуса, соответственно. V(3) – экспериментальные данные, отражающие разогрев корпуса.

Заключение. Приведенные результаты показали, что, при изменении параметров импульса, изменяется тепловой импеданс многослойной структуры, изучая характер которого можно определить параметры RC-цепей эквивалентной электротепловой модели.

Список литературы:

- Roberto Menozzi, Andy C. Kingswood, «A New Technique to Measure the Thermal Resistance of LDMOS Transistors», IEEE TDMR, vol. 5, No. 3, pp. 515-521, 2005.
- Wei Jin, Member, Weidong Liu, Chenming Hu, «SOI Thermal Impedance Extraction Methodology and Its Significance for Circuit Simulation», IEEE TED, vol. 48, No. 4, pp. 730-736, 2001.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА

К.Д. Федотов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Как известно, пьезоматериалы имеют свойство изменять электростатический заряд на своей поверхности при действии на них деформирующей силы (прямой пьезоэффект) и, наоборот, при приложении к ним электростатического поля, они деформируются (обратный пьезоэффект). Значения пьезомодулей d_{nm} зависят от типа используемого материала и направления приложения как деформации, так и напряжения.

При обратном пьезоэффекте следует учитывать, что деформация материала происходит не только в направлении приложения электростатического поля, но и перпендикулярно. Это обусловлено существованием у любого пьезоматериала коэффициента Пуассона.

Рассмотрим подробно, что происходит в цилиндрическом пьезоэлементе при обратном пьезоэффекте.

При приложении напряженности E_3 в направлении оси z происходит деформация пьезоэлемента, в сечениях цилиндра возникает напряжение

$$\sigma_3 = \frac{P_3}{F},$$

где P_3 – сила, возникающая в сечении цилиндра, F – площадь сечения цилиндра.

Вследствие обратного пьезоэффекта на торцах цилиндра возникает заряд

$$Q_3 = d_{33}P_3,$$

где d_{33} – пьезомодуль для продольного пьезоэффекта.

Пьезоэлемент находится между пластинами, на которые подается напряжение, а так же обладает диэлектрической проницаемостью ε , следовательно является конденсатором с емкостью

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 F}{l},$$

где ε_0 – электрическая постоянная, l – высота цилиндра.

Заряд можно выразить через приложенное к пластинам конденсатора напряжение U и емкость C .

$$Q_3 = CU,$$

учитывая условия данной задачи, U выражается через напряженность E_3

$$U = E_3 l,$$

зная C и U можно найти заряд на пластинах

$$Q_3 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E_3}{d_{33}}.$$

Теперь, зная заряд на торцах цилиндрического пьезоэлемента, можно вычислить силу

$$P_3 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E_3 F}{d_{33}},$$

а затем и напряжение в сечениях цилиндра

$$\sigma_3 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E_3}{d_{33}}.$$

Чтобы определить в первом приближении абсолютную деформацию цилиндра, необходимо записать

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma_3}{Y_z},$$

отсюда

$$\Delta l = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E_3 l}{d_{33} Y_z},$$

где Y_z – модуль Юнга для пьезоматериала по высоте цилиндра.

Во втором приближении необходимо узнать, чему равны относительные деформации цилиндрического пьезоэлемента. Можно записать, что $\sigma_3 = \sigma_z$. В таком случае

величины относительной продольной и поперечной деформаций по обобщенному закону Гука:

$$\varepsilon_z = \frac{1}{Y_z} [\sigma_z - \mu_z (\sigma_x + \sigma_y)],$$

$$\varepsilon_r = \frac{1}{Y_r} [\sigma_r - \mu_r (\sigma_r + \sigma_z)],$$

где Y_z и Y_r – модули Юнга для пьезоматериала по высоте и по радиусу цилиндра соответственно, а μ_z и μ_r – коэффициенты Пуассона для пьезоматериала.

Модули Юнга и Пуассона в формулах отличаются по той причине, что пьезоматериалы являются анизотропными веществами и в общем случае для них действительны следующие выражения:

$$\begin{cases} \varepsilon_x = a_{11}\sigma_x + a_{12}\sigma_y + a_{13}\sigma_z + a_{14}\tau_{yz} + a_{15}\tau_{zx} + a_{16}\tau_{xy}, \\ \varepsilon_y = a_{21}\sigma_x + a_{22}\sigma_y + a_{23}\sigma_z + a_{24}\tau_{yz} + a_{25}\tau_{zx} + a_{26}\tau_{xy}, \\ \dots \\ \gamma_{xy} = a_{61}\sigma_x + a_{62}\sigma_y + a_{63}\sigma_z + a_{64}\tau_{yz} + a_{65}\tau_{zx} + a_{66}\tau_{xy}, \end{cases}$$

Где σ – продольные напряжения, возникающие в материале, τ – касательные напряжения, возникающие в материале, а – упругие константы, зависящие от свойств материала. По теореме о взаимности работ $a_{ik}=a_{ki}$, и в общем случае анизотропии независимых констант 21, что усложняет расчеты при проектировании устройств. Поэтому используют упрощенные варианты формул, приведенные ранее.

Следует так же отметить, что в машиностроении часто для экономии материалов и удобного расположения электродов используют полые цилиндры.

При приложении силы к торцу полого цилиндра, его деформация по боковой грани бочкообразна. Это не имеет особого значения при проектировании, например, пьезосканеров, работающих с единственным зондом-иглой по одному направлению. Но в случае расположения зондов по боковой грани пьезоэлемента, появляются деформации, которые могут серьезно повлиять на точность работающего устройства.

Например, возьмем пьезоэлемент длиной 10 мм, диаметром $D=10$ мм с коэффициентом Пуассона $\mu=0,3$, пьезомодулем $d_{33}=300 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н, диэлектрической проницаемостью $\varepsilon=1500$, модулем Юнга $Y_z=7,6 \cdot 10^{10}$ Па. Затем приложим к нему напряжение 100 В и вычислим напряженность E_3 .

$$E_3 = \frac{U}{l} = \frac{100 \text{ В}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 10^4 \text{ В/м},$$

Затем подставим напряженность в формулу продольной деформации:

$$\Delta l = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E_3 l}{d_{33} Y_z} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1500 \cdot 10^4 \cdot 10^{-3}}{300 \cdot 10^{-12} \cdot 7,6 \cdot 10^{10}} \text{ м} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ м} = 50 \text{ нм}.$$

Теперь вычислим поперечную деформацию пьезоэлемента, исходя из определения коэффициента Пуассона:

$$\mu = \left| \frac{\Delta D}{D \Delta l} \right|,$$

$$\Delta D = \frac{\mu \Delta l D}{l} = \frac{0,3 \cdot 5 \cdot 10^{-8} \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} \text{ м} = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ м} = 15 \text{ нм}.$$

15 нанометров – величина, которая может значительно повлиять на работу наноустройств, работающих в высокоточных 1 нм диапазонах, поэтому ее нельзя не учитывать.

Список литературы:

1. Бобцов А.А., Бойков В.И., Быстров С.В., Григорьев В.В., Исполнительные устройства и системы для микропечемей. – СПб.: ГУ ИТМО, 2011. – 131 с.
2. Феодосьев В.И., Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1967. – 552 с.

ПОПЕРЕЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ БИМОРФНОГО ЭЛЕМЕНТА ПЬЕЗОПРИВОДА

М.П. Князева

факультет Электроники и телекоммуникаций

При разработке биморфных элементов пьезопривода для нанотехнологии следует учитывать их поперечные колебания, которые оказывают существенное влияние на точность позиционирования острия кантилевера.

Рассмотрим схему работы устройства кантилевера, представленного на рис. 1:

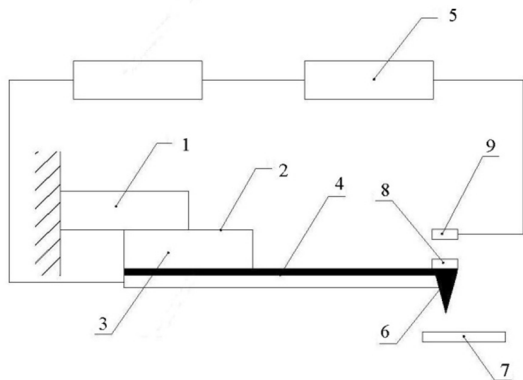


Рис. 1. Устройство возбуждения кантилевера

Устройство возбуждения кантилевера (фиг. 1) содержит держатель кантилевера 1 с кантилевером 2, включающим основание 3 с гибкой балкой 4, источник возбуждения колебаний 5 гибкой балки 4 с остривом 6 относительно образца 7; на гибкой балке 4 в зоне расположения острия закреплена круглая магнитная нанопластинка 8, а источник возбуждения колебаний 5 гибкой балки 4 с остривом 6 выполнен в виде генератора магнитных колебаний 9 с рабочими частотами до 200 кГц.

Устройство возбуждения кантилевера работает следующим образом.

При изменении частоты генератора магнитных колебаний 9 изменяется и частота колебаний гибкой балки 4 с остривом 6 в результате взаимодействия круглой магнитной нанопластинки 8 с генератором магнитных колебаний 9, который выполнен на базе стандартной катушки индуктивности с сердечником (условно не обозначена).

Собственные формы колебаний биморфного элемента и функции, их определяющие.

Простейшим периодическим решением уравнения свободных колебаний биморфного элемента

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + c^2 \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0 \quad (1)$$

является так называемое главное колебание, в котором $y(x,t)$ изменяется с течением времени по гармоническому закону

$$y(x,t) = \varphi(x) \sin(\omega t + \alpha) \quad (2)$$

Функция $\varphi(x)$, устанавливающая закон распределения максимальных (амплитудных) отклонений точек оси биморфного элемента от равновесного положения, называется формой главного колебания или собственной формой.

ω – собственная частота.

Отбор собственных частот и соответствующих им собственных форм осуществляется с помощью уравнения собственных форм и краевых условий задачи.

Уравнение собственных форм однородной задачи

$$EJ\varphi^{IV}(x) - \omega^2 \mu \varphi(x) = 0 \quad (3) \text{ или}$$

$$\varphi^{IV}(x) - k^4 \varphi(x) = 0 \quad (4), \text{ где}$$

$$k^4 = \frac{\mu \omega^2}{EJ} \quad (5) \text{ или } k^4 = \frac{4\pi^2}{\lambda^2} \theta \quad (6)$$

Уравнение (4) имеет следующие четыре независимых частных решения: $\cos kx$, $\sin kx$, $ch kx$, $sh kx$, его общий интеграл:

$$\varphi(x) = A \cos kx + B \sin kx + C ch kx + D sh kx \quad (7)$$

Запишем уравнение (7) и представим тригонометрические функции в системе уравнений (8) через функции Крылова:

$$\begin{cases} \varphi(x) = AS(x) + BT(x) + CU(x) + DV(x) & (10) \\ \sin kx = T - V \\ \cos kx = S - U \\ ch kx = S + U \\ sh kx = T + V \end{cases} \quad (8)$$

Приведем выражения последовательных производных по x от функций $S(x)$, $T(x)$, $U(x)$, $V(x)$ до четвертого порядка включительно.

Одним из преимуществ функций Крылова является то, что с помощью этих функций можно сразу написать выражение общего интеграла уравнения (4), удовлетворяющего условиям на конце $x=0$ и содержащего только две постоянные, которые определяются из условий на другом конце $x=l$.

Основная задача.

Колебания биморфного элемента, жестко закрепленного концом $x=0$ и свободного на конце $x=l$. Краевые условия в этом случае

$$\varphi(0) = \varphi'(0) = 0,$$

$$\varphi''(l) = \varphi'''(l) = 0.$$

Интеграл уравнения (4), удовлетворяющий условиям на конце $x=0$, имеет вид

$$\varphi(x) = CU(kx) + DV(kx) \quad (12)$$

Условия на конце $x=l$ выражаются уравнениями

$$\begin{cases} CS(kl) + DT(kl) = 0 \\ CV(kl) + DS(kl) = 0 \end{cases} \quad (13)$$

$$\text{откуда } S^2 - TV = 0 \text{ или } chkl \cos kl + 1 = 0 \quad (14)$$

По таблицам находим первые четыре корня уравнения (14): $kl=1.875$; 4.694 ; 7.855 ; 10.996 .

Для первых четырех собственных частот получаем по формуле (5)

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \frac{(1,875)^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}}, & \omega_2 &= \frac{(4,694)^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}}, \\ \omega_3 &= \frac{(7,855)^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}}, & \omega_4 &= \frac{(10,996)^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}}. \end{aligned}$$

Применение предлагаемого устройства возбуждения кантилевера позволяет расширить функциональные возможности устройства за счет использования схемы генератора магнитных колебаний – магнитная нанопластинка, основанной на принципах магнитного взаимодействия.

Список литературы:

1. Неволин В. К. Физические основы туннельно-зондовой нанотехнологии. – Учебное пособие // М.: МИЭТ, 2000. – 69 с., ил.
2. Бабаков И.М. Теория колебаний. – Издательство «Наука» // М., 1965. – 559 с., ил.
3. Бобцов, А.А., Бойков В.И., Быстров С.В., Григорьев В.В. Исполнительные устройства и системы для микроперемещений. – СПб ГУ ИТМО, 2011. – 131 с.

ПРОДОЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПЬЕЗОПРИВОДА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК НА ПОДЛОЖКЕ

М.П. Князева

факультет Электроники и телекоммуникаций

Для формирования квантовых точек на подложке используют различные пьезомеханические системы.

Одно из таких устройств представлено на рис. 1:

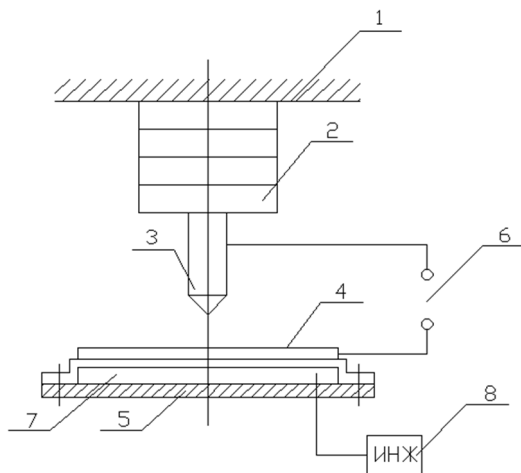


Рис. 2. Устройство формирования квантовых точек из газовой среды

Устройство формирования квантовых точек из газовой среды, содержит неподвижное основание 1, установленный на нем пьезопровод 2 с зондом 3, электрически связанным с подложкой 4, установленной на подложкодержателе 5, источник гармонических колебаний напряжения 6, соединенный с зондом 3 и подложкой 4, подложкодержатель 5 выполнен с возможностью подачи внутрь полости 7 подложкодержателя 5 жидкого азота от источника жидкого азота 8.

Устройство для формирования квантовых точек из газовой среды работает следующим образом (рис. 1).

При перемещении зонда 3 посредством пьезопровода 2 относительно подложки 4 источник гармонических колебаний напряжения 6 посылает импульсы между зондом 3 и подложкой 4, в результате чего формируются квантовые точки из газовой среды, окружающей пространство между зондом 3 и подложкой 4. В это время происходит охлаждение подложки 4 путем подачи жидкого азота от источника жидкого азота (ИЖА) 8 в герметичную полость 7 внутри подложкодержателя 5, что приводит к уменьшению интенсивности процесса испарения материала с поверхности подложки 4 и его дрейфа.

На процесс формирования квантовых точек существенное влияние оказывает резонанс, возникающий в пьезопроводе.

Обозначим через $\mu(x)$ – погонную массу пьезопровода (кг/м); $J(x)$ – погонный момент инерции относительно оси пьезопровода ($\text{Н}/\text{с}^2$); через $S(x)$ – площадь поперечного сечения (м^2); J_p – экваториальный момент поперечного сечения (м^4); E – модуль Юнга ($\text{Н}/\text{м}^2$). Пусть $y(x, t)$ – продольное смещение какого-либо сечения пьезопровода в момент t . Обозначим далее через $Q(x, t)$ интенсивность внешней нагрузки – продольной, направленной по оси пьезопровода.

Уравнения продольных колебаний пьезопровода мы получим как необходимые условия экстремума функционалов:

$$S_1 = \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} \int_0^l \left[\mu(x) \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 - ES \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 - Qy \right] dx dt \quad (1)$$

Интегралы по x , взятые в пределах от 0 до l (l – ширина пьезопровода) от первого и двух последних слагаемых в квадратных скобках, представляют собой соответственно кинетическую и потенциальную энергию рассматриваемой системы.

Необходимое условие экстремума функционала S_1 будет иметь вид:

$$\mu \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial x} \left[ES \frac{\partial y}{\partial x} \right] = Q(x, t) \quad (2)$$

Условие (2) будет уравнением продольных колебаний.

Когда $Q(x, t) \equiv 0$ и жесткость ES пьезопровода постоянна по всей ширине пьезопровода, то уравнение свободных колебаний однородного пьезопровода имеет вид:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0, \quad (3) \quad \text{где } c^2 = \frac{ES}{\mu}.$$

Уравнение (3) – линейное уравнение в частных производных второго порядка с постоянными коэффициентами.

Уравнение собственных форм продольных колебаний будет иметь форму:

$$\varphi''(x) + a^2 \varphi(x) = 0, \quad (4) \quad \text{где } a^2 = \frac{\omega^2 \mu}{ES}.$$

Задача о собственных формах и частотах колебаний приводится к интегрированию обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами.

Рассмотрим продольные колебания пьезопровода с одним жестко закрепленным ($x=0$) и другим ($x=l$) свободным концами.

Из краевых условий находим значения постоянных B и D общего решения

$$\varphi(x) = B \cos ax + D \sin ax.$$

Постоянная D не может, очевидно, равняться нулю, так как в противном случае $\varphi(x) \equiv 0$. Нетривиальное решение получится при условии

$$\cos al = 0, \quad (5)$$

Из условия (5) находим:

$$a_k = \frac{(2k-1)\pi}{2l}; \quad \omega_k = \frac{(2k-1)\pi}{2l} \sqrt{\frac{ES}{\mu}}, \quad (k=1,2,3,\dots) \quad (6)$$

Таким образом, уравнение (5) отбирает собственные значения параметра a и вместе с тем определяет собственные частоты системы. Оно называется *характеристическим уравнением* или *уравнением частот* и соответствует вековому уравнению систем с конечным числом степеней свободы.

При работе пьезопровода следует исключить такие рабочие режимы, при которых возникают условия резонанса.

Применение предлагаемого устройства формирования квантовых точек из газовой среды позволяет создавать квантовые точки с заданными промежутками между ними и заданной геометрией.

Список литературы:

1. Неволин В. К. Физические основы туннельно-зондовой нанотехнологии. – Учебное пособие // М.: МИЭТ, 2000. – 69 с., ил.
2. Бабаков И.М. Теория колебаний. – Издательство «Наука» // М., 1965. – 559 с., ил.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ЛИТИЕВОГО ЭМИТТЕРА-КОЛЛЕКТОРА НА ТОКАМАКЕ Т11-М

М.Ю. Жарков

факультет Электроники и телекоммуникаций

Для энергетических термоядерных реакторов сложной проблемой является создание стационарно работающих энергонагруженных внутрикамерных элементов. Существует нерешённая проблема выбора материала, способного работать в контакте с плазмой токамака в стационарном режиме. Следующие материалы используют для внутрикамерных энергонагруженных элементов токамака: вольфрам, бериллий, графит. Однако при их применении обнаруживаются недостатки: распыление, накопление «пыли», аккумуляция трития, снижение теплопроводности, оплавление, растрескивание и т.д.

Перспективным направлением в решении этих проблем, получившим в последнее время широкое развитие, является использование жидкого лития. Применение капиллярно-пористых систем (КПС) в качестве основы для создания литиевых внутрикамерных компонентов позволяет использовать все преимущества лития как материала, в наибольшей степени совместимого с термоядерной плазмой [1].

Уникальные свойства лития, среди которых низкое зарядовое число ($Z=3$), низкая температура плавления (180°C), низкая плотность, высокое поверхностное натяжение, высокая теплота испарения, высокая термическая и радиационная стойкость, высокая растворимость изотопов водорода являются основой возможности его использования как элемента, контактирующего с плазмой токамака, элемента очищающего плазму, а также в качестве тритий-воспроизводящего материала и теплоносителя blankets термоядерного реактора. Однако несмотря на хорошую совместимость лития с термоядерной плазмой, удаление лития из вакуумной камеры токамака – одно из важнейших технологических требований. Эксперименты показали, что в процессе работы токамака эмитированный литий концентрируется в основном в периферийном слое толщиной приблизительно 5 см. Исходя из этого, была разработана концепция литиевого эмиттера-коллектора, которая предполагала наличие литиевого эмиттера, расположенного в горячей области контакта горячей плазмы с лимитером, и литиевого коллектора, расположенного преимущественно в более холодной области, но в то же время в области, где собирается эмитированный литий. Эмиттер и коллектор должны быть соединены системой транспортировки лития для поддержания циркуляции лития в такой системе. Принципиальная схема литиевого эмиттера-коллектора показана на рис. 1

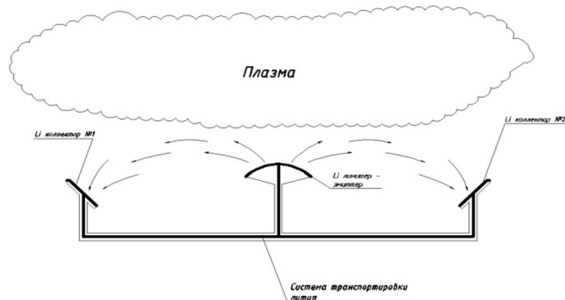


Рис. 1. Принципиальная схема литиевого эмиттера-коллектора.

В рамках исследовательской программы был сконструирован лимитер, реализующий концепцию литиевого эмиттера-коллектора (рис.2).

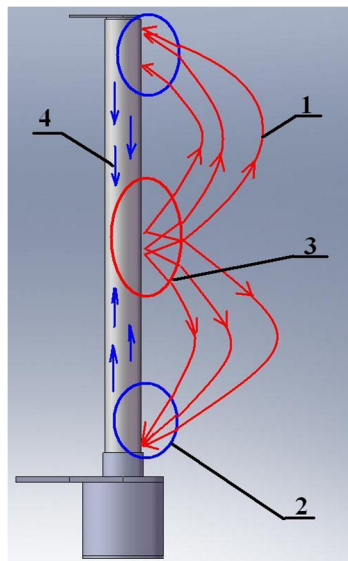


Рис. 2. Литиевый лимитер как литиевый эмиттер-коллектор: 1 – потоки лития, эмитированного в плазму, 2 – холодная зона лимитера (коллектор лития), 3 – горячая зона лимитера (эмиттер лития), 4 – потоки лития в КПС

Большая длина литиевого приёмного элемента позволяет реализовать принцип литиевого эмиттера-коллектора. Литиевый приёмный элемент контактирует с плазмой в локальной зоне, из которой в плазму поступает литий. Концы приёмного элемента являются коллекторами лития, так как будучи «холодными» и удалёнными от точки контакта с плазмой улавливают литий. В таком исполнении КПС играет роль транспортной системы лития, в которой литий перемещается за счёт капиллярных сил от коллекторов лития (концы элемента) к эмиттеру лития (зона контакта с плазмой).

Созданный макет стационарного литиевого лимитера вертикального исполнения испытан на токамаке Т-11М в рабочих режимах при токах 50-90 кА и тороидальном поле 1Тл. Лимитер был установлен на внешнем обводе тора. Получены устойчивые разряды с длительностью до 200мс. Показана работоспособность вертикального литиевого лимитера и устойчивость к срывам в режимах с «убегающими электронами». Выявлено, что в течение всей рабочей кампании лимитером было собрано $60\pm 20\%$ лития, инжектированного в плазму в процессе работы [2]. Прделанная работа позволила приступить к следующему этапу научно-исследовательской работы – созданию высокоэффективной криогенной мишени для улавливания лития.

Список литературы:

1. Материаловедение жидкометаллических систем термоядерных реакторов / Г.М. Грязнов, В.А. Евтихин, И.Е. Люблинский и др. М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. S.V.Mirnov, et al., Li collection experiments on T-11m and T-10 in framework of li closed loop concept, Fusion Eng. Des. (2011), doi:10.1016/j.fusengdes.2011.10.005.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЬЕЗОМАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В.А. Шеламов, Е.В. Матвеев

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

Работа посвящена разработке математической модели и программного обеспечения для исследования микромаанипуляторов с пьезоэлектрическим приводом.

Работа выполнена по тематике НИР, проводимой в ФГБНУ «НИИ ПМТ».

В микроэлектронике и нанотехнологиях подобные манипуляторы используются как позиционирующие и сканирующие устройства.

По принципу действия – это актуаторы, работающие на основе обратного пьезоэффекта [4].

По сравнению с другими видами актуаторов (механическими, магнитодинамическими, магнитострикционными и др.) пьезоактуаторы обладают высоким быстродействием, высокой точностью и большей плотностью энергии [6].

Микроманипулятор выполняется из пьезоэлементов различных форм: прямоугольных, круглых, цилиндрических и т.п.

Широкое распространение в ряде областей (зондовая микроскопия, микрогирископы, микронасосы, микророботы, пьезодвигатели) имеют элементы трубчатой формы. Они позволяют получать высокоточные перемещения в микрометровом и нанометровом диапазонах при относительно небольших управляющих напряжениях.

Однако наибольшее распространение пьезотрубки получили в качестве пьезосканеров сканирующей туннельной микроскопии, где консольно закрепленный пьезоэлемент позволяет обеспечить перемещения зонда (иглы из платино-иридиевого сплава) вдоль поверхности образца и в направлении нормали с точностью до десятых долей ангстрема [3]. В другом варианте на свободном конце пьезотрубки может быть закреплен столик с исследуемым образцом, таким образом, что сканирование производится столиком при неподвижной игле.

Цель работы заключается в расширении возможностей моделирования трубчатых пьезосканеров.

В известных моделях пьезосканеров используется пьезотрубка, у которой внутренний электрод – сплошной, а наружный электрод разделен на четыре равных секции с небольшими зазорами. Напряжение, равное по величине и противоположное по знаку, подается на пары оппозитных электродов. Это приводит к изгибу пьезотрубки в плоскостях, перпендикулярных оси [7].

Недостатком такого устройства является наклон свободного конца пьезотрубки при изгибе, ухудшающий качество сканирования в краевых зонах рабочего диапазона.

В настоящей работе предлагается один из вариантов улучшения качества сканирования – разделение внешнего электрода на несколько участков вдоль длины, что позволяет, при определенном способе подачи напряжений, обеспечить плоскопараллельное движение вдоль поверхности образца.

Для решения этой задачи была разработана математическая модель движения пьезотрубки, создано программное обеспечение в среде *Delphi* для её реализации. Результаты моделирования сравнивались с конечноэлементным анализом.

Отличительной особенностью модели от аналогов являются: многосекционность электродов, включая зазоры между ними, учёт их геометрии и свойств, более точный расчёт напряжённости электрического поля внутри пьезоэлементов.

Всё это позволяет расширить возможности моделирования и повысить точность получаемых результатов, делая модель ближе к реальным объектам моделирования.

Описание и основные уравнения модели

Поскольку пьезотрубка представляет собой протяженное в одном направлении Z тело, то для расчета ее деформаций и напряжений в ней используется теория изгиба балок с известными допущениями [5].

На рис. 1 показан разрез пьезотрубки со сплошным внутренним электродом и секциями внешних электродов. Обозначено: $ИН$ – эквивалент источника напряжения с регулятором R .

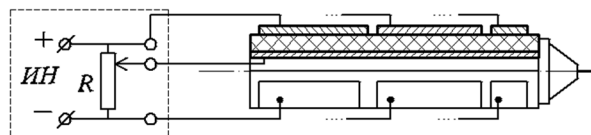


Рис. 1. Общий вид пьезоманипулятора

Введем r, θ – полярные координаты произвольной точки поперечного сечения трубки. Каждый сектор j ($1 \leq j \leq n$) имеет угловые границы $\theta_{j-1} \leq \theta \leq \theta_j$. Радиус свободной поверхности внутреннего (общего) электрода – r_0 . Граничные радиусы всех слоев – r_i . Толщина трёхслойной пьезотрубки (слой 2) составляет $h_2 = r_2 - r_1$. Трубка предварительно поляризована по толщине стенки в радиальном направлении.

Приложением электрического напряжения $U_j = U$ на электроды j -го сектора в слое пьезокерамики создается напряженность электрического поля E^z , которая для толстостенной трубки зависит от радиуса и имеет величину

$$E^z = U / [r \ln(r_2/r_1)],$$

а для тонкостенной – принимается постоянной, приближенно равной $E^z = U/h_2$. Элементы трубки в пределах активного сектора приобретают пьезоэлектрическую деформацию, которая в радиальном направлении имеет относительную величину $\epsilon_r^{ПЗ} = d_{33} \cdot E^z$, а в осевом направлении продольные волокна трубки расширяются (или сокращаются) в соответствии с зависимостью $\epsilon_z^{ПЗ} = d_{31} \cdot E^z$. Здесь d_{33} и d_{31} пьезомодули, причем для пьезокерамики марок ЦТС: $d_{33} > 0$, а $d_{31} < 0$ [2]. Знак деформации зависит от согласования направления напряженности внешнего поля E^z с вектором начальной поляризации P_0 .

В результате пьезотрубка испытывает внецентренное растяжение, сопровождающееся изгибом в плоскости симметрии j -го активного сектора. Подобно температурной задаче для многослойных сред со слоями переменной жесткости [5] уравнение нормальных напряжений σ_z в произвольном слое трубки при пьезоэлектрическом воздействии можно записать в виде

$$\sigma_z = E(C_1 - C_2x - C_3y - d_{31}E^z), \quad (1)$$

Здесь $E = E(x, y)$ – модуль упругости материала в данном слое, а постоянные C_1, C_2, C_3 определяются из условий равновесия сил и моментов при отсутствии внешних силовых факторов.

Суммарная продольная сила вдоль оси Z :

$$\Sigma N_z = 0: \quad \iint_S E(C_1 - C_2x - C_3y - d_{31}E^z) dS = 0. \quad (2)$$

Изгибающие моменты в плоскостях (X, Z) и (Y, Z) соответственно:

$$\Sigma M_y = 0: \quad \iint_S E(C_1 - C_2x - C_3y - d_{31}E^z) x dS = 0 \quad (3)$$

$$\Sigma M_x = 0: \iint_S E(C_1 - C_2 x - C_3 y - d_{31} E^3) y dS = 0. \quad (4)$$

Интегрирование проводится по площади сечения S в полярных координатах (r, θ) с учетом зависимостей: $x = r \cos \theta$, $y = r \sin \theta$, $dS = r d\theta dr$. В пределах каждого сектора $\theta_{j-1} \leq \theta \leq \theta_j$ и слоя $r_{i-1} \leq r \leq r_i$ принимаются соответствующие значения модуля упругости E_{ij} и пьезомодуля d_{31} , напряженность электрического поля E^3 в электродах и в секторах без электродов принимается равной нулю. Кроме того, в секторах без электродов или с незамкнутыми электродами, модуль упругости пьезокерамики принимается равным $E^D = E/[1 - E \cdot d_{31}^2 / (\epsilon_0 \epsilon)]$, где $\epsilon_0 \epsilon$ – диэлектрическая проницаемость пьезокерамики.

Из уравнений (2) – (4) получается система трех линейных уравнений относительно искомым констант C_1, C_2, C_3 , которая имеет вид:

$$\begin{cases} A_{11} C_1 + A_{12} C_2 + A_{13} C_3 = B_1 \\ A_{21} C_1 + A_{22} C_2 + A_{23} C_3 = B_2 \\ A_{31} C_1 + A_{32} C_2 + A_{33} C_3 = B_3 \end{cases} \quad (5)$$

Компоненты матрицы жесткости сечения $[A]$ вычисляются по соотношениям вида:

$$A_{11} = \iint Er dr d\theta; \quad A_{12} = - \iint Er^2 \cos \theta dr d\theta;$$

$$A_{13} = - \iint Er^2 \sin \theta dr d\theta; \quad A_{21} = - A_{12} \text{ и т.д.}$$

Вектор правой части содержит компоненты пьезоэлектрического воздействия, в частности,

$$B_1 = \iint E d_{31} E^3 r dr d\theta; \quad B_2 = \iint E d_{31} E^3 r^2 \cos \theta dr d\theta.$$

По найденным C_1, C_2 и C_3 определяются перемещения в пьезотрубке:

– продольные (вдоль оси Z):

$$w = (C_1 - C_2 x - C_3 y) z + w_0;$$

– поперечные смещения $u(z)$ по оси X и $v(z)$ вдоль оси Y находятся из условий отсутствия сдвиговых напряжений τ и соответствующих деформаций: $\gamma_{xz} = \partial u / \partial z + \partial w / \partial x = 0$; $\gamma_{yz} = \partial v / \partial z + \partial w / \partial y = 0$, откуда

$$u = - \int \partial w / \partial x \cdot dz = 0,5 C_2 z^2 + u_0;$$

$$v = - \int \partial w / \partial y \cdot dz = 0,5 C_3 z^2 + v_0.$$

Углы поворота сечений определяются как

$$\varphi_y = \partial u / \partial z = C_2 z + \varphi_{y0}; \quad \varphi_x = \partial v / \partial z = C_3 z + \varphi_{x0}.$$

Здесь начальные значения $u_0, v_0, w_0, \varphi_{x0}, \varphi_{y0}$ определяются граничными условиями, стыковкой участков.

Разработанное программное обеспечение работает в операционных системах семейства *Windows*. Занимает на диске около 4 Мб. Подана заявка на государственную регистрацию данной программы для ЭВМ. В программе можно моделировать трубчатые пьезопроводы, имеющие до 9 участков по длине, до 15 слоев по толщине и до 30 секторов, включая зазоры, по образующей.

В качестве примера была смоделирована пьезотрубка длиной $L = 50$ мм, разделенная на два участка $L_1 = L_2 = 25$ мм. Внутренний радиус трубки $r_1 = 4,7$ мм, внешний радиус $r_2 = 5$ мм. Трубка выполнена из пьезокерамики ЦТС₂ модуль упругости $E = 77800$ МПа, пьезомодуль $d_{31} = 2 \cdot 10^{-7}$ мм/В. Амплитуда напряжений $U = 100$ В. Толщины электродов – 10 мкм.

На рис. 3 представлено распределение поперечных перемещений вдоль длины, полученное в разработанной программе. Максимальное поперечное перемещение на конце

трубки составляет 6,18 мкм. В ходе моделирования конструкции методом конечных элементов перемещение составило около 6,01 мкм (рис. 4). Различия результатов не превышает 3%.

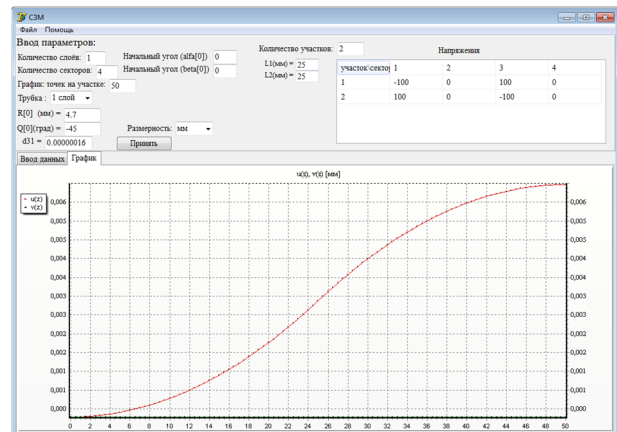


Рис. 3. Интерфейс программы. Вывод результатов.

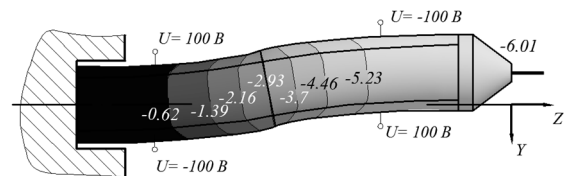


Рис. 4. Карта поперечных перемещений U_Y . Метод конечных элементов.

В обоих случаях угол наклона свободного конца пьезотрубки примерно равен нулю, что свидетельствует о плоскопараллельном движении зонда вдоль поверхности образца.

Выводы

В работе представлена математическая модель изгиба трубчатого пьезоманипулятора и разработанное на ее основе программное обеспечение в среде *Delphi*. В программе был смоделирован пьезосканер, состоящий из двух рабочих участков, обеспечивающий плоскопараллельное движение зонда вдоль поверхности образца. Полученные в программе результаты показали хорошую согласованность (различия не более 3%) с результатами, полученными методом конечных элементов.

Список литературы:

1. Виноградов А.Н., Матвеев Е.В. Моделирование трубчатого пьезосканера для зондовой микроскопии // Датчики и системы, 2012. – № 12. – С.12–17.
2. Джагунов Р.Г., Ерофеев А.А. Пьезоэлектронные устройства вычислительной техники, систем контроля и управления: Справочник. – СПб.: Политехника, 1994. – 608 с.
3. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. – М.: Техносфера, 2005. – 144 с.
4. Панич А.Е. Пьезоэлектрические актюаторы. Ростов-на-Дону, ЮФУ, 2008.–153с.
5. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. Пер. с англ.– М.: Наука, 1979.– 560 с.
6. Уорден К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение. – М.: Техносфера, 2006. – 224 с.
7. Chen C.J. Electromechanical deflections of piezoelectric tubes with quartered electrodes. *Appl. Phys. Lett.* – Vol. 60 (1), 1992. – pp. 132–134.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

М.А. Афанасьева, Д.О. Гостева
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

XXI век – это век информационных технологий, и особенно проблематично обозначить те области человеческой деятельности, успехи в которых не были бы связаны с использованием компьютера.

В работе представлены результаты исследований эффективности новых информационных технологий для обработки и анализа метрологических данных в рамках учебного процесса.

Помимо преимуществ, возникающих при применении этих технологий и описанных в материалах предыдущей конференции [3], результаты данной работы могут использоваться в различных областях науки, в том числе для совершенствования средств измерений линейных размеров для использования в задачах нанотехнологий.

В процессе работы были выявлены следующие проблемы:

- Необходимость систематизации форм выполнения заданий;
- Трудность с систематизацией общей информации по конкретному студенту;
- Сложности с внесением работ студентов в общую базу;
- Необходимость оперативного контроля за деятельностью студентов, постоянного обновления списков успеваемости вручную.

В течение отчетного периода на основе внедрения средств программирования VBA (макросов) была начата разработка интерфейса сводной базы полученных метрологических данных, также включающая базу данных работ студентов.

В работе рассмотрено применение пакета Microsoft Office (Excel) для ведения таблиц учета успеваемости и посещений при организации и совершенствовании образовательного процесса.

Visual Basic for Applications (VBA) — упрощённая реализация языка программирования Visual Basic, встроенная в линейку продуктов Microsoft Office (включая версии для Mac OS), а также во многие другие программные пакеты. VBA покрывает и расширяет функциональность ранее использовавшихся специализированных макро-языков, таких как WordBasic. К достоинствам языка можно отнести сравнительную лёгкость освоения, благодаря которой приложения могут создавать даже пользователи, не программирующие профессионально. К особенностям VBA можно отнести выполнение скрипта именно в среде офисных приложений.

С помощью разработанных макросов на итоговом листе осуществляется вывод информации в наглядном виде на основе результатов обработки массивов информации по посещаемости, ходе выполнения и сдаче работ, в том числе базы лабораторных работ. Также осуществляется мгновенное автоматическое обновление базы.

В целях повышения объективности оценивания итогов работы студентов в течение семестра были рассчитаны индексы посещения, выполнения и защиты работ в процентном соотношении.

Так же в рамках данного подхода организована передача материалов и работ посредством электронной почты и введены отчетные занятия; учет посещаемости студентов и сдачи работ ведутся в электронном виде [3].

Такой подход к обучению значительно снижает затраты на производство и обновление содержания учебных материалов.

Компьютеризация учебного процесса оказывает существенную помощь в создании и ведении баз данных самостоятельных работ всех учащихся, а также базы данных результатов выполнения лабораторных работ, которая служит помимо отслеживания оперативности, правильности выполнения и занесения значений измерений в отчёты и другим учебным целям, также и научным.

В частности она может использоваться, как материал для статистической обработки результатов. Становится возможным проверить данные, полученные разными студентами и сделать вывод о качестве методик измерений, отследить изменения параметров для одних и тех же средств измерения, выявить погрешности средства измерений и т.п. С помощью базы протоколов рассчитываются систематические, прогрессирующие и другие погрешности используемых средств измерений для каждого устройства и совокупности; производится оценка и высчитываются обобщенные показатели.

На основании разработанной базы также становится возможным создание идеального протокола, который позволит оперативно анализировать поступающую информацию, сверяя её с имеющимися статистическими данными. Тем самым снижается вероятность возникновения ошибок при работе с массивами метрологических данных.

Таким образом, созданная база данных используется также и с целью повышения точности измерений.

Направления развития

- Совершенствование системы учета посещаемости занятий студентами ввиду повышения оперативности и достоверности данных о присутствии;
- Разработка макроса для автоматического поиска информации об успеваемости из массива данных, совершенствование интерфейса
- Внедрение идеального протокола, оценка его эффективности
- Совершенствование системы контроля посещаемости путём создания на каждом рабочем месте программы, обновляющей информацию в режиме он-лайн.
- Решение проблемы о проверке выполненных заданий на оригинальность (проверка на плагиат) с установлением процентного соотношения уровня оригинальности

Список литературы:

1. Скачко Н.Ю. Мобильные средства информационных технологий в системах управления качеством // Матер. XV между. студ. шк.-сем. «Новые информационные технологии». – М.: МИЭМ – 2007. – С. 311-312
2. Скачко Н.Ю., Гудина В.Г., Платонова Т.А. Информационные сетевые технологии в учебном процессе // Матер. 63-й научной сессии, посвященной Дню Радио. Москва, 2008 г
3. Афанасьева М.А., Гостева Д.О. Совершенствование учебного процесса посредством информационных технологий // Матер. «Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ, посвященная 50-летию МИЭМ. Тезисы докладов». – М.:МИЭМ – 2012. – С. 314-315

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЧАСТОТНО-ЦИФРОВЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

К.Н. Миньков
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

Современная наука, согласно предсказанию Гордона Мура, должна увеличивать количество транзисторов на плате за 5 лет примерно в 10 раз. Это предсказание выполняется практически в полном объеме. Актуальность работы заключается в ускорении развитии микропроцессорной техники.

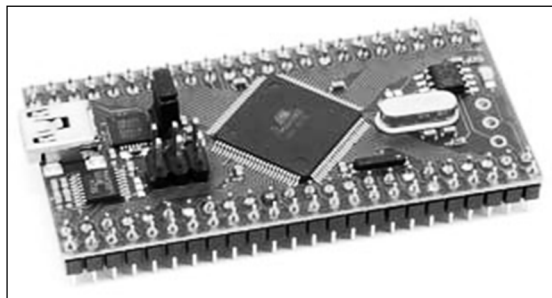
Предвестником бурного развития микропроцессорной техники стала - вторая техническая революция (ВТР) – появление кибернетики. В результате увеличения объемов обрабатываемой информации, необходимостью ее обработки, микропроцессорная техника стала двигателем прогресса практически во всех областях науки.

Использование микропроцессоров в составе средств измерения, измерений автоматизирует процесс снятия показаний повышает точность. В результате применения микропроцессорной измерительной техники стала более мобильной. Следствием этого стало представление на рынке большое количество микроконтроллеров различных фирм и различного.

Контроллер – законченное электронное устройство, обычно выполненное в виде платы и предназначенное для приема и обработки сигналов с датчиков, а также для управления внешними устройствами на основе результатов обработки принятых сигналов.

Микроконтроллер – программно управляемая интегральная микросхема, применяемая для построения различных контроллеров.

В работе рассматривается микроконтроллер семейства AVR, а именно Atmega88. поставлена задача освоения принципов работы микроконтроллеров и установления связи контроллера с компьютером .



Плата AVR-CRUMB2560

Контроллер - законченное электронное устройство, обычно выполненное в виде платы (плата контроллера) и предназначенное для приема и обработки сигналов от датчиков, а так же для управления внешними устройствами на основании результатов обработки принятых сигналов.

Микроконтроллер - программно управляемая интегральная микросхема, применяемая для построения различных контроллеров.

Вопрос связи решается накоплением данных контроллера в реальном времени с последующей передачей массивов данных в компьютер для хранения, обработки и отображения.

Связь осуществляется по каналу RS-232 предназначенный для обмена информацией между двумя устройствами, как в синхронном, так и в асинхронном режиме. В компьютере для организации COM - порта используется асинхронный способ передачи данных и лишь часть сигналов и функций, предусмотренных стандартом RS-232.

Для связи компьютера с микроконтроллером я используем только общий провод и две сигнальные линии. По одной из них данные подаются от микроконтроллера к компьютеру, по другой - от компьютера к микроконтроллеру. Данные по каналу подаются последовательно бит за битом информация передается последовательно группами битов.

Другой основной задачей является освоение языка программирования CodeVisionAVR. CodeVisionAVR является коммерческим программным обеспечением. Существует бесплатная ознакомительная версия с ограничением ряда возможностей, в частности, размер программного кода ограничен 4-мя килобайтами и не включён ряд библиотек.

В качестве первого шага необходимо реализовать электронный частотомер.

Предоставлена часть кода которая непосредственно реализует электронный частотомер.

В листинге происходит подсчет частоты.

```
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
// Reinitialize Timer 0 value
TCNT0=0xFF;
// Place your code here
n++;
if (n>15620)
{
freg = i;
PORTB.1=1;
printf ("%d\r\n",freg);
i = 0;
n = 0;
};
}
```

Развитие современной техники привело к созданию, очень мощных процессоров, с очень большой скоростью обработки данных. Казалось бы это должно было привести к отказу от микроконтроллеров, типа Atmega88 и других, но этого не происходит. Микроконтроллеры намного проще в установке, да и для выполнения простых функций он отлично подходит с экономической точки зрения.

Ниже представлены ссылки на ПО микроконтроллеров: <http://www.atmel.com/products/AVR/> - предоставлен весь перечень оборудования и документации на микроконтроллеры.

http://www.atmel.com/dyn/products/devices.asp?family_id=607 – этот ресурс поможет оптимально подобрать нам микроконтроллер для определенной задачи.

Список литературы:

- 1.Цейтлин Я.М., Скачко Ю.В., Капырин В.В. Модифицированные струнные преобразователи для измерения геометрических величин. - М.; Изд-во стандартов, 1989 - 264 с.
- 2.Гребнеев В.В. Справочное пособие по микроконтроллерам семейства AVR фирмы ATMEL. 2002
- 3.Лебедев М.Б. CodeVisionAVR: пособие для начинающих. 2008

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ МОБИЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.М. Белякова

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

Аннотация

В настоящее время проблематично обозначить те области человеческой деятельности, успехи в которых не были бы связаны с использованием компьютера. Сфера применения компьютерных технологий постоянно расширяется, открывая нам новые возможности день за днем.

Введение

В работе представлена методика измерений при сопряжении мобильных средств информационных технологий с микропроцессорными измерительными устройствами.

Применение таких устройств поможет поднять учебный процесс на более высокий уровень, а в научной работе сделать следующий шаг в повышении качества измерений в задачах микроиндустрии. Рассматриваются проблемы, возникающие при обработке посредством нетбука измерительной информации от системы датчик-микропроцессорное средство измерений (МПСИ-Е).

Подключение МПСИ-Е и настройка программы MPSI.exe

На нетбуке используется операционная система Windows XP, Black edition, куда установлены специальные драйвера - MPSI.exe - открыли папку «МПСИ-Е» для установки драйвера DriverInstaller.exe. Установка драйвера не составила труда, никаких ошибок в ходе выполнения установки не возникло.

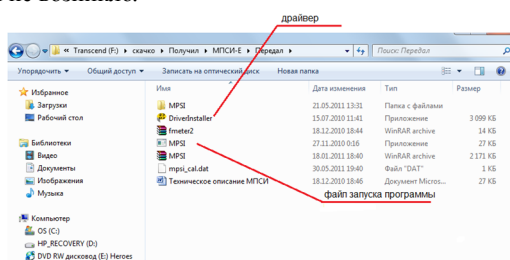


Рис. 1. Внешний вид содержимого папки «МПСИ-Е».

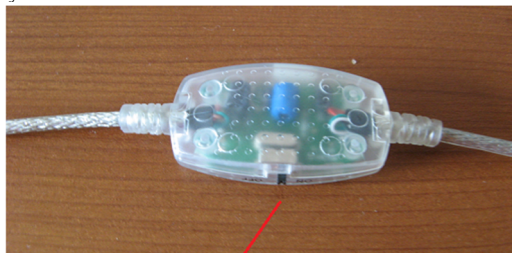
После установки драйвера подключают нетбук к МПСИ-Е через USB порт. К выходу струнного автогенератора АГ-4 подключают МПСИ-Е с помощью соединительного кабеля. Датчик УИП-4 подключают ко входу автогенератора.



Рис. 2 Соединение автогенератора АГ-4 и УИП-4М.

После того как собрана вся система, подключают питание МПСИ-Е с помощью переключателя «ВКЛ» (Рис. 4), и

заново подключают устройство к свободному USB порту нетбука.



переключатель

Рис.3. Переключатель у МПСИ-Е

Снова запустив программу MPSI.exe, удалось снять показания с десяти различных мер, а именно, 1,12 – 1,22, при этом разброс показаний не был обнаружен. Затем сняв показания для этих мер с частотомера, сравнивают показания снятые с компьютера.

Данная работа была выполнена, для того чтобы убедиться в том, что программа MPSI.exe работает с разными операционными системами и выполнение измерений можно проводить в более удобном для человека месте - за нетбуком (ноутбуком).

Чтобы проверить правильность подключения и установку драйвера правой кнопкой мыши по ярлычку «Мой компьютер» опцию «Свойства». В открывшемся окне выбирают вкладку «Оборудование» а затем «Диспетчер устройств». В открывшемся окне находят в списке «Порты (COM и LPT)» и разворачивают этот пункт. При подключенном устройстве здесь должен отображаться «Prolific USB-to-Serial Comm Port» и справа номер порта «COM6».

2 раздел. Работа с программой MPSI.exe

Запустив программу MPSI.exe, выбирают порт подключения «COM6», рис. 6.

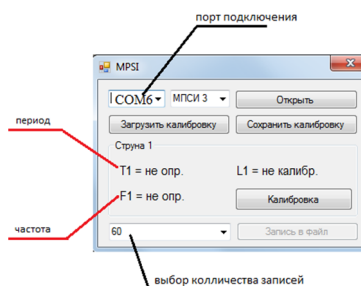


Рис.4. Программа МПСИ.

Под наконечник датчика УИП-4 последовательно устанавливают 10 мер длины, используя арретирующее устройство.

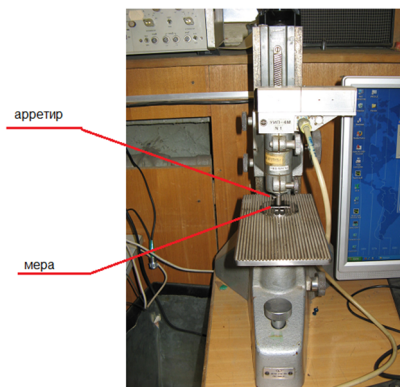


Рис. 5. Датчик Уип-4 с мерой.

В окне, где назначают порт «COM6», нажимают кнопку «Открыть» для проверки рабочего состояния программы. Если всё подключено и работает правильно, фиксируют изменение показаний частоты и периода.

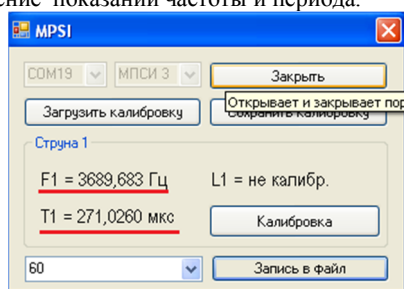


Рис.6. Программа отображает частоту и период

Для того чтобы записать данные в файл выбирают количество записей и нажимают кнопку «Запись в файл»(Рис. 8). В открывшемся окне присваивают имя файлу для записи «Белякова_1.23» и нажимают «Сохранить». Выполняется запись значений в выбранный файл. (Рис.9.)

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a table of measurement data. The table has columns for '#измерения', 'Период', 'Частота', and 'Линейное перемещение (если калибровано)'. The data rows show measurements from 1 to 13, with frequencies around 229 GHz and periods around 4363 ns. The linear displacement is consistently 0.

#измерения	Период	Частота	Линейное перемещение (если калибровано)
1	229,1495	4363,964	0
2	229,1536	4363,886	0
3	229,1562	4363,836	0
4	229,1586	4363,789	0
5	229,1612	4363,74	0
6	229,1631	4363,705	0
7	229,1635	4363,696	0
8	229,1644	4363,679	0
9	229,1658	4363,653	0
10	229,1677	4363,616	0
11	229,1687	4363,599	0
12	229,1696	4363,581	0
13	229,1711	4363,548	0

Рис.7. Пример файла с записанными в него периодами и частотами.

Для того чтобы остановить запись и прекратить измерения, используют кнопку «Остановить запись».

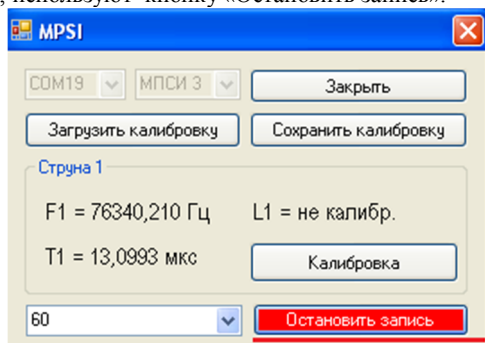


Рис.8. Пример возможности прекращения записи.

Если показания частотомера и показания, снятые с компьютера, отличаются несущественно, устройство готово к эксплуатации.

Заключение

Разработанная методика измерений позволила убедиться в том, что МПСИ работает с различными операционными системами.

Оператор может проводить все испытания на своём персональном компьютере, что намного удобнее, чем сидя за стационарным компьютером.

Работа выполнена по руководством преподавателей Скачко Ю.В. и Скачко Н.Ю.

Метрологические характеристики разработанного микросистемного устройства рассматриваются в работах Романенко Л. и Зубовской Д. на заседании этой секции.

Список литературы:

1. Скачко Н.Ю. Мобильные средства информационных технологий в системах управления качеством // Матер. XV межд. студ. шк.-сем. «Новые информационные технологии». – М.: МИЭМ – 2007. – С. 311-312
2. Скачко Н.Ю., Гудина В.Г., Платонова Т.А. Информационные сетевые технологии в учебном процессе // Матер. 63-й научной сессии, посвященной Дню Радио. Москва, 2008 г
3. Сайт в Интернете <http://office.microsoft.com/ru-ru/default.aspx>

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ ЧАСТОТНО-ЦИФРОВЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Е.М. Романенко

факультет Информационных технологий и вычислительной техники

В настоящее время на предприятии все чаще появляется проблема в передаче аналогового сигнала в ЭВМ. Микропроцессорное средство измерения (далее МПСИ), рассматриваемое в данной работе является одним из решений данной проблемы. Он позволяет решить проблемы автоматизацией измерения частоты, которые были у частотомеров ЧЗ-24, ЧЗ-41, ЧЗ-51 и др. Это актуально для любого предприятия, учреждения у которого есть необходимость оперативно передавать сигнал, а также накапливать и обрабатывать информацию впоследствии.

Практически в каждом электрическом приборе есть помехи, которые могут влиять на показание данных. Такие помехи, в микропроцессорных комплексах, могут быть вызваны датчиком, автогенератором, устройством счета и фиксирующим устройством. Помехи создают некий разброс в снятых показаниях. Точность измерения некоторой величины можно определить, произведя расчет случайной погрешности. Поэтому в сравнении двух фиксирующих устройств, можно говорить о сравнении случайных погрешностей.

Цель данной работы является сравнение случайных погрешностей путем обработки данных полученные при разных фиксирующих устройствах.

Работа предназначена для развития средств измерений частоты на базе новых информационных технологий. Основу разрабатываемых методов составляет МПСИ на основе микроконтроллера (МК), измеряющее частоту и преобразующее ее в понятный для компьютера формат.

Применение микропроцессорного контроллера (МПК) позволяет резко увеличить точность измерений путем уменьшения систематической составляющей погрешности измерений.

В отличие от существующих аналоговых средств измерений, разрабатываемые частотно-цифрового устройства со струнным преобразователем (ЧЦУСП) позволяют передавать данные в компьютер для их последующей обработки, статистического анализа или сохранения.

За последнее десятилетие благодаря большим успехам, достигнутым в микроэлектронике, вычислительной технике и приборостроении, появилась возможность создать

измерительные устройства, отвечающие самым высоким требованиям.

Также применение микропроцессоров позволяет резко повысить степень автоматизации измерений, наделять средства измерений способностью настроиться на оптимальное выполнение возложенных на них функций.

МПК включает следующие основные узлы. (Рис.1)



Рис. 1. Обобщенная структурная схема

В отличие от современных частотомеров, которые могут использоваться для обслуживания струнного датчика МПСИ обладает следующими неоспоримыми преимуществами:

- автоматизация процесса измерения (достаточно подключить МПСИ к компьютеру и к УИП8, запустить программу MPSI и нажать в ней одну кнопку – начнется измерение частоты с сохранением ее в файл формата Microsoft Excel который можно легко обработать)
 - стоимость (стоимость современных частотомеров с возможностью подключения к компьютеру составляет не менее 60000 руб. в то время как МПСИ можно изготовить всего лишь за 1000 руб. что в 60 раз меньше)
 - габариты (размеры современных частотомеров не позволяют автономно использовать их, а МПСИ лишен этого недостатка в связи с компактными размерами и маленьким весом)
 - отсутствие избыточности характеристик (современные частотомеры позволяют измерять частоты до нескольких гигагерц, в то время как для обслуживания УИП-8 достаточно частот звукового диапазона, т.е. 20-20000 Гц).
- В работе рассматривается пример реализации ЧПСИ на базе струнного недифференциального преобразователя и средство измерений линейных размеров и перемещений: устройство МПСИ-1Л, разработанного при участии инж. Ларионова Ю.П. [1]. (Рис.2)



Рис.2. Средство измерений линейных размеров и перемещений

Данный эксперимент заключается в сравнении случайных погрешностей при снятии показаний с частотомера ЧЗ-24 и с МПСИ.

Результаты экспериментальных исследований получены на стенде, оборудованном унифицированным струнным преобразователем перемещений (УИП-8 №1), частотомером ЧЗ-24 работающий в режиме периода, МПСИ №1, набором концевых мер 2-го разряда (1139,9 и 1209,9), персональным ЭВМ, где устанавливается программа MPSI в среде Excel, которая связана непосредственно с МПСИ и позволяет автоматически записать снятые результаты измерений: частоту (Гц) и период (мкс).

Данные полученные с помощью частотомера
Результаты экспериментальных исследований

14	29.04.12	Стенд 1	X1 ₀ , мкм = 1139,9	T ₁	70,0	
УК-61	СМУК	УИП-8	Y1, ег = 211767	D _{мкм} ±	0,02022	
Роменашо Е.М.	БА	ЧЗ-24	X2 ₀ , мкм = 1209,9	D _{мкм} ±	0,00793	
Sx, ег/мкм ²	-1229,48	ПК	Y2, ег = 125704	g _{мкм} %±	0,01133	
г	Y1г	Y2г	Y1г _с	Y2г _с	Y2г _с	
1	211793	125693	211784,3	8,7	125693,1	-0,1
2	211778	125694	211780,5	-2,5	125695,4	-1,4
3	211775	125695	211776,7	-1,7	125697,8	-2,8
4	211773	125703	211773,0	0,0	125700,1	2,9
5	211768	125704	211769,2	-1,2	125702,4	1,6
6	211760	125706	211765,4	-5,4	125704,8	1,2
7	211755	125708	211761,6	-6,6	125707,1	0,9
8	211757	125709	211757,9	-0,9	125709,4	-0,4
9	211757	125711	211754,1	2,9	125711,8	-0,8
10	211757	125713	211750,3	6,7	125714,1	-1,1

абсолютная погрешность с исключенным дрейфом
D_{ид}, мкм = Δ_{ид}, мкм = ±0,008

приведенная погрешность с исключенным дрейфом
g_{ид}, % = γ_{ид}, % = ±0,011

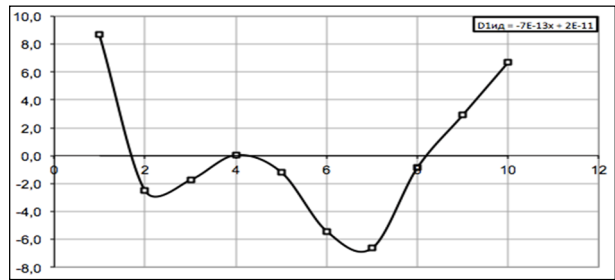


Рис.3. Случайная погрешность с исключенным дрейфом на мере X1₀ = 1139,9 мкм

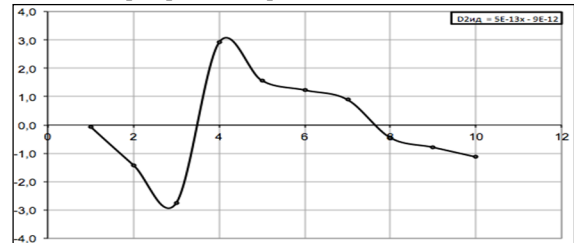


Рис.4. Случайная погрешность с исключенным дрейфом на мере X2₀ = 1209,9 мкм

Данные полученные с помощью МПСИ
Результаты экспериментальных исследований

14	05.05.12	Стенд 1	X1 ₀ , мкм = 1139,9	T ₁	70,0	
УК-61	СМУК	УИП-8	Y1, ег = 210127	D _{мкм} ±	0,00218	
Роменашо Е.М.	БА	МПСИ	X2 ₀ , мкм = 1209,9	D _{мкм} ±	0,00216	
Sx, ег/мкм ²	-1210,48	ПК	Y2, ег = 125393	g _{мкм} %±	0,00309	
г	Y1г	Y2г	Y1г _с	Y2г _с	Y2г _с	
1	210128	125392	210127,0	1,0	125392,8	-0,8
2	210125	125394	210127,0	-2,0	125392,9	1,1
3	210128	125392	210127,1	0,9	125393,1	-1,1
4	210127	125394	210127,1	-0,1	125393,2	0,8
5	210127	125393	210127,2	-0,2	125393,3	-0,3
6	210126	125394	210127,2	-1,2	125393,5	0,5
7	210130	125394	210127,3	2,7	125393,6	0,4
8	210127	125394	210127,3	-0,3	125393,7	0,3
9	210127	125393	210127,4	-0,4	125393,9	-0,9
10	210127	125394	210127,4	-0,4	125394,0	0,0

абсолютная погрешность с исключенным дрейфом
D_{ид}, мкм = Δ_{ид}, мкм = ±0,002

приведенная погрешность с исключенным дрейфом
g_{ид}, % = γ_{ид}, % = ±0,003

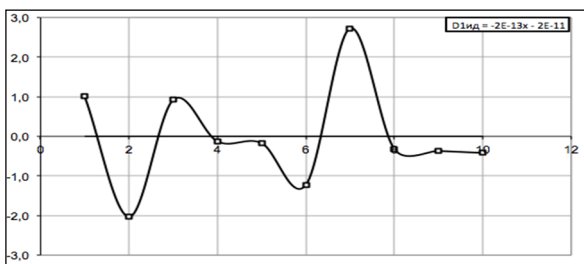


Рис.5 Случайная погрешность с исключенным дрейфом на мере $X1_0 = 1139,9$ мкм

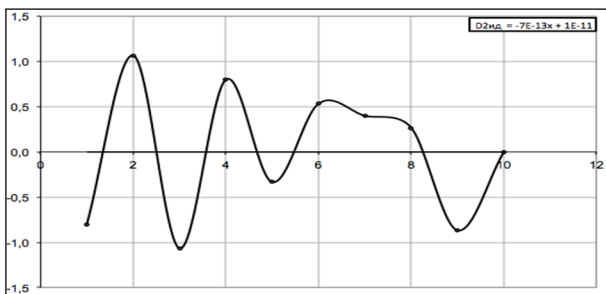


Рис.6. Случайная погрешность с исключенным дрейфом на мере $X2_0 = 1209,9$ мкм

Результаты экспериментальных исследований без дрейфа

Прибор	$X1_0$	$X2_0$	$Y1$	$Y2$	S_x	$\Delta_{ид}$	$\gamma_{ид}$
	мкм	мкм	ед	ед	ед/мкм	мкм	%
ЧЗ-24	1139,9	1209,9	21103,5	125683,06	1229,48	0,008	0,011
МПСИ	1139,9	1209,9	209396,4	125372,86	1210,48	0,002	0,003

В табл. $X1_0$ – нижний предел измерений; $X2_0$ – верхний предел измерений; $Y1, Y2$ – пределы показаний; S_x – чувствительность; $\Delta_{ид}$ – абсолютная погрешность в мкм; $\gamma_{ид}$ – приведенная погрешность в %.

Из полученных экспериментально результатов сравниваются случайные погрешности. Мы можем видеть, что абсолютная погрешность, полученная при снятии показаний с помощью МПСИ, изменилась на 267%, чем полученная с помощью Частотомера, а приведенная на 300%.

Экспериментально, можно утверждать, что при снятии показаний с помощью МПСИ случайная погрешность уменьшается, что видно на примере абсолютной и приведенной погрешностях. Что существенно повышает точность измерения, и делает еще одним достоинством МПСИ.

Список литературы:

1. Скачко Ю.В., Ларионов Ю.П. Микропроцессорные технологии в метрологическом обеспечении частотных цифровых средств измерений. Труды 10-й Международной конференции и выставки «Цифровая обработка сигналов и ее применение». – М.: 2008
2. Скачко Н.Ю. Мобильные средства информационных технологий в системах управления качеством // Матер. XV межд. студ. шк.-сем. «Новые информационные технологии». – М.: МИЭМ – 2007. – С. 311-312

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРЕМНИЕВОГО БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА, ПОДВЕРГНУТОГО ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИАЦИИ

Д.С. Смирнов, М.В. Кожухов
факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

Исследовано влияние отжига в диапазоне температур от 150 до 390 °С на электрические параметры облученного гамма-квантами кремниевого биполярного транзистора. Получена зависимость процесса восстановления статического коэффициента передачи тока от температуры отжига.

Введение

При воздействии разных видов излучений на полупроводниковые приборы происходит деградация их электрических параметров, обусловленная изменениями в полупроводниковом материале из-за образования дефектов, которые вносят энергетические уровни в запрещенную зону и являются эффективными центрами рекомбинации. Дефекты образуются как вблизи границы раздела Si/SiO₂, так и в объеме полупроводникового материала. Отжиг после воздействия радиации дает возможность устранить образовавшиеся дефекты и восстановить электрические параметры облученного прибора. В данной работе рассмотрена физика дефектообразования в кремнии при воздействии гамма-излучения, объяснены причины деградации электрических параметров и экспериментально отработана операция пост-радиационного отжига для восстановления основного параметра биполярного транзистора – статического коэффициента передачи h_{21E} .

Дефектообразование в кремнии при облучении гамма-квантами

При облучении полупроводников гамма-квантами вероятность образования смещений в результате непосредственного взаимодействия гамма-кванта с ядром атома очень мала. Смещения в данном случае будут возникать за счет электронов, образующихся в полупроводнике главным образом в результате комптон-эффекта. В кремнии при облучении гамма-квантами Co^{60} со средней энергией 1,25 МэВ комптоновские электроны возникают с энергией 0,59 МэВ [1]. Если энергия первично смещенного атома значительна, то он может сам производить вторичные смещения и т.д. Однако первичные радиационные дефекты обладают высокой подвижностью и нестабильностью даже при комнатной температуре. В результате высокой подвижности они вступают во взаимодействие друг с другом – аннигилируют или образуют с несовершенствами и примесями кристаллической решетки. Образуются вторичные дефекты, такие как Е-центры (V+фосфор), А-центры (V+кислород), дивакансии (V_2) и др. Радиационные дефекты проявляют себя в полупроводниках как центры рекомбинации, изменяя время жизни неосновных носителей заряда, как центры захвата, снижая концентрацию основных носителей и как центры рассеивания, уменьшая подвижность [2]. Эти изменения происходят в объеме полупроводника. Помимо объемных изменений при облучении гамма-квантами происходит генерация электрон-дырочных пар в окисле, за счёт разницы в подвижности электроны диффундируют в полупроводник, а дырки захватываются центрами на границе раздела, что может привести к инверсии проводимости в приповерхностном слое. Если захваченные дырки отжигаются уже при температуре 90 °С [2], то А,Е – центры дивакансии являются термоустойчивыми дефектами, так А-центр отжигается при температу-

рах 327-347 °С, E – центры при температуре ~147 °С, а V₂ – при температуре ~297 °С [3].

Радиационные изменения параметров кремниевых биполярных транзисторов

Известно, что при облучении ряд параметров биполярных транзисторов деградирует. Однако среди них наибольшую опасность представляет уменьшение статического коэффициента передачи тока h_{21E} , которое может резко снизить радиационную стойкость многих транзисторных схем. При воздействии гамма-излучения на кремниевый биполярный транзистор возникают следующие эффекты: накопление заряда в окисле; встраивание поверхностных состояний и образование распределенных по всему объему точечных дефектов [4].

Эти эффекты могут привести, во-первых, к инвертированию проводимости кремния в области под окислом и образованию проводящего канала для тока утечки; во-вторых, к уменьшению пробивных напряжений; в-третьих, к уменьшению коэффициента передачи по току.

Кроме того, поскольку точечные дефекты являются эффективными центрами рекомбинации, то они также уменьшают коэффициент передачи по току [5].

Экспериментальное исследование влияния отжига на параметры биполярного транзистора

Для эксперимента была выбрана партия из 8 кремниевых маломощных высокочастотных биполярных n-p-n транзисторов с параметрами $\beta = 70-150$; $f_T = 1,5-2$ ГГц; $F_{max} = 5-5,5$ ГГц.

До облучения измерялся коэффициент передачи тока для партии из 8 биполярных транзисторов. После чего для облучения гамма-квантами партия биполярных транзисторов была помещена в рабочую зону установки ГОИС-5 (гамма облучатель интегральных схем). Облучение проводилось с мощностью дозы 42 рад/с (H₂O) и энергией гамма-квантов 0,661 МэВ. Погрешность дозиметрии на установке ГОИС – 5 менее 10%. Облучение приборов проходило в пассивном режиме с закороченными контактами. Суммарная поглощенная доза составила $1 \cdot 10^7$ рад (H₂O). После чего измерялся коэффициент передачи тока.

На рис. 1 показаны зависимости коэффициента передачи по току h_{21E} от напряжения на эмиттерном переходе $V_{бэ}$, измеренные для различных доз облучения гамма-квантами.

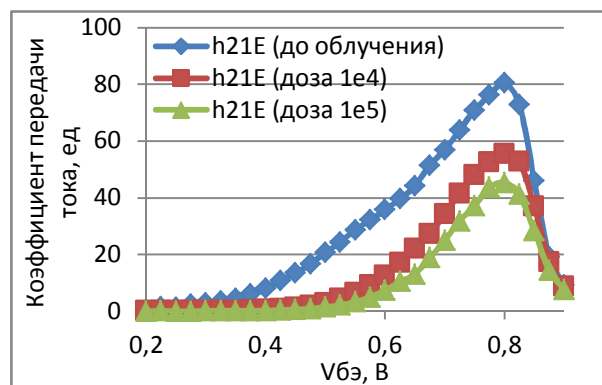


Рис. 1. Коэффициент передачи по току после облучения гамма-квантами

Далее был проведен отжиг приборов в термостате при следующих температурах: 150, 200, 250, 300, 350, 390 °С. Точность определения температуры 2 °С. После отжига приборы остывали до комнатной температуры, и измерялся коэффициент передачи тока.

Для измерений коэффициента передачи по току использовалась зондовая установка с измерителем парамет-

ров полупроводниковых приборов Л2-70. Погрешность измерения h_{21E} составляет 5%.

На рис. показано поэтапное восстановление коэффициента передачи тока при проведении отжига с различными температурами.

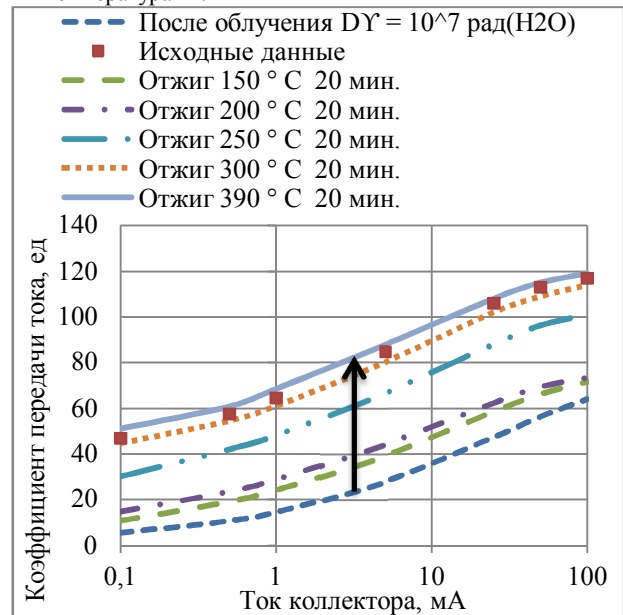


Рис. 1. Зависимость коэффициента передачи тока h_{21E} от тока коллектора для разных температур отжига

На рис. точками изображена зависимость коэффициента передачи от тока коллектора для прибора до облучения гамма-квантами. Линиями показаны характеристики после облучения и последующего отжига. Видно, что отжиг происходит неравномерно. При одном и том же шаге приращения температуры $\Delta T = 50$ °С, соответствующие приращения величины коэффициента передачи по току $\Delta h_{21E}(T)$ значительно отличаются для различных диапазонов температур.

На рис. приведена зависимость $\Delta h_{21E}(T)$, где :

$$\Delta h_{21E}(T) = h_{21E}(\text{до облучения}) - h_{21E}(\text{после отжига})$$

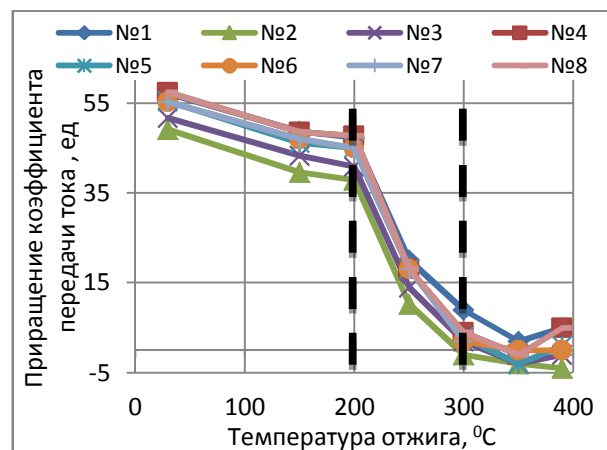


Рис. 2. Приращение коэффициента передачи в зависимости от температуры отжига

Из рис. явно видна неравномерность проведения отжига. В диапазоне температур от 30 до 200 °С наблюдается незначительное восстановление коэффициента передачи. Напротив, в диапазоне температур от 200 до 300 °С наблюдается быстрое восстановление параметра почти до исходного значения коэффициента передачи. Далее при температурах от 300 до 390 °С наблюдается незначительное улучшение параметра биполярного прибора. Интен-

сивный отжиг происходит при температурах 200-300 °С, что соответствует температуре отжига А-центров и дивакансий. Таким образом, можно утверждать, что при облучении гамма-квантами наибольший вклад в деградацию коэффициента передачи по току вносят А-центры и дивакансии.

Заключение

В работе экспериментально исследовано изменение основного параметра биполярного транзистора – коэффициента передачи по току при воздействии гамма-излучения и последующего изохронного отжига. Показано, что отжиг происходит неравномерно и имеет три участка: а) от 30 до 200 °С - пологий участок; б) от 200 до 300 °С - участок быстрого восстановления; в) от 300 до 390 °С – участок насыщения восстановления. Из зависимости $\Delta h_{21E}(T)$ следует, что наибольший вклад в деградацию коэффициента передачи вносят А-центры и дивакансии, так как участок интенсивного отжига совпадает с температурами отжига этих дефектов.

В качестве последующего шага в продолжении исследования планируется проведение экспериментов, в которых в качестве варьируемых параметров операции пострадиационного отжига выступает не только температура, но и время отжига.

Список литературы:

1. Ф.П. Коршунов, Ю.В. Богатырев, В.А. Вавилов. Воздействие радиации на интегральные микросхемы. Наука и техника, Минск (1986). 254 с.
2. Таперо К.И., Улимов В.Н., Членов А.М., Радиационные эффекты в кремниевых интегральных схемах космического применения // - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 304 с.
3. Вологдин Э.Н., Лысенко А.П. Интегральные радиационные изменения параметров полупроводниковых материалов // Учебное пособие, – Москва, МИЭМ, 1998, стр. 43-49.
4. Akil K. Sutton, Displacement damage and ionization effects in advanced silicon-germanium heterojunction bipolar transistors // Thesis, Georgia Institute of Technology, August 2005, p. 93.
5. MENG Xiang-ti, HUANG Qian, et al., DC Characteristics of Gamma-ray Irradiated SiGe HBT in Comparison with Si BJT // Chinese Journal of Aeronautics, November 2006, pp. S192-S197.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РАДИАЦИОННЫЙ СДВИГ ПОРОГОВОГО НАПРЯЖЕНИЯ МОП-ТРАНЗИСТОРА

Д.А. Попов

факультет Электроники и телекоммуникации

Аннотация

В данной работе описано создание специальной модели САПР TCAD для учета совместного воздействия радиации и температуры на характеристики МОП-транзисторов, изготовленных по технологии «Кремний на изоляторе».

Введение

К аппаратуре, предназначенной для оборудования атомных электростанций, авиакосмических и других специальных применений предъявляются требования стойкости к воздействию радиационного излучения и факторов пониженной и повышенной температуры.

Наиболее перспективный вариант КМОП технологии – КНИ МОПТ выполняется с использованием изолирующего слоя окисла кремния, обладающего существенно более низкой теплопроводностью по сравнению с объемным

кремнием. По этой причине КМОП КНИ транзисторы и построенные на них схемы имеют худший тепловой режим по сравнению с КМОП схемами, выполненными на объемном кремнии, и температура оказывает большее влияние на их характеристики.

Если КНИ МОПТ подвергаются радиационному воздействию в условиях повышенной или пониженной температуры, то деградация их характеристик может существенно зависеть от температуры [1, 2].

При проектировании элементов схем применяют современные системы приборно-технологического моделирования (TCAD – Technology Computer-Aided Design). Использование таких систем позволяет получать адекватное представление о физических процессах и эффектах, влияющих на электрические характеристики и параметры прибора и схемы. При моделировании характеристик приборов используются различные физические модели, встроенные в САПР TCAD. Однако, как показывается в разделе I, модели, имеющиеся в библиотеке TCAD в стандартном виде, не корректно учитывают влияние температуры при воздействии общей дозы излучения.

В разделе II описывается способ учета влияния температуры на сдвиг вольтамперных характеристик при облучении КНИ МОП-транзистора.

Раздел I.

Исследование стандартной модели TCAD для учёта совместного влияния радиации и температуры

Произведем моделирование воздействия суммарной дозы облучения 500 крад на характеристики МОП-транзисторов с шириной каналов 0.25 мкм и 0.35 мкм при различных температурах облучения (от 280 до 550 К). Моделирование производилось с использованием следующих встроенных моделей: дрейфово-диффузионная модель учета переноса носителей, модель учета изменения ширины запрещенной зоны, модель деградации подвижности, модель генерации-рекомбинации носителей, модель воздействия стационарной дозы облучения.

На рисунке 1 и 2 представлены ВАХ до и после облучения суммарной дозой 500 крад. Данные для транзистора с длиной канала 0.35 мкм получены из эксперимента, данные для транзистора с длиной канала 0.25 мкм взяты из работы [3].

На рисунке 3 представлена промоделированная зависимость сдвига порогового напряжения от температуры облучения, построенная в логарифмическом масштабе. Отчетливо видно, что зависимость имеет линейный характер во всем диапазоне рассматриваемых температур.

В то же время в работах [1] и [2] представлены экспериментальные зависимости сдвига порогового напряжения от температуры облучения. В диапазоне температур от 330 К до 510 К зависимость имеет линейный характер. Но при температурах ниже 330 К наблюдается резкое увеличение сдвига порогового напряжения с уменьшением температуры. При температурах выше 510 К наблюдается резкий спад сдвига порогового напряжения.

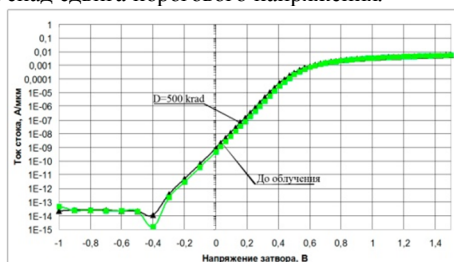


Рис. 1. Промоделированные ВАХ КНИ МОП-транзистора с длиной канала 0.35 мкм до и после облучения суммарной дозой 500 крад при комнатной температуре

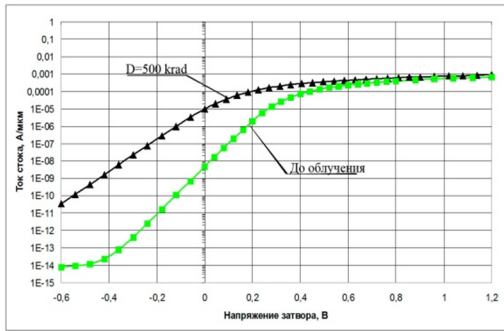


Рис. 2. Промоделированные ВАХ КНИ МОП-транзистора с длиной канала 0.25 мкм до и после облучения суммарной дозой 500 крад при комнатной температуре

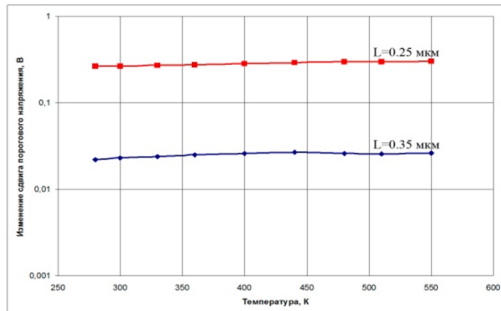


Рис. 3. Сдвиг порогового напряжения в зависимости от температуры, рассчитанный с использованием стандартной модели для дозы 500 крад

Таким образом, качественное сравнение промоделированных и экспериментальных данных показывает, что стандартная модель TCAD может быть использована для моделирования с учетом температуры облучения, только в диапазоне температур от 330 К до 510 К. Однако при температурах вне этого диапазона стандартная модель работает не корректно.

Раздел II.

Модифицирование стандартной модели САПР TCAD для учета совместного воздействия температуры и радиации

Основным эффектом, связанным с температурой является отжиг накопленного в оксиде заряда. Стандартные модели САПР TCAD не учитывает процессы, связанные с этим эффектом [4].

При низких температурах в диоксиде кремния остаются электрически активными ряд мелких локальных уровней, которые при облучении способны захватить дополнительный положительный заряд [1]. Таким образом, после облучения концентрация накопленного заряда в SiO_2 увеличивается. Для того чтобы учесть при моделировании в САПР TCAD такой дополнительный заряд необходимо увеличить объемную плотность ловушек в описании радиационной модели для подзатворного оксида и скрытого слоя.

При повышенных температурах увеличивается эмиссия электронов из полупроводника или металла, что снижает величину накопленного положительного заряда в SiO_2 . Так как САПР TCAD не позволяет учесть перенос носителей из полупроводника в диэлектрик, то для учета уменьшения накопленного заряда было предложено в описании радиационной модели для подзатворного оксида и скрытого слоя уменьшить объемную плотность ловушек с ростом температуры.

Для учета механизма отжига предлагается ввести в командный файл *SDevice* поправочный коэффициент для концентрации ловушек радиационной модели, зависящий

от температуры. В свойствах радиационной модели необходимо указать значение объемной концентрации в виде $N = \sigma(T) * I_{el} t$. Функция $\sigma(T)$ задается в начале командного файла.

Проведение моделирования в полном диапазоне температур показало, что при температуре ниже 280 К возникают сложности со сходимостью уравнения Ньютона, что влечет за собой существенные временные затраты (вплоть до нескольких дней). Температуры выше 550 К не рассматривались, так как при дальнейшем росте температуры приборы работают на грани своей функциональности. Поэтому для моделирования был выбран диапазон температур от 280 К до 550 К.

Для корректировки модели использовались экспериментальные данные из работ [1] и [2] - зависимости сдвига порогового напряжения от температуры, при которой происходило облучение. Совместный учет обоих условий производится путем введения поправочного коэффициента $\sigma(T)$ увеличивающего или уменьшающего объемную плотность ловушек в оксиде в зависимости от температуры, при которой производилось облучение.

Температурный диапазон был разделен на три области, каждой области соответствует свой вид зависимости поправочного коэффициента от температуры.

Для температур ниже 330 К:

$$\sigma(T) = 17686 \cdot e^{-0.028 \cdot T} \quad (1)$$

Для температур в диапазоне от 330 К до 510 К:

$$\sigma(T) = -0.0002 \cdot T + 3.1923 \quad (2)$$

Для температур выше 510 К:

$$\sigma(T) = 984.07 \cdot e^{-0.0116 \cdot T} \quad (3)$$

Для проверки правильности введенных зависимостей с помощью системы приборно-технологического моделирования TCAD были рассчитаны сток-затворные характеристики КНИ МОП-транзисторов с длинами каналов 0.25 мкм и 0.35 мкм, облученные при различной температуре.

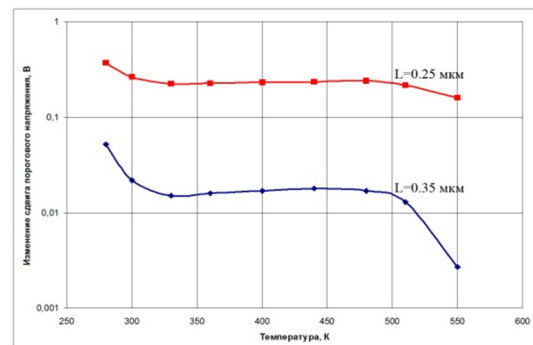


Рис. 4. Сдвиг порогового напряжения в зависимости от температуры, рассчитанный с использованием модифицированной модели для дозы 500 крад

На рисунке 4 представлены зависимости, полученные на основе моделирования с использованием модифицированной модели. Видно, что характер полученных зависимостей соответствует данным из работ [1] и [2].

Заключение

В работе показано, что имеющаяся в системе TCAD модель накопления заряда в подзатворном оксиде не учитывает влияния температуры на величину накопленного заряда.

Представлена и использована в системе TCAD специальная модель учитывающая изменение величины накопленного заряда. С помощью данной модели произведено

моделирование МОПТ для ряда температур. Полученные зависимости соответствую зависимостям, приведенным в литературе.

Впоследствии данная модель может быть использована для учета эффекта отжига при моделировании субмикронных МОП-транзисторов.

Список литературы:

1. Поверхностные радиационные эффекты в элементах интегральных микросхем. // Першенков В.С., Попов В.Д., Шальнов А.В. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - С. 92-93.
2. Browning J. S.; Connors M. P.; Freshman C.L.; Finney G. A., «Total dose characterization of a CMOS technology at high dose rates and temperatures», 1988 IEEE Transactions on Nuclear Science (ISSN 0018-9499), vol. 35, Dec. 1988, pt. 1, p. 1557-1562.
3. J. R. Schwank, M. R. Shaneyfelt, P. E. Dodd и др., New Insights into Fully-Depleted SOI Transistor Response after Total-Dose Irradiation // IEEE Trans. on Nuclear Science. – Т. 47, №7 – Июнь 2000 – С. 604-612.
4. TCAD Sentaurus User Manual, Synopsys.

КОМПЕНСАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЗОНДА В НАНОТЕХНОЛОГИИ

А.И. Ермилов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Недостатком известных нанотехнологических устройств перемещения является невозможность компенсации линейных перемещений зонда при изменении температуры технологической среды.

В предложенном устройстве этот недостаток устраняется путем введения биметаллической пластины с закреплённым на ней остриём.

Нанотехнологическое устройство перемещений (Рис.1) содержит неподвижную платформу 1, жёстко связанный с ней пьезопривод 2, на торце 3 которого закреплён зонд 4, с возможностью электрического взаимодействия с подложкой 5, установленной на подложкодержателе 6. С зондом 4 жёстко связана биметаллическая пластина 7, на подвижном конце 8 которой закреплено острие 9.

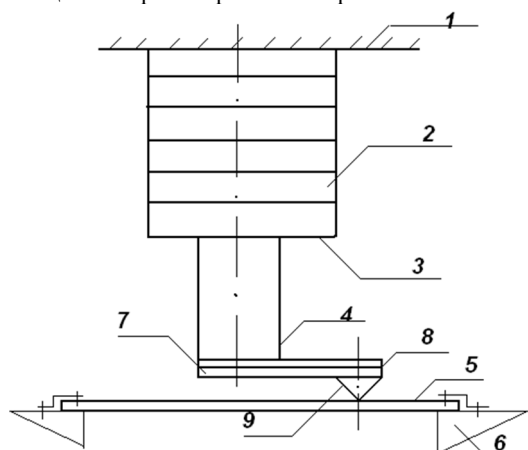


Рис.1. Схема нанотехнологического устройства перемещений.

При подаче рабочего напряжения на пьезопривод 2, возникает тепловое расширение всего устройства в целом. Данный процесс вызывает изменение зазора между остриём 9 зонда 4 и подложкой 5. Оно вызвано как подачей напряжения на нанотехнологическое устройство, так и изменением температуры во время выполнения операций. При изменении температуры технологической среды про-

исходит изгиб биметаллической пластины (Рис.2), вызванный большим нагреванием одного металла относительно другого (При нагревании изгиб происходит в сторону пластины с меньшим коэффициентом линейного расширения). Таким образом, зазор между остриём 9 зонда 4 и подложкой 5, в конечном итоге не изменяется.

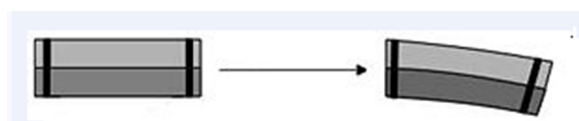


Рис.2. Изгиб биметаллической пластины при изменении температуры технологической среды

Биметаллические пластины изготавливаются из двух спаянных, сваренных или совместно прокатанных тонких металлических пластин толщиной h_1 и h_2 . К материалу этих пластин предъявляются следующие требования: близкие значения модулей упругости E_1 и E_2 и допускаемых напряжений на изгиб $[\sigma]_1$ и $[\sigma]_2$; наибольшая разность между значениями коэффициентов линейного расширения α_1 и α_2 ; хорошая свариваемость.

Для изготовления биметаллических пластин часто используются термобиметаллы, в которых в качестве слоя с малым α_2 применяется обычно инвар ЭН-36 – ферромагнитный сплав железа с 36% никеля, имеющий аномально малый температурный коэффициент линейного расширения ($1,5 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ в интервале температур от -80 до $100 \text{ }^\circ\text{C}$). В качестве слоя с большим α_1 используется латунь или немагнитная сталь. Для пластин, нагреваемых за счет тепла окружающей среды, применяются термобиметаллы марок ТБ-5, ТБ-6, ТБ-7.

Для получения наибольшей чувствительности биметаллической пластины к изменению температуры необходимо соблюдать условие:

$$\frac{h_1}{h_2} = \sqrt{\frac{E_2}{E_1}} \quad (1)$$

При изменении температуры ($t_1 - t_2$) наибольший прогиб f свободного конца прямой пластины, определяется по формуле:

$$f = 0,75 \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{h_1 + h_2} L^2 (t_1 - t_2), \quad (2)$$

где L – длина биметаллических пластин.

Для получения больших деформаций наиболее целесообразно увеличить длину пластины.

Для реализации процесса управления изгибом пластины можно использовать биморфы. Биморф состоит из двух одинаковых склеенных между собой пластин, между которыми находится металлическая фольга, являющаяся одним из электродов. Другим электродом служат металлические пластины на внешних гранях пьезоэлемента.

Применение предлагаемого нанотехнологического устройства для перемещений позволяет осуществить компенсацию линейных перемещений острия зонда при изменении температуры технологической среды.

Устройство целесообразно использовать для получения наномасштабных объектов на подложке.

Список литературы:

1. Ю.Д. Первицкий. Расчет и конструирование точных механизмов. – Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, доп. и переработ. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1976.
2. Расчёт и конструирование деталей аппаратуры САУ: Учебник для техникумов/ В.И. Савостьянов, Г. А. Филатова, В. В. Филатов. – М.: Машиностроение, 1982. – 328 с., ил.
3. Патент РФ на полезную модель № 100765. Опубликовано 27.12.2010 г. Заявка № 2010119549 от 17.05.2010 г.

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДАТЧИКАХ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Г.Ю. Злодеев

факультет Электроники и телекоммуникации

Наноструктурированные материалы, или просто наноматериалы – это современный «Клондайк» для учёных и предпринимателей. Тяжело переоценить открывающиеся возможности при использовании новейших технологий. Наноматериалы используются во многих сферах человеческой деятельности – от медицины до космонавтики, но только некоторые из них находят применение в качестве перспективных материалов при изготовлении новейших датчиков.

Символом нанотехнологии и, пожалуй, самым известным наноматериалом, является фуллерен C₆₀. Эта мячобразная молекула углерода является одним из самых известных и узнаваемых нанообъектов. Пожалуй, не найдётся иного наноматериала, который применялся в современном мире чаще, чем фуллерен. В работе рассмотрены возможности и перспективы разработки на его основе создавать датчики температуры и давления.

Молекула фуллерена является органической молекулой, а кристалл, образованный такими молекулами – фуллерит является молекулярным кристаллом с гранецентрированной кубической (ГЦК) кристаллической решёткой. Период такой решётки составляет $a = 1,417$ нм, средний диаметр молекулы фуллерена C₆₀ составляет 0,708 нм, расстояние между соседними молекулами C₆₀ примерно равно 1,002 нм. Плотность фуллерита составляет 1,7 г/см³, что значительно меньше плотности графита (2,3 г/см³), и, тем более, алмаза (3,5 г/см³). Это связано с тем, что молекулы фуллерена, расположенные в узлах решётки фуллерита, полые.

Молекулярный кристалл фуллерена является полупроводником и его свойства во многом аналогичны свойствам других полупроводников, поэтому представляется перспективным его применение в качестве нового материала электронной техники.

Благодаря существенному изменению электрического сопротивления фуллерена C₆₀ от температуры и давления его использование в датчиках температуры и давления считается перспективным.

Но фуллерен не единственный материал, который используется для подобных датчиков. Нанопровода из оксида цинка (рис. 1), являются отличным датчиком силы и давления. Они крайне чувствительны даже к очень незначительным силам. Даже при незначительном изменении структуры (сгибание) провода, на его поверхности появляется электрический заряд, что, в свою очередь, уменьшает ток, протекающий через него. Именно изменения тока, текущего по нанопроводам, является несущим сигналом для измерений.

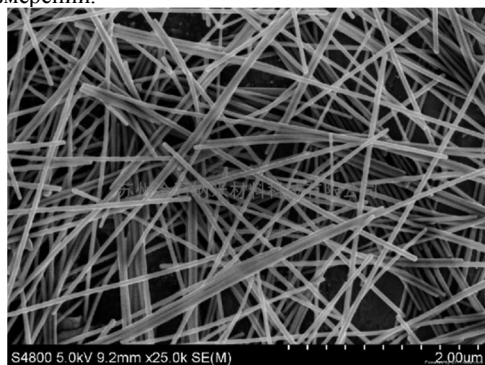


Рис. 1. Нанопровода из оксида цинка.

Также в качестве датчиков давления могут выступать углеродные нанотрубки (рис. 2). В 2009 году учёными швейцарской высшей технической школы Цюриха был создан действующий прототип датчика на основе углеродных нанотрубок.

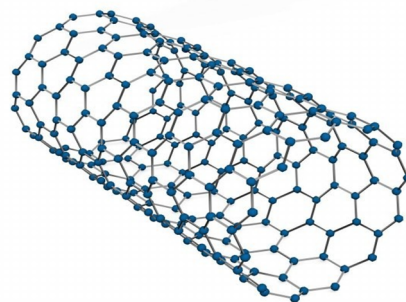


Рис. 2. Модель углеродной нанотрубки.

Как легко можно заметить, использование наноструктурированных материалов в датчиках становится обыденной реальностью.

Разработана концепция использования фуллерена C₆₀ для создания датчиков температуры. На керамическую подложку напыляются две контактные площадки с выводами. После этого, на подложку наносится раствор фуллерена в органическом растворителе (толуол, хлороформ, бромформ). При выветривании растворителя фуллерен кристаллизуется и осаждается на подложке в виде тонкой плёнки фуллерита. После завершения процесса осаждения, для повышения устойчивости фуллерита к внешним воздействиям (окислению кислородом из воздуха), возможно нанесение защитного диэлектрического слоя. Подобный датчик фактически представляет собой терморезистор, по многим характеристикам близкий к алмазным термисторам, но его изготовление не требует сложного оборудования.

Список литературы:

1. Перерепелкина Ю.В., Рыбалко В.В., Сезонов Ю.И. Наноразмерные структуры. Учебное пособие. – Московский государственный институт электроники и математики, 2009. - 92 с.
2. Ultra small single walled carbon nanotube pressure sensors, ETH Zurich, http://www.micro.mavt.ethz.ch/publications/Helbling2009_CP
3. <http://www.technologyreview.com/news/407439/a-nano-pressure-sensor/>
4. Belle Dumé, Graphene works as a highly sensitive mass detector, <http://physicsworld.com/cws/article/news/40552>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОСТИ И ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРЕССОВАННОГО ОКСИДНО-НИКЕЛЕВОГО КАТОДА

^{1,2}Н.Е.Харитонова, ¹В.С.Поляков,
¹А.Д.Силаев, ¹А.А.Минин

¹Москва, ОАО «Плутон»

²Факультет электроники и телекоммуникаций

Оксидный катод – наиболее эффективный и экономичный из всех типов термоэлектронных катодов, используемых в электровакуумных приборах. В частности, в

ОАО Плутон выпускается порядка 40% магнетронов с оксидными катодами. Однако, несмотря на многолетний опыт выпуска приборов с оксидными катодами, до сих пор возникают определённые проблемы со стабильностью и воспроизводимостью электрических параметров.

Процесс производства оксидных катодов для магнетронов включает в себя изготовление пористого тела непосредственно на керне катода, приготовление суспензии карбоната бария-кальция-стронция (марка КТА 1-6), нанесение её на пористое тело и др. В результате, получая эмиссионное тело с теми или иными геометрическими размерами, пористостью, шероховатостью и качеством пропитки эмиссионно-активным составом. Данная технология обладает рядом недостатков, среди которых лимитированный срок хранения оксидной суспензии, трудоёмкость и малоэффективность вследствие использования ручного труда, обуславливающего невоспроизводимость эмиссионных параметров катодов.

В связи с вышесказанным в ОАО Плутон в настоящее время проводится работа по модернизации технологии изготовления оксидных катодов для магнетронов с использованием методов порошковой технологии.

Цель работы заключалась в усовершенствовании традиционной технологии изготовления оксидных катодов для минимизации ручного труда, создавая тем самым управляемую технологию изготовления катодов с регулируемыми геометрическими параметрами, а также тепловыми и эмиссионными свойствами.

Задачи работы, во-первых, состояли в определении оптимального количественного соотношения компонентов (никель – тройной карбонат (Ba, Ca, Sr)), при котором обеспечивались, главным образом, необходимый уровень термо- и вторичной электронной эмиссии, и стабильность работы катода. Во-вторых, - в определении оптимального давления прессования заготовок катодов, которое обеспечивало бы необходимую пористость и механическую прочность эмиттеров. Для оксидного катода при оптимизации диаметра частиц губки, пористости губки и запаса активного вещества возможно увеличение срока службы. [4]

Предложенный метод состоит из следующих операций:

1. Приготовление (отжиг и просеивание) никелевого порошка с фракционным составом 40 – 70 мкм.
2. Подготовка карбонатов бария, кальция, стронция, заключающаяся в их прокатке, смешении и просеве, в соотношении $\text{BaCO}_3 - 50\%$; $\text{SrCO}_3 - 45\%$; $\text{CaCO}_3 - 5\%$.
3. Смешивание никелевого порошка и карбоната (Ba, Ca, Sr) в установке планетарного типа.
4. Изготовление навесок и их последующее прессование в специальной технологической оснастке.
5. Спекание полученных образцов в среде остро осушенного водорода с точкой росы не ниже - 60°C.
6. Изготовление эмиттеров в соответствии с конструкторской документацией.
7. Сборка катодно-подогревательного узла.
8. Сборка прибора и исследование его электрических параметров.

Экспериментальная часть

Были изготовлены смеси порошков, состоящие из никеля и тройного карбоната (Ba, Ca, Sr) с содержанием последнего 2,5; 5; 7,5 и 10% (вес). Были спрессованы цилиндрические образцы, массой 550 мг и геометрическими размерами $d = 6,85$ мм; $h = 2,47 \dots 2,55$ мм, при удельных давлениях прессования в интервале $P = 4,7 \dots 8$ т/см². После спекания заготовок в среде инертного газа и расчёта пористости по эмпирической формуле

$$P = (1 - \rho_{\text{загот}} / \rho_{\text{комп}}) * 100\%$$

где $\rho_{\text{комп}} = 8,9$ г/см³ – плотность никеля;

$\rho_{\text{загот}} = m/V$ - плотность заготовки катода;
 m, V – соответственно, масса и объём заготовки,
 были получены зависимости, представленные на графике 1.

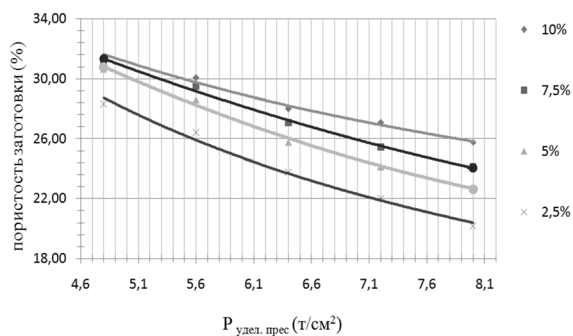


График 1. Зависимость пористости спрессованных оксидно-никелевых заготовок эмиттеров от удельного давления прессования при различных концентрациях тройного карбоната в пресс-порошках

Очевидно, что с увеличением содержания тройного карбоната пористость катода возрастает. Однако его тонкая обработка становится более проблематичной, нежели при меньшем содержании щелочноземельной составляющей смеси. Постановка в прибор оксидных катодов, полученных методом порошковой металлургии, с содержанием тройного карбоната от 5 до 7,5 %, показала положительный результат как по мощности и спектру генерируемых колебаний при проведении динамических испытаний.

Выводы

В результате проделанной работы было установлено оптимальное давление прессования заготовок, составляющее величину ~ 7 т/см² и определено количественное соотношение компонентов «никель - тройной карбонат». Содержание последнего в смеси может варьироваться от 5 до 7,5 % в зависимости от условий работы катода. Пористость при найденных экспериментальных условиях колебалась от 25 до 28 %. Прибор с таким катодом характеризовался устойчивой и бесперебойной работой во время динамических испытаний.

При концентрации карбоната от 10% и выше было отмечено значительное снижение механической прочности, которое может приводить к возникновению искрений, ухудшению спектра и уменьшению мощности генерируемых колебаний в процессе тренировки прибора.

Список литературы:

1. Г.А. Кудинцева [и др.] Термоэлектронные катоды. М. - Л., изд-во «Энергия», 1966, 368 стр. с илл.
2. О.Ю. Масленников, А.Б. Ушаков. Эффективные термокатоды (конструкции и технологии). Ч. 2: Учебное пособие. – МФТИ, 2003. – 129 с.
3. Л.А. Ашкинази. Результаты в области термо- и вторичноэлектронных катодов за 1990-2009 годы.
4. Соколов А.М. // Научно-технические технологии, 2003. Т. 4. С. 47.
5. Оксидный катод. Сборник трудов Международного Конгресса, посвящённого пятидесятилетию открытия оксидного катода. Под редакцией проф. Б.М. Царёва. Изд-во Иностранной литературы. М, 1957.
6. Никонов Б.П. Оксидный катод. – М.: Энергия, 1979. – 238 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ФАЗ СЛОИСТЫХ СИСТЕМ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Ю.В. Михайкин

факультет Электроники и телекоммуникаций

Слоистые системы нашли широкое применение в современной технике. Типичными их представителями являются двухфазные системы, например такие, как пленка-подложка в микроэлектронике и система оболочка-топливо в ядерных реакторах. При использовании слоистых систем возникают две связанные между собой задачи: прогнозируемое изменение границы раздела фаз и неразрушающий контроль этого изменения. В проекте для решения первой задачи предложено использовать эффект массопереноса под действием релятивистских электронных пучков – “электронное легирование”, а для решения второй – измерение тепловой проводимости границы раздела. Тепловая проводимость α_{ij}^T является параметром, характеризующим границу раздела и особенности её формирования. Отметим, что речь идет об изменении и исследовании свойств объекта, имеющего наноразмерную толщину.

До настоящего времени отсутствует единая точка зрения на природу эффекта “электронного легирования”. Считают, что конечные состояния при облучении должны совпадать с равновесными. В связи с этим отметим, что исследуемые в экспериментах по облучению промежуточные состояния системы могут быть описаны, если известны: начальное неравновесное состояние системы, конечное равновесное или стационарное состояние системы и кинетическое уравнение, описывающее закономерность изменения параметров системы при переходе ее к конечному состоянию. Для применения к процессам в слоистых материалах такая постановка является весьма актуальной, поскольку для этих материалов реально выполнение всех условий.

Основная трудность описания процесса состоит в том, что экспериментальные результаты могут различаться в зависимости от организации самого эксперимента. Чтобы обеспечить воспроизводимость полученных данных, необходимо иметь строго определенное соотношение между физическими характеристиками выбранных объектов исследования, параметрами облучения и условиями проведения эксперимента. Например, увеличение толщины образца приводит к тому, что электронный пучок не проникает на глубину, необходимую для образования диффузионной зоны, что приводит к отсутствию эффекта в исследуемой зоне. Большое значение имеет плотность тока в пучке, так как при ее увеличении вследствие появления объемного теплового источника происходит значительный разогрев образца и становится невозможным разделить термически активируемые диффузионные процессы и процессы радиационного массопереноса, стимулированные действием высокоэнергетических электронов. Кроме того, известно, что существуют пороговые значения энергии электронов (порядка единиц МэВ в зависимости от материалов), ниже которых эффект вообще не наблюдается. Таким образом, применение для исследования эффекта “электронного легирования” кинетических методов ставит вопрос о взаимосвязи между толщиной образца, энергией электронов, плотностью тока в пучке, температурой образцов при облучении, а также глубиной проникновения электронов и распределением температур по глубине образца. В связи с этим возникает необходимость разработки методов нераз-

рушающего контроля, позволяющих проводить диагностику границы раздела.

Известные методы такого контроля, основанные на использовании рентгенофазового и микрорентгеноспектрального анализа, хотя и являются информативными, весьма трудоемки и связаны с разрушением образцов. Тепловая проводимость является количественной оценкой неидеальности (адгезии) границы раздела и определяется путем введения условия связи на границе раздела фаз в тепловой задаче. Например, в системе пленка(1)-подложка(2) при $\alpha_{12} \rightarrow 0$ контакт полностью нарушается, происходит расслоение пленки и подложки. При $\alpha_{12} \rightarrow \infty$ контакт является идеальным.

До последнего времени применение в измерениях тепловой проводимости излучения лазеров, работающих в однократном импульсном режиме или с синусоидальной модуляцией добротности резонатора, рассматривались в качестве альтернативных, поскольку синусоидальная модуляция предполагает использование монохроматического воздействия, в то время как при однократном импульсном режиме работы существенную роль играет именно ширина спектра. В результате осталось нерассмотренной возможность использования тепловой спектроскопии с дискретным спектром частот, которая реализуется с помощью лазеров с акустооптической модуляцией добротности (АОЗ).

Основная трудность, которая возникает в измерениях, связана с резким (экспоненциальным) ростом тепловой прозрачности покрытий с уменьшением их толщины l . Поэтому исследования проводят в нестационарных температурных полях, создаваемых с помощью модулированных лазерных пучков.

До настоящего времени методы измерения α_{ij}^T , использующие синусоидальный или однократный импульсный лазерный нагрев, рассматривались как альтернативные, поскольку в первом случае тепловой источник является монохроматическим, тогда как во втором существенную роль играет ширина спектра. В результате остались почти неизученными возможности периодического импульсного нагрева резонансными источниками тепла с δ -образной плотностью мощности в импульсе. Наиболее известным источником тепла такого типа являются лазеры с акустооптической модуляцией добротности резонатора (АОЗ). В этом случае за счёт дополнительной степени свободы – коэффициента заполнения можно выйти в радиочастотный спектр колебаний температуры и достичь амплитудных значений температуры ~ 100 К.

Проведенные исследования показали, что при таком нагреве возникает квазистационарный тепловой режим, для которого тепловая задача имеет точное аналитическое решение, удобное для расчета α_{12} по форме осцилляций температуры на поверхности образца.

Список литературы:

1. Якункин М.М. Квазистационарный тепловой режим, возникающий в системе пленка-подложка при периодическом импульсном нагреве излучением лазера // ИФЖ. – 1993. Т. 64, № 4, – С. 401 – 407.
2. Jaeger J.C. Pulsed surface heating of a semi-infinite solid // Quart. Appl. Math. – 1953. – Vol. 11, № 1. – P. 132 – 137.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНООБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МАЛОУГЛОВОГО РАССЕЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

А.В. Терентьев

факультет Электроники и телекоммуникаций

Работа посвящена исследованию тонких полимерных пленок, с растворенными в объеме наночастицами тяжелых металлов. Исследование будет проводиться с помощью метода малоуглового рассеяния рентгеновского излучения, на канале ДИКСИ, института синхротронных и нейтронных исследований, Курчатовского института. Метод находит широкое применение для получения информации о форме и строении большого числа материалов: белковых молекул, поверхностно-активных веществ, различных дисперсных систем, эмульсий, волокон, катализаторов, полимеров и нанокмполитов, жидких кристаллов.

Цель работы - исследование геометрических и структурных параметров наночастиц тяжелых металлов, а также их распределение по объему пленки. Задачи: получение пленок, подготовка образцов, проведение серии экспериментов, интерпретация полученных данных.

Малоугловое рассеяние рентгеновского излучения - упругое рассеяние рентгеновского излучения на неоднородностях вещества, размеры которых существенно превышают длину волны излучения, которая составляет $\lambda = 0.5-1$ нм; направления рассеянных лучей при этом лишь незначительно отклоняются от направления падающего луча. Наличие в полидисперсной системе равномерно распределенных неоднородностей, размеры которых лежат в диапазоне от 0.1 до 100 нм, приводит к рассеянию рентгеновских лучей под малыми углами ($< 30^\circ$). При исследовании зависимости интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния можно определить такие характеристики наноразмерных элементов, как их форма и размер, фазовый состав, внутренняя структура, ориентация и распределение.

Источниками рентгеновского излучения в экспериментах служат как рентгеновские трубки (длина волны излучения $\lambda = 0,1-0,2$ нм), так и синхротронное излучение ($\lambda = 0,03-0,35$ нм). Монохроматичность узкого пучка первичного излучения достигается с помощью монохроматора. Проходя сквозь образец, пучок рассеивается и регистрируется при помощи детекторов. Размер и форму частиц находят на основе зависимости интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния. интенсивность рассеяния рентгеновских лучей определяется формулой Гинье:

$$I(q) = I_0 \exp\left(-\frac{q^2 r_g^2}{3}\right)$$

где q - волновой вектор рассеяния, λ - длина волны излучения, θ - угол рассеяния излучения, r_g - радиус инерции частицы, относительно её центра.

Использование источника синхротронного излучения, по сравнению с рентгеновскими трубками дает ряд преимуществ, таких как: высокая интенсивность рентгеновского излучения, малая угловая расходимость, малый размер фокуса, высокая степень поляризации, возможность менять длину волны в широком диапазоне. Это позволяет добиться более высокого разрешения, снизить время выдержки.

Экспериментальная часть работы, будет проводиться на станции ДИКСИ, большого кольца Курчатовского источника синхротронного излучения

Станция ДИКСИ состоит из: монохроматора, зеркала, держателя образцов, детектора MAR CCD 2D. На выходе из большого кольца, белый пучок попадает в монохроматор с кристаллом Ge (100), затем, при помощи кварцевого

зеркала происходит фокусировка пучка. После рассеяния образцом, пучок попадает на ПЗС 2D детектор.

Таблица 1. Технические характеристики станции ДИКСИ

Энергия фотонов	8 кэВ, 24кэВ, 40кэВ
Энергетическое разрешение	10^{-4}
Угловое разрешение	$3.3 \cdot 10^{-5}-10^{-4}$ рад
Диапазоны Q	$0.08 - 1.5 \text{ нм}^{-1}$ $0.02 - 1.5 \text{ нм}^{-1}$ $0.13 - 12 \text{ нм}^{-1}$

Для иллюстрации данных, получаемых методом малоуглового рассеяния, приведена картина рассеяния, а также график зависимости интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния, полученные при исследовании нанопористого анодированного алюминия на станции ДИКСИ

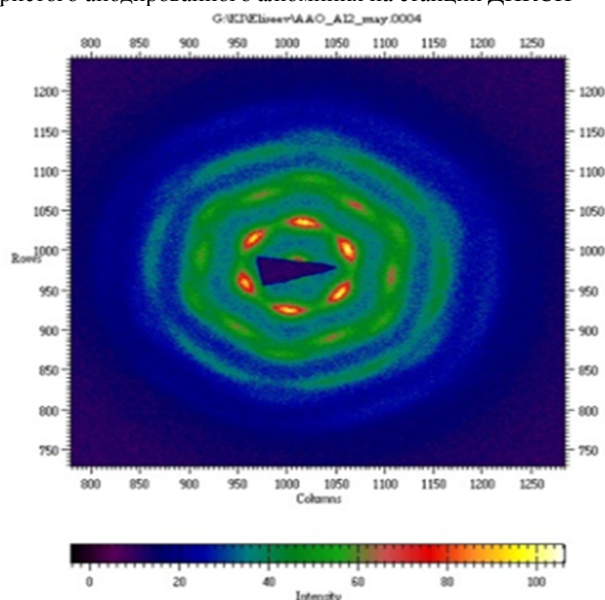


Рис. 1. Картина малоуглового рассеяния.

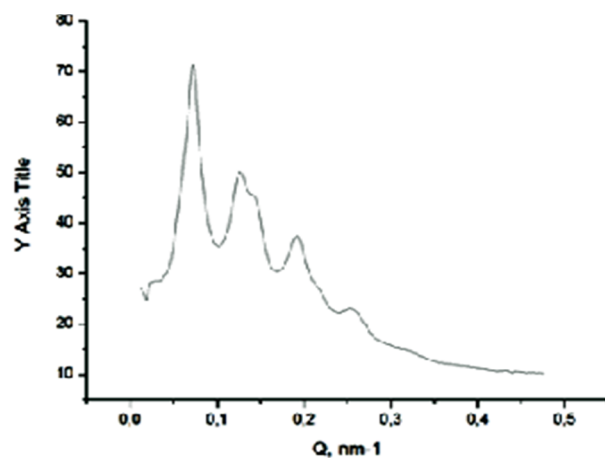


Рис. 2. График зависимости интенсивности от угла рассеяния.

Список литературы:

1. Свругун Д.И., Фейгин Л.А. Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние М.: наука, 1986. 20 с.

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИММЕРСИОННОЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ЛИТОГРАФИИ

П.С. Костомаров

факультет Электроники и телекоммуникаций

Метод иммерсии в литографии позволяет повысить разрешающую способность путем увеличения числовой апертуры за счет изменения угла полного отражения на границе раздела сред объектов - воздушный зазор (между объективом и пластиной) [1].

Наибольшую трудность в практическом применении метода иммерсионной литографии представляет выбор технологического решения установки, удовлетворяющей производственным требованиям: проектные нормы, диаметр полупроводниковой пластины, скорость обработки.

Метод выбора технологического решения из ряда недоминируемых альтернатив

Разрабатывая алгоритм выбора, применим наиболее часто используемую меру неопределенности – энтропию, обозначив через p_i вероятностную функцию распределения – $\sum_{i=1}^m p_i \ln p_i$ (1)

Чтобы выразить нечеткое множество H_i через распределение вероятностей, установим

$$p_i^{(k)} = \frac{f_{H_i}(x_i^{(k)})}{\sum_{i=1}^m f_{H_i}(x_i^{(k)})} \quad (2)$$

где $p_i^{(k)}$ – оценка степени принадлежности $x_i^{(k)}$ нечеткому множеству H_i . Так что теперь мы можем определить неопределенность по i -му атрибуту как функцию энтропии

$$e_i = -M \sum_{k=1}^m p_i^{(k)} \ln p_i^{(k)} \quad (3)$$

где M – нормирующая константа, допускающая максимальное значение e_i , равное 1. Фактически, e_i максимально, если $p_i^{(k)} = \frac{1}{m}$, следовательно, $M = \frac{1}{\ln m}$ и $0 \leq e_i \leq 1$. Общая неопределенность получается путем суммирования неопределенностей по каждому атрибуту [2]

$$E = \sum_{i=1}^n e_i = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m p_i^{(k)} \ln p_i^{(k)} \quad (4)$$

В расстоянии между двумя альтернативами весовые коэффициенты, зависящие от неопределенности, будут малы, если неопределенность высока. Высокое значение неопределенности относительно некоторого i -го атрибута означает, что довольно большое количество альтернатив имеет близкие по значению коэффициенты сатисфакции относительно этого i -го атрибута и поэтому решение о выборе некоторой альтернативы не будет существенно зависеть от этого атрибута. Другими словами, i -ый атрибут, не отличающийся по большинству альтернатив, имеет более существенной значение для принятия решения. Определим коэффициент сатисфакции согласно работе [3], как

$$\bar{S}_i = \frac{1 - e_i}{\sum_{i=1}^n (1 - e_i)} = \frac{1 - e_i}{n - E}, \quad 0 < n < 1. \quad (5)$$

Отметим, что когда неопределенность соответствующая i -му атрибуту, высока, то e_i близко к 1 и коэффициент \bar{S} мал.

Пусть w_i – относительные веса по важности, назначенные экспертом i -му атрибуту априори. Тогда комбинированный весовой коэффициент можно определить как

$$S_i = \frac{S_i w_i}{\sum_{i=1}^n S_i w_i}, \quad 0 < n \leq 1. \quad (6)$$

Мера того, насколько удалена $A^{(k)}$ от идеальной альтернативы $A^{(*)}$, соответствует тому, насколько значения атрибутов $A^{(k)}$ удовлетворяют субъективным целевым

представлениям эксперта. Введем понятие дополнения нечеткого множества H_i , которое будем обозначать U_i , и для которого выполняется

$$f_{U_i}(x_i^{(k)}) = 1 - f_{H_i}(x_i^{(k)}).$$

Итак, если необходимо определить, на сколько удалены друг от друга альтернативы $A^{(k)}$ и $A^{(*)}$ по i -му атрибуту, то можно увидеть это по степени неудовлетворенности эксперта значением i -го атрибута для $A^{(k)}$, то есть определим

$$Dis^{(i)}[A^{(*)}, A^{(k)}] = S_i f_{U_i}(x_i^{(k)}), \quad (7)$$

и тогда

$$Dis^{(i)}[A^{(*)}, A^{(k)}] = \left[\sum_{i=1}^n (Dis^{(i)}[A^{(*)}, A^{(k)}])^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (8)$$

Здесь значение $Dis^{(i)}$ характеризует функцию различимости по каждому отдельному i -му атрибуту, а $Dis(A^{(*)}, A^{(k)})$ соответствует среднеквадратичному отклонению $Dis^{(i)}$. Нашей целью является выбор альтернативы $A^{(k_0)}$, которая максимально близка к $A^{(*)}$ [4]

$$Dis[A^{(*)}, A^{(k_0)}] = \min_k Dis[A^{(*)}, A^{(k)}]. \quad (9)$$

Можно ввести дополнительные метрики, в выборе которых может быть заинтересован пользователь, например:

$$Dis_{(1)}[A^{(*)}, A^{(k)}] = \sum_{i=1}^n S_i f_{U_i}(x_i^{(k)}), \quad (10)$$

Или

$$Dis_{(2)}[A^{(*)}, A^{(k)}] = \max_i \{S_i f_{U_i}(x_i^{(k)})\}. \quad (11)$$

Алгоритм выбора недоминируемого решения

Если сформировано множество недоминируемых альтернатив, то для осуществления окончательного выбора на этом множестве применим метод, описанный выше.

Из алгоритма видно, что на первом этапе пользователю представляются все имеющиеся недоминируемые альтернативы, на основе чего он назначает идеальную альтернативу. Далее пользователем задаются $f_{H_i}(x_i^{(k)})$ характеризующие предпочтительность k -ой альтернативы по i -му атрибуту для $\forall k, i$. Затем происходит ввод весовых коэффициентов w_i , определяющих относительную важность i -го атрибута.

После выполнения всех расчетов, эксперту предоставляются значения $Dis[A^{(*)}, A^{(k)}]$ и соответствующее им решение $A^{(k_0)}$. Если полученное решение не удовлетворяет эксперта, то последует переход к этапу назначения пользователем $f_{H_i}(x_i^{(k)})$ [5].

Алгоритмы поиска технических решений литографических установок

Одними из элементов системы автоматизированного проектирования, позволяющими проектировать процесс как исполнительный орган в системе обратной связи литографического оборудования являются разработанные алгоритмы поиска технических решений при проектировании процессов формирования объектов в литографической технологии. Данный процесс необходимо автоматизировать с целью уменьшения времени, затрачиваемого на проектирование процессов формирования объектов. Предложенные алгоритмы поиска технических решений позволяют автоматизировать этот процесс.

На рис. 1. представлен алгоритм выбора наилучшего варианта литографической установки с помощью обобщенного критерия оценки качества и анализа технической себестоимости выбранных решений.



Рис. 1. Алгоритм выбора лучшей иммерсионной литографической установки по критерию К

Первый этап позволяет осуществить выбор иммерсионных литографических установок, удовлетворяющих техническому заданию.

На этом этапе возможны следующие случаи:

- ТЗ соответствует несколько иммерсионных литографических установок;
- ТЗ соответствует одна иммерсионная литографическая установка;
- ТЗ не соответствует ни одна иммерсионная литографическая установка.

В первом случае переходим ко второй стадии выбора, во втором – задачу считаем решенной, в третьем – производим либо пересмотр ТЗ, либо выполняем выбор ближайшего прототипа и производим его модернизацию. После этого добавляем обновленную литографическую установку в морфологическую таблицу, либо разрабатываем новую конструкцию, после чего добавляем новую литографическую установку в морфологическую таблицу.

На первом этапе осуществляется выбор оптимальных литографических установок (принадлежащих множеству Парето) [6].

Третьим этапом является выбор лучшей литографической установки с помощью обобщенного критерия качества, а так же анализа технической себестоимости выбранных решений.

Для выделения определенной части множества Парето или нахождения некоторой единственной точки этого множества, необходимо иметь дополнительную информацию о критериях установки. Здесь, основная цель проектировщика – наличие наибольшего количества информации о критериальном множестве.

Только обладая такой информацией, появляется возможность рационального подбора параметров с использованием методов повышения разрешающей способности процесса проекционной литографии, таких как:

- использование внеосевого освещения при экспонировании резиста;
- разработка и применение фазосдвигающих шаблонов (PSM);
- применение методов коррекции оптического эффекта близости [7];
- разработка стратегии технического обслуживания оборудования иммерсионной ультрафиолетовой литографии (ИУФЛ);

соответствующим требованиям проектирования иммерсионной литографической установки.

Список литературы:

1. Hand A. Double Patterning Wrings More From Immersion Lithography // Semiconductor International. 2007. January. 17 p.
2. Слободин М. Ю., Царёв Р.Ю. Компьютерная поддержка многоатрибутивных методов выбора и принятия решения при проектировании корпоративных информационно-управляющих систем // СПб.: Инфо-да, 2004. – С 85 – 91.
3. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
4. В.А. Васин, А.С. Вишневский, Е.Н. Ивашов, С.В. Степанчиков. Информационная технология в проектировании пластин плотной записи для накопителей на жестких магнитных дисках. – М.: Издательство НИИ ПМТ, 2010. – 227с.
5. Вишневский А.С., Домась К.И., Тхань Н.Д., Бинь Л.Т. Математическая модель и алгоритм принятия решения для недоминируемых альтернатив // Системы управления и информационные технологии, 2008, № 2.3 (32). – С. 336-339.
6. В.А. Васин, К.И. Домась, Е.Н. Ивашов, С.В. Степанчиков. Информационная технология в проектировании объектов лазерной обработки. – М.: Издательство НИИ ПМТ, 2011. – 211с.
7. Y. Cui, et al. Is Model-based Optical Proximity Correction Ready for Manufacturing? Study on 0.12 urn and 0.175 urn DRAM Technology // Proc. SPIE Microlithography. 2002. 4691. P. 67-75.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ЧАСТОТНО-ЦИФРОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Д.А. Зубовская
*факультет Информационных технологий и
вычислительной техники*

В настоящее время в научно-исследовательской работе МИЭМ НИУ ВШЭ используется устаревшее, по большей части неремонтопригодное оборудование. Данная работа призвана положить начало обновлению оборудования нашего ВУЗа.

Последнее десятилетие информационные технологии являются основным двигателем прогресса во всех областях повседневной жизни, в том числе и метрологическом обеспечении (МО). Однако сохраняются проблемы внедрения информационных технологий в отечественное метрологическое обеспечение (ИТМО), в отечественные инновационные НИР и ОКР.

В данной работе было проведено сравнение результатов наблюдений полученных с частотомера ЧЗ-54 и с МПСИ-Е. Устройство МПСИ-3 (Рис.1) предназначено для измерения периода и частоты сигнала амплитудой 0,2В – 5В и частотой 1Гц – 10000000Гц, в частности сигнала с автогенератора АГ-4 или АГ-5 струнных датчиков. Устройство выполнено в пластиковом корпусе размером 6 x 4 x 1,5см. Имеется вход 3,5 мм jack для подключения к автогенератору и выход USB типа А для подключения к компьютеру. Конструктивно устройство выполнено на печатной плате с припаянными к ней элементами. Питание устройства от USB.

В режиме периода частота измеряется с помощью следующего алгоритма: вначале происходит инициализация всех устройств и переменных, затем микроконтроллер (МК) ожидает изменения логического уровня на ножках (INT0 или INT1) что соответствует внешним прерываниям, когда два вспомогательных микроконтроллера (Tiny26) передадут ему оцифрованный сигнал. По получении сигнала включается таймер работающий на высокой частоте порядка 6 МГц и начинает инкрементировать 16 – битный счетчик.

В режиме частоты измерение происходит совершенно иначе – подсчитывается количество изменения фронтов на ножках INT0 и INT1 за одну секунду, затем делится на 2.

На ноутбуке управляющая программа получает данные через виртуальный COM-порт, и если полученные данные не содержат ошибок передачи, то обратно в устройство передается сигнал - данные приняты и МПСИ включает светодиод на 100мс. В случае записи данных в файл, индикатор режима работы МПСИ горит непрерывно.



Рис.1. Устройство МПСИ-Е

Для того чтобы подключить МПСИ-Е к ноутбуку, необходимо произвести установку драйвера DriverInstall.exe. После установки драйвера проверить правильность подключения устройства к свободному USB порту. При подключенном устройстве здесь должен отображаться «Prolific USB-to-Serial Comm Port», например «COM6». Нажимаем кнопку «Открыть». Если все выполнено пра-

вильно, то начнется отображение частоты и периода входного сигнала. Если нужно записать данные в файл выберите количество записей и нажмите кнопку «Запись в файл». В открывшемся окне выберите файл для записи и нажмите «Сохранить». После этого начнется запись значений в выбранный вами файл.

Отличительная особенность частотно-цифровой системы с перестраиваемыми электромеханическим резонаторами, например, струнными, связана с выходным сигналом преобразователей – датчиков в виде частоты, зависящей от измеряемой величины.

При исследовании работы было выявлено следующее:

При подключении микропроцессорного средства измерений МПСИ-Е, с сопротивлением R=26,5 Ом, к УИП-4М идет сильный разброс показаний. При исследовании МПСИ-Е на УИП-8 и УИП-4 выяснилось, что программа не показывает никаких результатов. Тогда показания необходимо снимать на приборе УИП-4М, но без сопротивления R=26,5 Ом.

Поэтому для выполнения лабораторных работ, а также каких-либо исследований, можно использовать микропроцессорное средство измерений МПСИ-Е на УИП-4М без подключения сопротивления R=26,5 Ом к МПСИ-Е.

Данные полученные с помощью частотомера

Таблица 1
Результаты экспериментальных данных

Об	29.04.12	Стенд 1	X1 ₀ , мкм =	1130,13	T ₁	100,0
УК-61	СМУК	УИП-8	Y1, ед =	227316,6	D ₁ , мкм±	0,06
Зубовская Д.А.	БА	ЧЗ-24	X2 ₀ , мкм =	1230,13	D ₂ , мкм±	0,01
Sx, ед/мкм=	436,37	ПК	Y2, ед =	270953,4	g ₂ , %±	0,01
г	Y1г	Y2г	Y1г ₂	Y1г ₂	Y2г ₂	Y2г ₂
1	227327	270970	227323,6	3,4	270972,9	-2,9
2	227322	270968	227322,1	-0,1	270968,6	-0,6
3	227320	270966	227320,5	-0,5	270964,2	1,3
4	227316	270962	227318,9	-2,9	270959,9	2,1
5	227316	270962	227317,4	-1,4	270955,6	6,4
6	227315	270948	227315,8	-0,8	270951,2	-3,2
7	227314	270945	227314,3	-0,3	270946,9	-1,9
8	227313	270939	227312,7	0,3	270942,6	-3,6
9	227313	270938	227311,1	1,9	270938,2	-0,2
10	227310	270936	227309,6	0,4	270933,9	2,1

Приведенная и абсолютная погрешности на МПСИ-Е с исключенным дрейфом на мере X1₀, X2₀:

$$\gamma = 0,008 \% ; \Delta = 0,008 \text{ мкм}$$



Рис. 2. Случайная погрешность с исключенным дрейфом на мере X1₀=1130,13 мкм

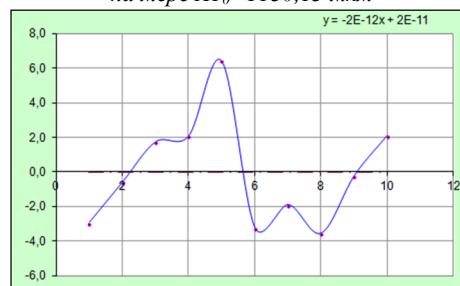


Рис.3 Случайная погрешность с исключенным дрейфом на мере X2₀=1230,13 мкм

Данные полученные с помощью МПСИ-Е

Таблица 2

Результаты экспериментальных данных

Об	05.05.12	Стенд 1	X_1 , мкм =	1130,13	T_1	100,0
УК-61	СМУК	УИП-8	Y_1 , ед =	227,5	$D_{мкм} \pm$	0,03
Зубовская Д.А.	БА	ЧЗ-24	X_2 , мкм =	1230,13	$D_{мкм} \pm$	0,01
Sx , ед/мкм =	0,43	ПК	Y_2 , ед =	270,7	$g_{мкм} \pm$	0,01
γ	$Y1\gamma$	$Y2\gamma$	$Y1\sigma$	$Y1\sigma$	$Y2\sigma$	$Y2\sigma$
1	227,4774	270,7101	227,5	0,0	270,7	0,0
2	227,4784	270,707	227,5	0,0	270,7	0,0
3	227,4804	270,7045	227,5	0,0	270,7	0,0
4	227,4803	270,7019	227,5	0,0	270,7	0,0
5	227,4795	270,702	227,5	0,0	270,7	0,0
6	227,4792	270,6993	227,5	0,0	270,7	0,0
7	227,4789	270,6954	227,5	0,0	270,7	0,0
8	227,4758	270,6943	227,5	0,0	270,7	0,0
9	227,4789	270,6953	227,5	0,0	270,7	0,0
10	227,4808	270,6958	227,5	0,0	270,7	0,0

Приведенная и абсолютная погрешности на частотомере с исключенным дрейфом на мере X_{12} :
 $\gamma = 0,014\%$; $\Delta = 0,014$ мкм

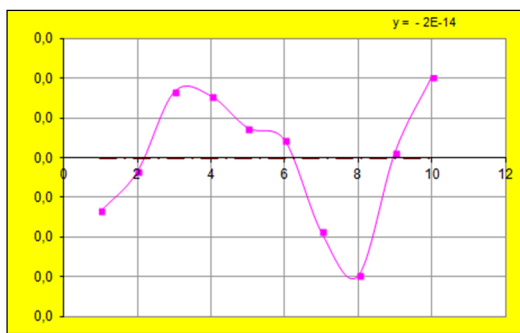


Рис. 4. Случайная погрешность с исключенным дрейфом на мере $X_{10} = 1130,13$ мкм

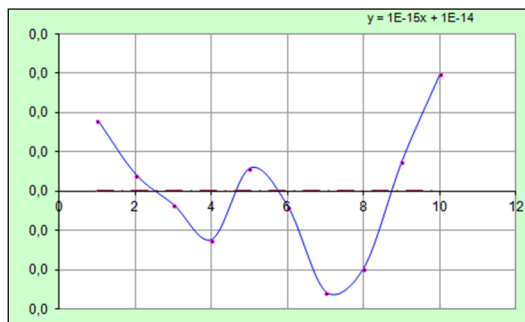


Рис. 5 Случайная погрешность с исключенным дрейфом на мере $X_{20} = 1230,13$ мкм

Таблица 3

Результаты экспериментальных данных

Прибор	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Sx , ед/мкм	Δ , мкм	γ , %
ЧЗ-54	1130,13	1230,13	227316,6	270953,4	436,37	0,014	0,014
МПСИ-Е	1130,13	1230,13	227,5	270,7	0,43	0,008	0,008

После ввода наблюдений для каждой из 2-х мер получают экспресс-оценку метрологических характеристик в ячейках с присвоенными именами:

- чувствительность Sx ;
- пределы измерений по выходу Y_1 , Y_2 и диапазон измерений 100 мкм;
- пределы допустимых значений абсолютной погрешности Δ при доверительной вероятности 0,95;
- пределы допустимых значений приведенной погрешности γ при исключении дрейфа.

Сравнение выполнялось по случайной погрешности, зависящей от уровней помех, проникающих через входные формирователи сигналов частотомера и МПСИ с ноутбуком. Пределы допускаемой приведенной погрешности

при работе с частотомером больше, чем при работе МПСИ с ноутбуком.

Из полученных экспериментальных данных, мы видим, что абсолютная и приведенная погрешности на МПСИ-Е меньше, чем полученные погрешности на частотомере.

Отсюда, можно утверждать, что при снятии показаний с помощью МПСИ повышается точность измерения, за счет уменьшения случайной погрешности, а значит применение МПСИ-Е значительно эффективнее, чем частотомер.

Список литературы:

1. Цейтлин Я.М., Скачко Ю.В., Капырин В.В. Модифицированные струнные преобразователи для измерения геометрических величин. - М.; Изд-во стандартов, 1989 - 264 с.
2. Скачко Ю.В. Метрологическое обеспечение виртуальных частотно-цифровых измерительных систем с акустическими резонаторами. Труды 7-й Международной конференции и выставки «Цифровая обработка сигналов и ее применение». – М.: 2005
3. А.В. Евстифеев Микроконтроллеры AVR семейства CLASSIC фирмы ATMEL. Додэка XXI 2006.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВКИ ПЛАЗМЕННЫЙ ФОКУС

А.А. Ерискин

факультет Электроники и телекоммуникаций

Речь в данной работе пойдет об установке “плазменный фокус” (ПФ), представленной на рисунке 1, и возможных ее применениях. В данном случае на пути плазменной струи стоит пластина Ti , но в зависимости от конкретного эксперимента, пластину можно заменять другими образцами и даже различного рода конструкциями для получения нужных параметров взаимодействия плазмы с исследуемыми материалами.

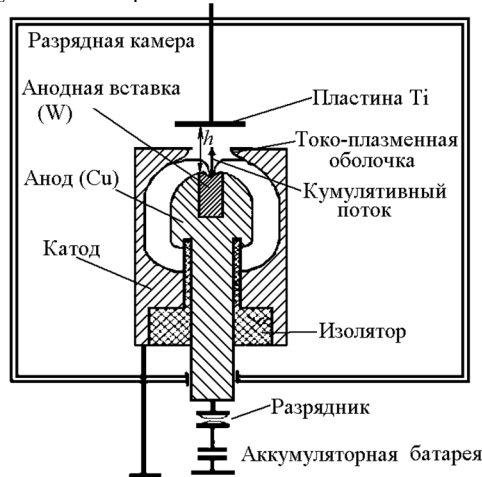


Рис. 1. Схема установки ПФ

В результате анализа некоторых экспериментальных результатов, полученных с помощью установки ПФ, были выявлены возможности применения ПФ для получения перспективных материалов и их соединений.

Все рассмотренные эксперименты выполнялись на конкретной установке ПФ (ПФ-4) в Физическом институте им. П.Н.Лебедева РАН.

Параметры установки ПФ-4:

- Максимальная энергоемкость: 3.6 - 4 кДж;
- Максимальный ток: 250 кА;

- Скорость плазменного потока: $2 - 5 \cdot 10^7$ см/с;
- Плотность потока энергии в плазменном разряде: $10^8 - 10^{10}$ Вт/см²;
- Длительность импульса: 50 нс;
- Материал анода: медь, вольфрам;

Особенностью данной установки является возможность выбора газа-наполнителя (плазмообразующий газ): дейтерий, аргон, неон, ксенон, азот, водород.

Что можно сделать с использованием установки ПФ:

- Ударное легирование неорганических твердых материалов, в том числе химически неактивными элементами;
- Соединение (сварка) твердых неорганических материалов и изделий;
- Создание омических контактов на полупроводниках и диэлектрических материалах;
- Создание нанопокровов материалов и изделий с целью придания им определенных поверхностных свойств;
- Насыщение металлов изотопами газов выше предела их растворимости в материале мишени.

Одна из возможностей ПФ – соединение материалов, которые никоим образом не взаимодействуют ни в твердом, ни в жидком состояниях. В работе [1] было показано, как можно получить соединение W-Cu, показанное на рисунке 2.

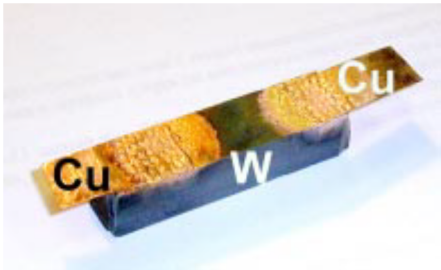


Рис.2. Соединение Cu-W, полученное с помощью установки ПФ

В работе [2] были исследованы вольт-амперные характеристики (ВАХ) контактов Cu-W. Было показано, что приведенное сопротивление контактов Cu-W при 293 К составляет $\sim 0.4 \cdot 10^{-6}$ Ом*см², при 80 К - $0.4 \cdot 10^{-7}$ Ом*см²; указанные сопротивления удовлетворяют самым высоким требованиям к омическим контактам в электрических установках и полупроводниковой электронике.

Также в работе [3] продемонстрирована возможность нанесения высокоадгезионных покрытий химически не взаимодействующих элементов путем их введения в высокотемпературную высокоплотную импульсную плазму, получаемую на установке ПФ. В результате за один эксперимент были получены вольфрамовые пластины с множеством медных контактов.

Другое направление использования ПФ состоит в получении тонких оптических покрытий металла на диэлектрических подложках (стеклах). Например, в работе [4] вольфрам напылялся на стекло. Выбор вольфрама для напыления пленок определялся, с одной стороны, широким его использованием в микро- и оптоэлектронике, газосенсорных устройствах, в качестве защитных покрытий элементов оптических систем космических аппаратов и атомных реакторов. С другой стороны, вольфрам используется в качестве анодной вставки в установках ПФ, что позволяет при напылении пленок избежать их загрязнения сторонними примесями, испаряющимися с анода. Выбор подложки – стекла – определялся, во-первых, тем, что оно до сих пор используется в качестве подложек для изготовления микросхем. Кроме того, микронеоднородности на поверхности стекол составляют менее 0.01 мкм, что имеет существенное значение при получении однородных пленок. Для изучения оптических свойств пленок также важ-

но, что стекла прозрачны и обладают малым коэффициентом поглощения в оптическом диапазоне 0.3-1.0 мкм. Некоторые выводы из данной работы: 1) напыленные пленки W сильно неоднородны в плоскости подложки. По видимому, при таком способе нанесения однородные пленки не могут быть получены из-за особенности распределения энергии в плазменном пинче и быстрого охлаждения плазмы в радиальном направлении; 2) пленки W напыляются на сильно неоднородный рельеф стеклянной подложки, который возникает при воздействии плазмы и связан с разной скоростью испарения областей, содержащих кремнезем, и более легкоплавкие фазы, обогащенные щелочными силикатами типа Na₂SiO₃, CaSiO₃ и др.

Еще хотелось бы упомянуть о специфическом влиянии ударной волны, создаваемой при импульсе ПФ, на сверхпроводники [5]. Воздействие ударных волн, генерируемых импульсной плазмой, при малом числе импульсов ($n = 15$), может приводить к стабилизации критического тока (I_c) и $T_{c\text{эфф}}$ в лентах Bi-2223. При этом может наблюдаться увеличение I_c . При большом числе импульсов плазмы ($n = 25$) имеет место значительное уменьшение I_c , связанное с механическими разрушениями в ВТСП керамике.

Помимо рассмотренных преимуществ использования ПФ, можно выделить и ряд недостатков, которые необходимо учитывать при работе с ПФ, и в дальнейшем стремиться к их устранению:

- Наблюдается интенсивное распыление материала анода, элементы которого попадают на исследуемые образцы;
- Токоплазменная оболочка воздействует на внутренние стенки установки ПФ, что добавляет нежелательные примеси, в данном случае могут лететь все примеси, присутствующие в конструкционной (нержавеющей) стали, из которой сделаны стенки ПФ;
- Неравномерность плазменного пучка: значительный градиент температуры от центра пучка к периферии;
- Пучок плазмы не идеально круглый, как хотелось бы, а имеет непредсказуемую форму от выстрела к выстрелу, зависящую к тому же от расстояния между анодом ПФ и мишенью (образцом);

Список литературы:

1. Л.И.Иванов, А.И.Дедюрин, И.В.Боровицкая, Ю.С.Авраамов, А.Д.Шляпин, О.Н.Крохин, В.Я.Никулин, А.А.Тихомиров “Ударное легирование металлов химически не взаимодействующими с ними элементами при помощи концентрированных импульсных потоков энергии”, Перспективные материалы, 2006, №5;
2. В.Н.Колокольцев, И.В.Боровицкая, Л.И.Иванов, В.Я.Никулин, М.М.Ляховицкий, В.В.Парамонова “Структура и вольт-амперные характеристики электрических контактов медь – вольфрам, полученных на установке Плазменный фокус”, Перспективные материалы, 2006, №10;
3. Л.И.Иванов, И.В.Боровицкая, Г.Г.Бондаренко, В.Я.Никулин, П.В.Горшков, Е.Н.Перегудова “Создание медных покрытий на вольфраме с использованием высокотемпературных импульсных плазменных потоков”, Перспективные материалы, 2009, №3;
4. В.Н.Колокольцев, И.В.Боровицкая, В.В.Парамонова, Г.Г.Бондаренко, В.Я.Никулин, А.Н.Майоров “Получение нанопленок вольфрама с использованием установки “Плазменный фокус””, труды XXII международной конференции “Радиационная физика твердого тела”, Севастополь, 9 – 14 июля, 2012;
5. В.Н.Колокольцев, Б.П.Михайлов, Л.И.Иванов, И.В.Боровицкая, В.Я.Никулин, Г.Г.Бондаренко, Я.А.Дорофеев “Изменение критических параметров высокотемпературных сверхпроводников Bi-2223 под действием ударных волн”, Перспективные материалы, 2011, №5.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УЛЬТРАТОНКИХ ПЛЕНОК НИТРИД НИОБИЯ NbN ДО И ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ПРОТОНАМИ

Б.В. Гончаров, *М.А. Тархов, *К.Е. Приходько
факультет Электроники и телекоммуникаций
*«НИЦ Курчатовский институт»

Известно, что воздействие облучения ионными пучками на тоноплёночные материалы приводит к изменению их атомного состава, что вызывает значительное изменение физических свойств [1,2]. В рамках такого подхода возможна реализация способа радиационно-индуцированной замены атомов одного сорта, входящих в состав исходного вещества, на атомы другого сорта, привносимых с ионным пучком. Этот метод получил название метода селективного замещения атомов (СЗА). Низкотемпературные сверхпроводящие материалы на основе ультратонких (толщиной ~ 4 нм) NbN обладают достаточно высоким $T_c \sim 13$ К и плотностью критического тока $\sim 5 \cdot 10^6$ А/см² [3]. Тем не менее облучение плёнок NbN ионизированными частицами может привести к значительным изменениям сверхпроводящих свойств.

Целью настоящей работы являлась разработка методики исследований влияния облучения ионизированными частицами на электрофизические свойства тонких плёнок NbN. Основным методом исследования был выбран измерение зависимости сопротивления от температуры до и после облучения. Типичный вид зависимости сопротивления от температуры приведен на рисунке 1 (без облучения).

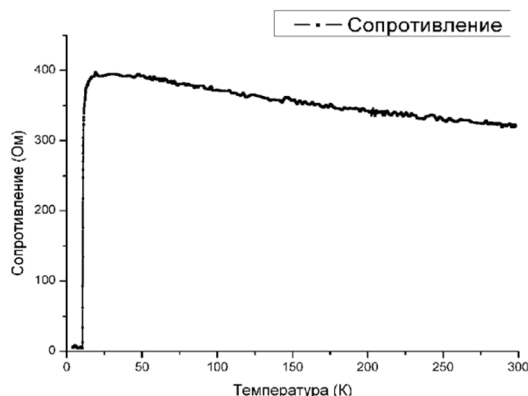


Рис. 1. Типичная зависимость сопротивления от температуры нитрида ниобия (без облучения).

Измерение зависимости сопротивления от температуры проводилось «двухконтактным» с помощью прецизионного вольтметра Lock-In SR830 Stanford research systems, термометра LakeShore 331, и источника переменного тока Keithley model 6221. Данный метод позволяет проводить измерения сопротивления образцов на переменном токе, что обеспечивает высокую точность измерения. Задаваемый ток был значительно меньше критического тока исследуемой плёнки и равен 10 мкА. Температура изменялась от 300 К до 4,2 К, путем погружения держателя с образцом в транспортный сосуд Дьюара СТГ-40 с жидким гелием.

В качестве исследуемых образцов были выбраны сплошные плёнки NbN на сапфировой подложке толщиной 4 нм. Облучение производилось протонами с энергией ~ 1 кэВ, время облучения составило 5 сек. Результаты измерений $R(T)$ приведены на рисунке 2.

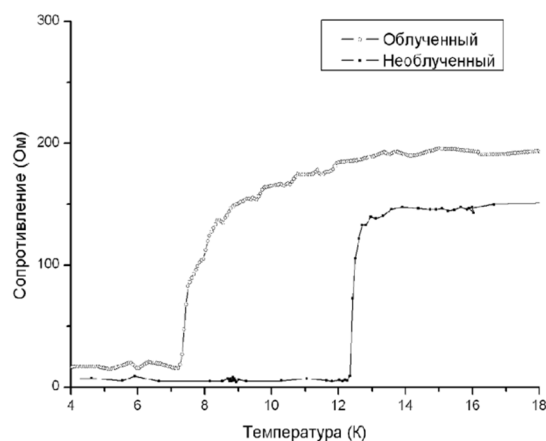


Рис. 2. Результаты измерений зависимости $R(T)$ до и после облучения.

Оценка температуры перехода в сверхпроводящее состояние (T_c , dT_c) до и после облучения, определялась из зависимости $dR(T)/dT$ от температуры. Кривые изображены на рисунке 3. По максимуму производной определяется критическая температура, а по ширине на полу-высоте производной ширина перехода в сверхпроводящее состояние.

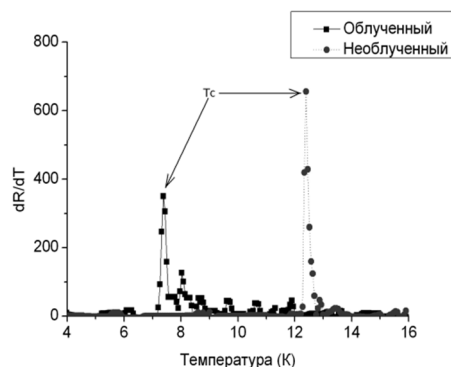


Рис. 3. Производные от кривых $R(T)$ до и после облучения.

Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерений.

№	R_{300} , Ом	T_c , К	dT_c , К
До	128	12,39	0,15
после	162	7,38	0,26

Как видно из рисунка 3, критическая температура перехода после облучения заметно упала, а ширина перехода стала шире. Облучение ионными пучками может быть использовано в технологии управления сверхпроводящими свойствами НТСИ материалов.

Выводы:

Была создана технология управления сверхпроводниковыми свойствами НТСИ материалов на основе NbN, что в свою очередь может быть использовано в прикладных целях, а именно при создании однофотонных детекторов видимого и ИК диапазонов.

Список литературы:

- Б. А. Гурович, К. Е. Приходько Физические механизмы, лежащие в основе процесса селективного удаления атомов. У ФН, 2009, том 179, номер 2, страницы 179–195.
- А. Г. Домантовский, К. И. Маслаков Создание субмикронного металического рисунка произвольной геометрии с использованием селективного удаления атомов кислорода из оксида молибдена. Письма в ЖТФ, том 34, выпуск 8.
- М. Tarkhov, J. Claudon, J. Ph. Poizat, A. Korneev, A. Divochiy, O. Minaeva, V. Seleznev, N. Kaurova, B. Voronov, A. Semenov, and G. Gol'tsman. – «Ultrafast reset time of superconducting single photon detectors» APPLIED PHYSICS LETTERS 92, 241112 2008

ЗАГРУЗКА ПРОГРАММЫ SPECTRALAB НА СОВРЕМЕННЫЕ НОУТБУКИ

Е.М. Романенко, Д.С. Кулакова
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

Информационные технологии являются основным двигателем прогресса во всех областях повседневной жизни, в том числе и метрологическом обеспечении. В настоящее время для облегчения работ по получению метрологических характеристик стали использоваться компьютерные программы, в нашей работе это «SpectraLAB», которая позволяет визуально наблюдать спектр и сонограмму измеряемого сигнала, а также найти частоту и амплитуду в любой точке с точностью до 10^{-4} для уровня сигнала.

SpectraLAB - мощный двухканальный анализатор спектра. Программа связывается с любой Windows совместимой звуковой картой, чтобы обеспечить спектральный анализ в режиме реального времени. Анализатор спектра является инструментом для преобразования сигнала из временной зависимости в частотную. Кроме того, программа SpectraLab позволяет показывать сигнал во временной области.

В данной работе рассматриваются внедряемые в учебный процесс портативные персональные компьютеры (ПК) с целью совершенствования устаревших, по большей части неремонтопригодных средств измерений лабораторных стендов.

Подключение в портативного ПК оснащенного звуковой картой, который выполняет роль АЦП, дает возможность включения в систему автоматизированного управления и, как следствие, облегчение процедуры обработки и хранения информации;

Т.к. измерительная информация поступает от струнного датчика линейных перемещений с частотно-модулированным выходным сигналом, то портативный ПК, выступает в роли Виртуального Частотно-Цифрового устройства.

При использовании SpectraLAB возникла проблема заключающаяся в том, что данная программа работает только с платформой Windows. Для решения данной проблемы предлагается установить, так называемую, виртуальную машину (VM) на портативный ПК.

Программа «виртуальная машина» была установлена на ультрабук фирмы Samsung NP530U3B и ультрабук Apple MacBook Air.

Данная программа позволяет запускать приложения, разработанные для других операционных систем, в данном случае Windows.

Что бы запустить программу SpectraLAB в виртуальной машине (VM) потребуется:

Для Mac OS X :

1. скачать любую понравившуюся программу из просторов интернета или купить.

а) платные

- VMware Fusion
- Parallels Desktop

б) бесплатные

- VirtualBox

Выбрали VMware Fusion, которая несмотря на то, что находится в разделе платные, можно скачать бесплатно.

2. Установочный диск Windows XP (можно использовать образ диска), как в нашем случае.

3. Установить саму программу «виртуальная машина»

4. После установки вылезет окно, где нажимаем на раздел создать новую виртуальную машину.

5. Далее жмем «продолжить без диска»

6. Выбираем последний пункт, то есть создаем произвольную VM, жмем «Далее.»

7. На этом шаге, мы уже выбираем какую систему хотим установить. Так же на этом шаге необходимо обращать внимание на битность! После выбора, нажимаем «Далее».

8. На этом пункте можно выбрать дополнительные параметры виртуальной машины. Или же сразу нажать кнопку «Закончить».

9. Указываем путь к файлу-образу Windows.

10. Далее компьютер виртуально, в этом черном окне, перезагружается и начнет установку выбранной операционной системы привычным способом. Т.е. так же появиться загрузчик, установка драйверов и прочее.

11. После установки Windows XP, свободно переносим программу SpectraLAB в окно виртуальной машины, устанавливаем и работаем.

Для Windows 7:

1. Скачиваем программу VirtualBox, это бесплатная и доступная программа.

2. Так как на моем ультрабуке нет дисковода, то скачиваем образ диска Windows XP.

3. Запускаем и устанавливаем программу VirtualBox.

4. Создаем новую виртуальную машину.

5. Выбираем нужные настройки для создания машины.

6. Указываем путь образа диска Windows XP.

7. После этого в новом окне программы начинается установка Windows.

8. Далее уже в самом окне, с установленным Windows, прописываем в командной строке путь к общей папке.

9. В общую папку на главном компьютере скидываем SpectraLab.

10. Открываем папку на виртуальной машине, устанавливаем SpectraLab и работаем.

В процессе работы были выявлены следующие проблемы:

- работа с командной строкой

- поиск образа диска Windows XP

Заключение

В результате использования данной программы мы решили ряд важных задач:

1. использование в учебном процессе современных цифровых технологий и автономных ЭВМ;

2. возможность использования не адаптированных для новых ПК компьютерных программ.

Тем самым мы расширим возможности по проведению исследовательских и лабораторных работ.

Так же полученные сведения будут крайне полезны при проведении лабораторных работ и при обучении студентов, так как упростит снятие, регистрацию и анализ данных, повысит наглядность проводимых исследовательских и учебных работ.

Список литературы:

1. Методические указания к лабораторной работе «Исследование характеристик модулированных сигналов» Моск. гос. ин-т электроники и математики; Сост.: А.И. Юрин, О. Нестеров. М., 2006.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКРАННО-ВАКУУМНОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В УЗЛАХ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Р.И. Рудштейн

факультет Электроники и телекоммуникаций

Одна из схем транспортно-энергетического модуля на основе ядерной энерго-двигательной установки предусматривает газотурбинное преобразование энергии с использованием теплоносителя с высокой рабочей температурой (до 1500 К). При реализации подобной схемы возникает задача обеспечения надежной транспортировки теплоносителя от реакторной установки к турбине с возможно минимальными энергетическими потерями. Трубопровод с протекающим высокотемпературным газом должен сохранять свои прочностные характеристики. Современная промышленность не выпускает трубы большого сечения (с внутренним диаметром более 0,1 – 0,2 м), имеющие требуемую конструкционную жесткость при 1500 К.

Снижение рабочей температуры трубопровода возможно путем нанесения термоизолирующих слоев на его внутреннюю поверхность. Тогда основной температурный перепад придется на эти слои, а наружная стенка трубопровода будет иметь температуру T_n , существенно меньшую температуры теплоносителя T_0 (рис.1).

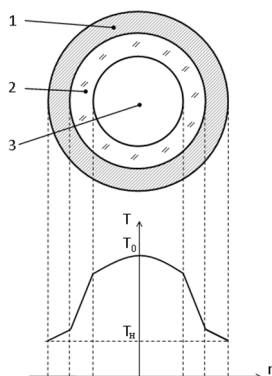


Рис. 1. Сечение трубопровода и распределение в нем температуры: 1 - трубопровод, 2 - изоляционный слой, 3 - «просвет трубопровода» T_0 - температура теплоносителя, T_n - температура наружной стенки трубопровода.

В этой связи возникает необходимость создания термической изоляции, обладающей низкой эффективной теплопроводностью, высокой термостойкостью и устойчивой к термоударам.

Альтернативу термоизоляции на основе кондуктивного барьера составляет многослойная экранная изоляция. Схема, исследуемая в настоящей работе, состоит из двух оболочек (рис.2).

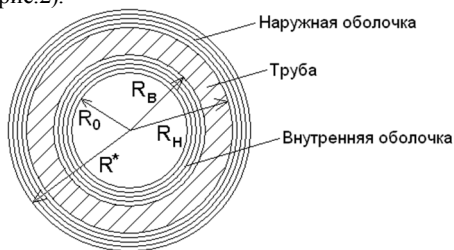


Рис.2. Двухоболочечная схема трубопровода.

$R_в, R_n$ - внутренний и наружный радиусы трубы;
 R_0 - радиус внутренней поверхности внутренней оболочки;
 R^* - радиус наружной поверхности трубопровода.

Внутренняя оболочка отделяет теплоноситель от стенки трубы, снижая ее температуру до приемлемого значения. Назначением внешней оболочки является обеспечение надежного энергосбережения системы за счет уменьшения потерь энергии на тепловое излучение с поверхности трубы в космическое пространство.

Термоизоляционный материал представляет собой последовательность слоев из тугоплавкого металла (молибдена или ниобия), отстоящих друг от друга на несколько сотен микрон. Промежутки между слоями внутренней оболочки термоизоляции заполнены газом-теплоносителем с низкой теплопроводностью λ_r , в то время как слой внешней оболочки разделяет вакуум. Металлические листы выполняют функцию экранов, т.е. создают барьер для тепловых лучей. Если поверхности листов будут обладать малым значением коэффициента излучения (степени черноты), эффективность экранирования может быть высокой. Задача сводится к определению оптимального количества экранов и расстояния между ними для внутренней и внешней оболочек термоизоляции.

Технологически такая схема может быть выполнена «сварачиванием» по спирали единого тонкого металлического листа. Обеспечить необходимые зазоры между витками спирали возможно путем продавливания в листе большого числа локальных углублений нужной высоты, равномерно распределенных по его поверхности (рис.3).



Рис. 3. Лист из тугоплавкого металла с локальными углублениями.

Преимуществами подобной схемы являются: простота конструктивного исполнения; малые термомеханические напряжения конструкции; высокий ресурс.

Проведенный анализ позволил получить выражение для необходимого количества экранных слоев n внутренней оболочки:

$$n = \frac{\lambda_r + \lambda_n}{l(T_1 - T_n)} + \frac{\sigma \varepsilon}{(2 - \varepsilon)(T_1^4 - T_n^4)} \frac{R_0}{R^*} + 1. \quad (1)$$

Здесь: λ_r - теплопроводность газа между экранами; λ_n - теплопроводность, обусловленная контактом смежных экранов; l - расстояние между экранами; $\varepsilon, \varepsilon^*$ - степени черноты экранов и наружной поверхности трубопровода соответственно; T_1, T_n - температуры первого и последнего экранов внутренней оболочки; T^* - температура наружной поверхности трубопровода.

Аналогично выражение для числа экранов внешней оболочки m , расположенной в вакууме, имеет вид

$$m = \frac{\lambda_n}{l_1} (T_n - T^*) + \frac{\sigma \varepsilon_1}{2 - \varepsilon_1} \frac{(T_n^4 - T^{*4}) R_n}{\varepsilon^* \sigma T^{*4} R^*} + 1. \quad (2)$$

Выражение (2) отличается от (1) заменой параметров внутренней оболочки на соответствующие параметры внешней оболочки.

Для практического применения формул (1) и (2) при конструировании трубопровода необходимо уточнить значения λ_n и ε . Остальные параметры ($T_1, T_n, T^*, R_1, R_n, R^*$ и др.) могут быть измерены непосредственно в ходе эксперимента либо являются справочными.

Экспериментальные исследования проводятся в два этапа. На первом этапе изучаются закономерности функционирования внешней оболочки трубопровода, определяется λ_n , оценивается влияние ε_1 . На втором этапе исследуется работа внутренней оболочки, в которой используются

найденные λ_n и ϵ_1 (если внутренняя оболочка выполнена по той же технологии, что и внешняя).

После проведения экспериментальных исследований на основании (1) и (2) становится возможным определение необходимой конфигурации двухоболочечной термоизоляции (необходимого количества экранов, а также толщин внутренней и внешней оболочек) для заданных значений температур стенки трубы и наружной поверхности трубопровода.

Список литературы:

1. Физические величины: Справочник; А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский и др.; Под ред. И. С. Григорьева, Е. 3. Мейлихова. — М.; Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.
2. Нащокин В.В.: Техническая термодинамика и теплопередача; учебное пособие для неэнергетических специальностей вузов. М. «Высшая школа», 1975

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕКРЁСТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОМЕХ В КМОП-ФД МАТРИЦЕ

Л.М. Самбурский

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

Предложена простая эмпирическая модель для схемотехнического моделирования перекрёстных электрических помех в КМОП фотодиодной (КМОП ФД) матрице. Исследована и аппроксимирована зависимость отношения заряда, накопленного в освещаемом и неосвещаемом пикселе, от величины паразитного междупиксельного тока.

Введение

Пространственное разрешение матрицы КМОП-преобразователя, как правило, ограничено перекрёстными помехами, что приводит к снижению чувствительности и возникновению дополнительного искажения изображения [1]. Пиксель обычного датчика изображения содержит фотодиод, образованный, например, карманом p-типа и эпитаксиальным слоем r-типа и через p⁺-область присоединённый к истоку МОП-транзистора сброса. При напряжении питания схемы 3–5 В (и, соответственно, при напряжении фотодиода 2–3 В) глубина залегания области обеднения p-n-перехода ФД слишком мала для того, чтобы предотвратить горизонтальную диффузию фотовозбуждённых неосновных носителей заряда, появившихся в области одного пикселя, в необеднённую эпитаксиальную область соседнего пикселя (см. рисунок 1) [2]. С уменьшением проектных норм и соответствующим уменьшением размеров пикселя эта проблема усугубляется.

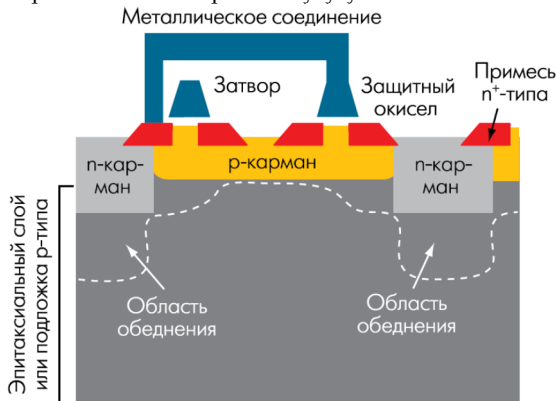


Рис. 1. Фрагмент структуры КМОП ФД пикселя

Для существенного подавления данного эффекта обычно используют два способа: изменение концентрации примеси в подложке (для ограничения диффузионной длины неосновных носителей) и внедрение ограничителей канала (см. например [3]), — которые труднодоступны в рамках стандартной КМОП-технологии [1]. Учёт данного эффекта при схемотехническом моделировании КМОП ФД матрицы позволяет оценить влияние выбранных конструктивно-технологических решений на чувствительность матрицы в целом.

Модель взаимодействия пикселей

Для схемотехнического моделирования данных помех были использованы разработанные ранее SPICE-модель фотодиода и основанная на нём SPICE-модель пикселя [4]. Обе модели построены с помощью макромоделльного подхода. Модель фотодиода включает в себя элементы и выражения, учитывающие протекание темнового и светового тока, она имеет дополнительный вывод F, напряжение которого задаёт величину поверхностной плотности мощности излучения, попадающей в ФД. Модель активного пикселя описывает четырёхтранзисторную схему с двойной коррелированной выборкой (см. рисунок 2) [5]. На чувствительном узле А пикселя под действием облучения накапливается заряд, передаваемый на выход через истоковый повторитель на транзисторах Т3-Т5. Транзисторы Т1 и Т2 управляют процедурой сброса пикселя.

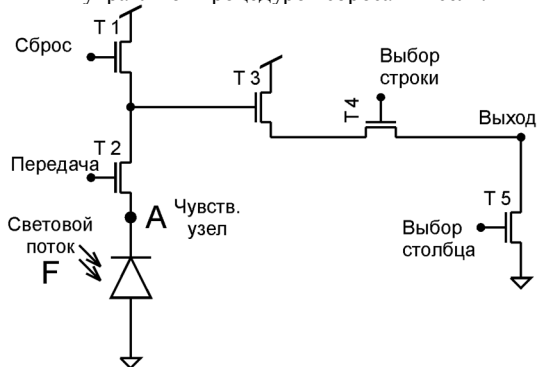


Рис. 2. Электрическая схема 4Т КМОП ФД пикселя

Для оценки величины электрической помехи в сигналах соседних неосвещаемых пикселей от одного освещаемого пикселя была построена модель взаимодействия соседних пикселей матрицы КМОП-преобразователя (см. рисунок 3). Набор параметров модели фотодиода и модели транзисторов пикселя был установлен в соответствии с результатами работы [4]. На вход F центрального пикселя подаётся электрический сигнал, соответствующий экспонированию элемента в течение 10 мс световым потоком с длиной волны 555 нм и освещённостью 10 лк.

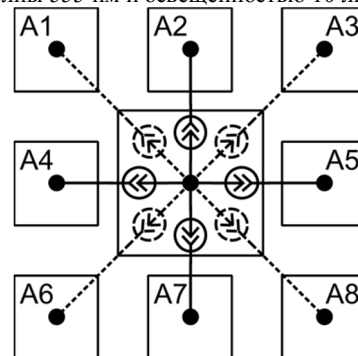


Рис. 3. Модель взаимодействия освещаемого и неосвещаемых пикселей матрицы КМОП-преобразователя, включающая источники междупиксельного тока, подключённые между чувствительных узлов пикселей

Постоянный диффузионный ток из центрального пикселя в восемь соседних пикселей учитывается включением в модель пикселя восьми постоянных источников тока. Положительные выводы источников подключаются к чувствительному узлу пикселя; отрицательные выводы источников подключаются к выводам модели пикселя, которые далее подсоединяются к чувствительным узлам восьми окружающих пикселей. Следует отметить, что диагональные направления (к элементам А1, А3, А6, А8) получают в четыре раза меньший ток, чем горизонтальные и вертикальные (А2, А4, А5, А7), что по порядку величины соответствует экспериментальным данным [6].

Исследование зависимости величины помехи от параметров модели

С помощью средств схемотехнического моделирования для разработанной модели была найдена зависимость отношения заряда, накопленного в одном из неосвещаемых (А2) пикселе $Q_{\text{темн}}$ и освещаемом $Q_{\text{св}}$ пикселе, от величины междупиксельного тока $I_{\text{мп}}$ в диапазоне отношения $Q_{\text{темн}}/Q_{\text{св}}$ до 15% (см. рисунок 4). В наиболее важном диапазоне до 10% отношение $Q_{\text{темн}}/Q_{\text{св}}$ достаточно хорошо (с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,996$) аппроксимируется линейным уравнением

$$y = 2 \cdot 10^{11} \cdot x - 0,0065,$$

а в диапазоне до 15% с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9998$ аппроксимируется квадратичным уравнением

$$y = 2 \cdot 10^{23} \cdot x^2 + 2 \cdot 10^{11} \cdot x - 0,0042.$$

На рисунке 5 приведены результаты схемотехнического моделирования полного переходного процесса работы освещаемого и одного из неосвещаемых пикселей (А2) при накоплении на А2 заряда порядка 1% от заряда освещаемого пикселя. Моделируемый процесс включает следующие этапы: сброс (60 нс), накопление заряда (10 мс), считывание (120 нс). Показаны графики изменения напряжения чувствительных узлов фотодиодов обоих пикселей. Величина падения напряжения на фотодиоде освещаемого пикселя, по результатам моделирования, составила $\Delta V_{\text{ФД,св}} = 3,45$ В, что соответствует заполненному состоянию зарядовой ёмкости в 60 тыс. электронов; для неосвещённого пикселя $\Delta V_{\text{ФД,темн}} = 0,0342$ В.

Заключение

Предложена простая эмпирическая модель взаимодействия соседних пикселей в КМОП фотодиодной (КМОП ФД) матрице, учитывающая возникновение перекрёстных электрических помех. Восемь источников постоянного тока учитывают распространение сигнала в направлении к восьми окружающим пикселям. Указанные источники тока включаются в состав модели пикселя – элемента КМОП-ФД матрицы, содержащего кроме этого модель фотодиода и транзисторные элементы сброса и считывания.

Методами схемотехнического моделирования исследована зависимость отношения заряда, накопленного на освещаемом и неосвещаемом пикселе от величины междупиксельного тока. Построена аппроксимация этой зависимости.

Разработанная модель будет использована для построения схемотехнической модели КМОП-фотоприёмной матрицы, связывающей выходной электрический сигнал массива фотоприёмных элементов с заданным пространственным распределением входного оптического сигнала.

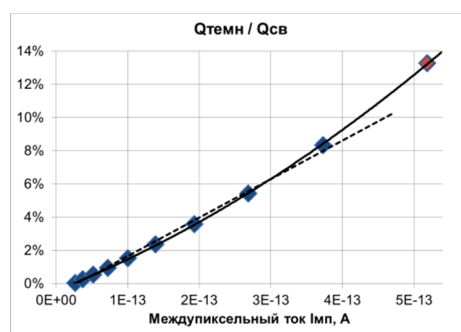


Рис. 4. Отношение заряда, накопленного в освещаемом и неосвещаемом (А2) пикселе (моделирование), в зависимости от величины междупиксельного тока: смоделированные значения (значки), линейная (пунктирная линия) и квадратическая (сплошная линия) аппроксимация

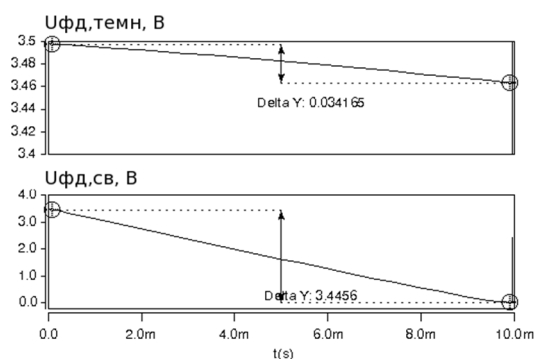


Рис. 5. Результаты моделирования напряжения чувствительного узла фотодиода неосвещаемого (сверху) и освещаемого (снизу) пикселя

Список литературы:

1. Characterization of crosstalk between CMOS photodiodes / I. Brouk, Y. Nemirovsky, S. Lachowicz et al. // Solid-State Electronics. – 2002. – № 46. – С. 53–59;
2. В Шурыгина КМОП- и ПЗС-датчики изображения // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2009. – № 3. – С. 32–39;
3. F. Ji, M. Juntunen, I. Hietanen Electrical crosstalk in front-illuminated photodiode array with different guard ring designs for medical CT applications // Nucl. Instr. And Methods in Physics Reseach Sec. A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2009. – Т. 607. – № 1. – С. 150–153;
4. Самбурский Л. М. SPICE-модели оптоэлектронных элементов для расчёта фоточувствительных КМОП-ФД БИС // 1-я Всероссийская научно-техническая конференция «Проблемы разработки перспективных микроэлектронных систем» – 2005. Сб. научных трудов. – М.: ИППМ, 2005 г. – стр. 196–203;
5. А. Стемповский, В. Шилин КМОП-фотодиодные СБИС: перспективная элементная база однокристалльных систем приёма и обработки информации // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2003. – № 2. – С. 14–20;
6. A. C. Moore, Z. Ninkov, W. J. Forrest Quantum efficiency overestimation and deterministic cross talk resulting from interpixel capacitance // Optical Engineering. – 2006. – Т. 45. – № 7. – С. 076402-1 – 076402-9.

ПОСТРОЕНИЕ ЛИТОГРАФИЧЕСКИХ ОТОБРАЖЕНИЙ В ДВУХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

М.Ю. Корначев

факультет Электроники и телекоммуникаций

Основным вопросом при решении задачи представления коллекции изображений на плоскости в литографической технологии является способ построения отображения в двумерное пространство. Подход к отображению состоит в извлечении из изображений каких-либо признаков и размещении изображений в соответствии со значениями признаков. Так как размерность признаков может в десятки и сотни раз превосходить размерность пространства отображения, то для создания двумерных отображений необходимо применять методы снижения размерности.

Методы снижения размерности обычно подразделяют на линейные и нелинейные. Линейные методы используют дискретный вариант разложения Карунена – Лоэва, называемый также методом главных компонент (PCA – Principal component analysis) [1,2]. В этом методе осуществляется поворот системы координат в исходном пространстве признаков таким образом, чтобы проекции на новые оси – главные компоненты – дисперсия всего множества была максимальной. При этом дисперсия сосредоточена большей частью в первых компонентах, что позволяет рассматривать только их, отбрасывая остальные. Метод PCA был использован при создании относительно небольшого числа систем [3].

К нелинейным методам снижения размерности относят методы, с помощью которых производится отображение множества векторов многомерного пространства в пространство малой размерности (как правило, двух- или трёхмерное) с сохранением, по возможности, расстояний между ними. Все подобные методы пытаются минимизировать некоторую функцию потерь, характерную величину рассогласования расстояний между первоначальными и полученными векторами в пространстве малой размерности. В случае если в литографической технологии функцию потерь задают в виде [4]

$$\varepsilon = \frac{1}{\sum_{i < j} d_{ij}} \cdot \sum_{i < j} \frac{(d_{ij} - d_{ij}^*)^2}{d_{ij}} \quad (1)$$

(здесь d_{ij} и d_{ij}^* – расстояние между объектами i и j , соответственно, в многомерном и двумерном пространстве, N – количество объектов), её называют ошибкой Сэммона, а соответствующий метод снижения размерности называют методом двумерного отображения Сэммона [5].

Изображение элемента на фотошаблоне



Изображение элемента на фоторезисте



Рис. 1. Коррекция оптической близости на примере T-образного и Г-образного элементов интегральной схемы.

Задача снижения размерности в литографической технологии на практике реализуется коррекцией оптического эффекта близости в процессе проектирования промежуточных шаблонов с размерами элементов меньше длины

волны экспонирующего излучения проекционной установки [6].

При экспонировании микроизображения с размерами, равными и меньшими предельного размера по Рэлею – Аббе, изображение претерпевает различного рода искажения. Это сужение или недоэкспонирование узкой длинной линии, сокращение и округление её концов, заплывание узких зазоров и острых углов. С этими искажениями можно бороться, создавая упреждающие компенсирующие их элементы на фотошаблоне. Один из типичных случаев на примере T-образного и Г-образного элементов топологии [7] (рис. 1).

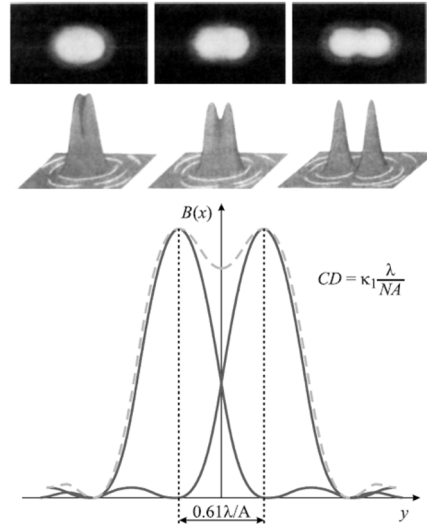


Рис. 2. Изображение светящихся точек разрешимых по Рэлею – Аббе.

Здесь используются угловые засечки для уменьшения скруглений и предотвращения укорачивания элементов рисунка, а также локальные изменения ширины линии для предотвращения её сужения. Эти элементы позволяют воспроизвести необходимую структуру микрорисунка интегральной схемы при размерах существенно меньших, чем «релеевский», вычисленный для заданной длины волны и числовой апертуры по формуле Рэлея (рис. 2).

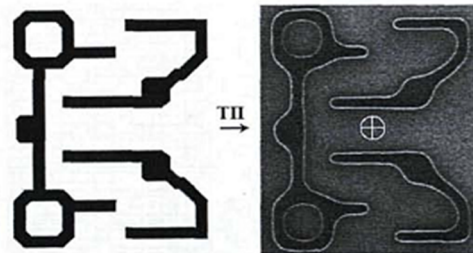


Рис. 3. Фрагмент исходной топологии и фрагмент после травления

Иначе говоря, коррекция оптического эффекта близости заключается в проектировании топологии СБИС, которое позволит учесть деструктивное воздействие эффектов дифракции и интерференции, возникающих в проекционных системах, когда размеры элементов меньше «λ» [8]

(рис. 3).

При этом исходная топология моделируется, проводится анализ полученного контура, и в местах несоответствий вводится обратная коррекция, процесс проводится итеративно до достижения заданных параметров [9] (рис. 4).

Ещё одним решением, приводящим к снижению размерности в литографической технологии, является использование фазосдвигающих элементов в структуре маски – фотошаблона.



Рис. 4. Фрагмент исходной топологии и фрагмент после травления

Введение искусственного фазового сдвига – это один из мощнейших приемов для работы с размерами элементов ИС, находящимися за гранью дифракционного предела. Метод состоит во введении в структуру фотошаблона дополнительных элементов, или в вытравливании канавки, сдвигающей фазу проходящего света. Идея может быть проиллюстрирована на (рис. 5), из которого видно, что волна электромагнитного излучения, проходящая сквозь фотошаблон на двух смежных участках микрорисунка, может проинтерферировать деструктивно и, в случае разности фаз в 180 deg , привести к нулевому значению сигнала. Для этого либо вытравливается прямоугольная канавка в материале основы фотошаблона, либо наносится слой прозрачного материала с заданной толщиной и определенным коэффициентом преломления $n > 1$. К числу наиболее эффективных средств, снижения размерности, следует отнести элементы типа „фазовой границы“, но они годятся, прежде всего, для создания одиночных тонких линий.

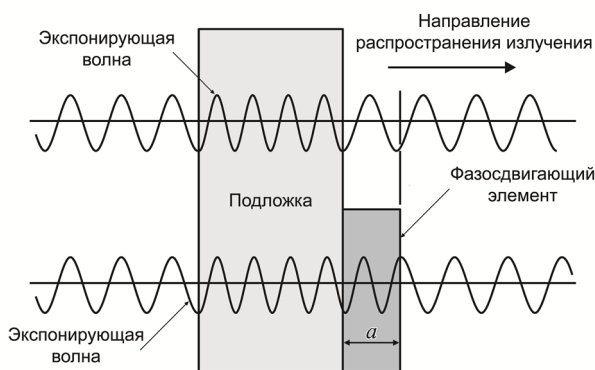


Рис. 5. Иллюстрация принципа работы маски с фазовым сдвигом

К числу наиболее успешных средств снижения размерности в литографической технологии также относят метод иммерсионной литографии.

Первого успеха в применении иммерсионной литографии удалось добиться с простой водой, которую необходимо впрыснуть в промежуток между объектом и полупроводниковой пластиной. Вода вполне прозрачна на длине волны 193 нм и имеет при этом коэффициент преломления $n = 1,44$. Соответственно длина волны эксимерного лазера в иммерсионной среде составит не 193 , а 134 нм . Числовая апертура объектива может быть вычислена как $NA = n \cdot \sin \alpha$. Близкая к пределу наилучшая полученная величина числовой апертуры изображающего объектива на воздухе NA_0 составляет сегодня $0,95$, что с водяной иммерсией даст $NA = n \cdot NA_0$, или $1,368$. Использование воды привело к существенному падению выхода годных чипов по причине выделения растворенных в ней газов в форме пузырьков, что заставляло некоторые фирмы до поры до времени воздерживаться от иммерсирования, пока не нашлись достаточно эффективные средства борьбы с их образованием. Более того, нашлись иммерсионные жидкости с коэффициентом преломления большим, чем у воды, но по разным причинам они на сегодняшний день не нашли применения.

Двойное экспонирование и двойное „паттернирование“, или двойное создание микрорисунка, появились в арсенале средств снижения размерности в литографической технологии относительно недавно, но именно их применению микроэлектроника обязана наивысшими достижениями в уменьшении критических размеров элементов ИС. Двойное экспонирование сводится к применению двух фотошаблонов с различными дополняющими друг друга микрорисунками при экспонировании одного и того же слоя фоторезиста.

Двойное „паттернирование“ — это более радикальный прием, он состоит в поочередном создании двух взаимодополняющих микрорисунков, задаваемых парой согласованных фотошаблонов, при этом фоторезист наносится, экспонируется и проявляется дважды, образуя два встроженных один в другой микрорисунка.

Введение коррекции оптического эффекта близости, искусственного фазового сдвига, иммерсирования а также двойного экспонирования и паттернирования невозможно без точных и стабильных методов отображения коллекции изображений в двухмерное пространство.

Список литературы:

1. Вишняк Г.П., Жуков В.А., Певзнер Э.Г. [и др.] Атлас цветов – М.: Экспериментальная типография ВНИИ полиграфии, 1986.
2. Мясников, Е.В. Нейросетевые алгоритмы кластеризации и подсчета цветовых изображений / Е.В. Мясников // Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ-2006). Труды научно-технической конференции с международным участием. Том 2. – Самара, 2006. – С. 118-123.
3. Фукунага, К. Введение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фукунага - М.: Наука, 1979. - 367с.
4. Мясников Е.В. Разработка метода навигации по коллекциям цветных изображений / Труды 9-ой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы, технологии, электронные коллекции» - RCDL' 2007, г. Переславль-Залесский, Россия, 15-18 октября 2007. –С. 185-194.
5. Мясников, Е.В. Навигация по коллекции цифровых изображений на основе метода автоматической классификации / Е.В. Мясников // Интернет-Математика 2007: сборник работ. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2007. – С. 144-152.
6. Родионов И.А. Методы коррекции оптических эффектов близости // Научно-технические технологии и интеллектуальные системы 2007: Сборник трудов 9-ой Всероссийской научно-технической конференции. М. 2007. С. 174-178.
7. Сейсян Р.П. Нанолитография в микроэлектронике // Журнал технической физики. – 2011. - Т. 81, - В. 8 С.1-5.
8. Родионов И.А., Макаруч В.В. Коррекция оптических эффектов близости при проектировании микросхем // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2007. №3. С. 30-32.
9. Родионов И.А. Исследование влияния параметров технологического процесса литографии на минимальные критические размеры элементов, получаемых на кремниевой пластине // Научно-технические технологии и интеллектуальные системы 2007: Сборник трудов 9-ой Всероссийской научно-технической конференции. М. 2007. С. 219-224.

ПРИНЯТИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ИЗ РЯДА НЕДОМИНИРУЕМЫХ АЛЬТЕРНАТИВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЛИТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

М.Ю. Корначёв

факультет Электроники и телекоммуникаций

Современные технологии замедляются не столько отсутствием научных достижений и инженерных идей, сколько сроками их реализации и неудовлетворительным качеством конструкторско-технологической разработки.

Одним из направлений решения этой проблемы является создание и развитие систем поддержки принятия технических решений при разработке литографических процессов изготовления интегральных схем.

Разрабатывая алгоритм выбора технического решения в литографической технологии, применим наиболее часто используемую меру неопределенности – энтропию, обозначив через p_i вероятностную функцию распределения – $\sum_{i=1}^m p_i \ln p_i$ (1)

Чтобы выразить нечеткое множество H_i через распределение вероятностей, установим

$$p_i^{(k)} = \frac{f_{H_i}(x_i^{(k)})}{\sum_{i=1}^m f_{H_i}(x_i^{(k)})} \quad (2)$$

где $p_i^{(k)}$ – оценка степени принадлежности $x_i^{(k)}$ нечеткому множеству H_i . Так что теперь мы можем определить неопределенность по i -му атрибуту как функцию энтропии

$$e_i = -M \sum_{k=1}^n p_i^{(k)} \ln p_i^{(k)} \quad (3)$$

где M – нормирующая константа, допускающая максимальное значение e_i , равное 1. Фактически, e_i максимальное, если $p_i^{(k)} = \frac{1}{m}$, следовательно,

$M = \frac{1}{\ln m}$ и $0 \leq e_i \leq 1$. Общая неопределенность получается путем суммирования неопределенностей по каждому атрибуту [1]

$$E = \sum_{i=1}^n e_i = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m p_i^{(k)} \ln p_i^{(k)} \quad (4)$$

В расстоянии между двумя альтернативами технических решений в литографической технологии весовые коэффициенты, зависящие от неопределенности, будут малы, если неопределенность высока. Высокое значение неопределенности относительно некоторого i -го атрибута означает, что довольно большое количество альтернатив имеет близкие по значению коэффициенты сатисфакции относительно этого i -го атрибута и поэтому решение о выборе некоторой альтернативы не будет существенно зависеть от этого атрибута. Другими словами, i -ый атрибут, не отличающийся по большинству альтернатив, имеет более существенное значение для принятия технического решения. Определим коэффициент сатисфакции согласно работе [2], как

$$\bar{S}_i = \frac{1 - e_i}{\sum_{i=1}^n (1 - e_i)} = \frac{1 - e_i}{n - E}, \quad 0 < n < 1. \quad (5)$$

Отметим, что когда неопределенность соответствующая i -му атрибуту, высока, то e_i близко к 1 и коэффициент \bar{S} мал.

Пусть w_i – относительные веса по важности, назначенные экспертом i -му атрибуту априори. Тогда комбинированный весовой коэффициент можно определить как

$$S_i = \frac{S_i w_i}{\sum_{i=1}^n S_i w_i}, \quad 0 < n \leq 1. \quad (6)$$

Мера того, насколько удалена $A^{(k)}$ от идеальной альтернативы $A^{(*)}$, соответствует тому, насколько значения атрибутов $A^{(k)}$ удовлетворяют субъективным целевым представлениям эксперта. Введем понятие дополнения нечеткого множества H_i , которое будем обозначать U_i , и для которого выполняется

$$f_{U_i}(x_i^{(k)}) = 1 - f_{H_i}(x_i^{(k)}).$$

Итак, если необходимо определить, на сколько удалены друг от друга альтернативы $A^{(k)}$ и $A^{(*)}$ по i -му атрибуту, то можно увидеть это по степени неудовлетворенности эксперта значением i -го атрибута для $A^{(k)}$, то есть определим

$$Dis^{(i)}[A^{(*)}, A^{(k)}] = S_i f_{U_i}(x_i^{(k)}), \quad (7)$$

и тогда

$$Dis^{(i)}[A^{(*)}, A^{(k)}] = \left[\sum_{i=1}^n (Dis^{(i)}[A^{(*)}, A^{(k)}])^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (8)$$

Здесь значение $Dis^{(i)}$ характеризует функцию различимости по каждому отдельному i -му атрибуту, а $Dis(A^{(*)}, A^{(k)})$ соответствует среднеквадратичному отклонению $Dis^{(i)}$. Нашей целью является выбор альтернативы $A^{(k_0)}$, которая максимально близка к $A^{(*)}$ [3]

$$Dis[A^{(*)}, A^{(k_0)}] = \min_k Dis[A^{(*)}, A^{(k)}]. \quad (9)$$

Можно ввести дополнительные метрики, в выборе которых может быть заинтересован пользователь, например:

$$Dis_{(1)}[A^{(*)}, A^{(k)}] = \sum_{i=1}^n S_i f_{U_i}(x_i^{(k)}), \quad (10)$$

Или

$$Dis_{(2)}[A^{(*)}, A^{(k)}] = \max_i \{S_i f_{U_i}(x_i^{(k)})\}. \quad (11)$$

Если сформировано множество недоминируемых альтернатив технических решений, то для осуществления окончательного выбора на этом множестве применим метод, описанный выше.

Из алгоритма видно, что на первом этапе пользователю предоставляются все имеющиеся недоминируемые альтернативы, на основе чего он назначает идеальную альтернативу. Далее пользователем задаются $f_{H_i}(x_i^{(k)})$ характеризующие предпочтительность k -ой альтернативы по i -му атрибуту для $\forall k, i$. Затем происходит ввод весовых коэффициентов w_i , определяющих относительную важность i -го атрибута.

После выполнения всех расчетов, эксперту предоставляются значения $Dis[A^{(*)}, A^{(k)}]$ и соответствующее им решение $A^{(k_0)}$. Если полученное решение не удовлетворяет эксперта, то последует переход к этапу назначения пользователем $f_{H_i}(x_i^{(k)})$ [4].

Таким образом, разработанный алгоритм принятия технических решений, используемый при разработке систем поддержки принятия решений в литографической ультрафиолетовой технологии обеспечивает рациональный выбор параметров литографического оборудования, а также методов построения и коррекции изображения фотошаблона в проекционных литографических системах.

Список литературы:

1. Слободин М. Ю., Царёв Р.Ю. Компьютерная поддержка многоатрибутивных методов выбора и принятия решения при проектировании корпоративных информационно-управляющих систем // СПб.: Инфо-да, 2004. – С 85 – 91.
2. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. и др. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
3. В.А. Васин, А.С. Вишнеvский, Е.Н. Ивашов, С.В. Степанчиков. Информационная технология в проектировании пластин плотной записи для накопителей на жестких магнитных дисках. – М.: Издательство НИИ ПМТ, 2010. – 227с.
4. Вишнеvский А.С., Домась К.И., Тхань Н.Д., Бинь Л.Т. Математическая модель и алгоритм принятия решения для недоминируемых альтернатив // Системы управления и информационные технологии, 2008, № 2.3 (32). – С. 336-339.

УВЕЛИЧЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДА СТОЯЧИХ РЕНТГЕНОВСКИХ ВОЛН ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ БИООРГАНИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

А.В. Рогачев

факультет Электроники и телекоммуникаций

В работе представлен способ, позволяющий увеличить чувствительность метода стоячих рентгеновских волн при исследовании биоорганических объектов на синхротронной станции «Ленгмюр».

Синхротронная станция «Ленгмюр», расположенная на ускорительно-накопительном комплексе «Сибирь 2», предназначена для исследования органических и биомолекулярных пленок Ленгмюра-Блоджетт на поверхности жидкости с применением методов стоячих рентгеновских волн и рентгеновской рефлектометрии.

Белково-липидные пленки, сформированные на жидкой субфазе, представляются особенно интересными объектами для исследований. Это связано с тем, что по своему составу и морфологии эти системы представляют адекватную модель клеточных мембран. Одним из самых востребованных методов при изучении подобных образцов является метод стоячих рентгеновских волн, который заключается в том, что форма угловой зависимости выхода вторичных излучений строго зависит от положения атома источника вторичного излучения внутри пленки. Это дает принципиальную возможность получать информацию о положении атомов определенного сорта внутри пленки напрямую из анализа экспериментальных угловых зависимостей выхода вторичного излучения.

Детектирование флуоресцентных сигналов с низкой интенсивностью, характерных для органических монослоев, в присутствии сильного фонового сигнала не всегда представляется возможным. При скользких углах падения рентгеновского излучения на поверхность жидкости, не превышающих значения критического угла полного внешнего отражения, большая часть излучения отражается от границы воздух-жидкость. Фоновый сигнал обусловлен рассеянием рентгеновского излучения на воздухе, а также флуоресценцией аргона, входящего в состав воздушной смеси. Очевидно, что проведение экспериментов в атмосфере гелия, электронная оболочка которого состоит всего из двух электронов, позволяет почти на порядок снизить общий уровень фонового сигнала в энергодисперсионных спектрах флуоресцентного излучения. Кроме того, снижается интенсивность пика флуоресцентного сигнала от атомов аргона. Таким образом, для снижения уровня фонового сигнала необходимо создание вокруг ленгмюровской ванны замкнутого объема с возможностью создания гелиевой атмосферы.

Для реализации системы создания и поддержания заданной газовой атмосферы необходимо установить защитный колпак над кюветой ленгмюровской ванны, а также обеспечить подачу газа с регулировкой потока, контроль состава внутренней атмосферы под колпаком и увлажнение поступающего газа, для поддержания условий формирования монослоев.

Конструкция разработанного защитного колпака отвечает следующим требованиям:

- возможность размещения во внутреннем пространстве ленгмюровской ванны с подвижным барьером и весами Вильгельми;
- возможность визуального наблюдения состояния ленгмюровской ванны;
- наличие рентгенопрозрачных окон для ввода и вывода излучения;

- возможность установки флуоресцентного энергодисперсионного детектора;
- герметичность всей конструкции;
- возможность создания и поддержания заданной газовой атмосферы.

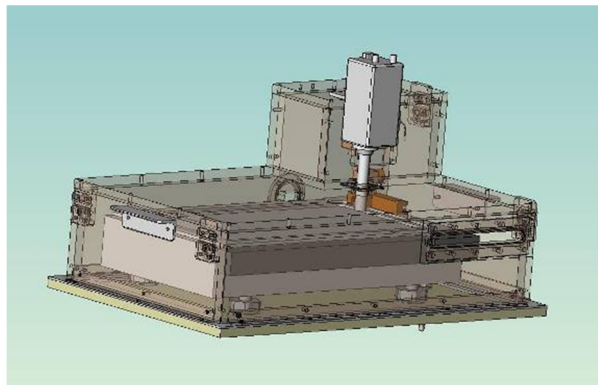


Рис.1. Конструкционный чертеж разработанного защитного колпака.

Конструкция защитного колпака основана на габаритах существующей ленгмюровской ванны со всеми аксессуарами. Стенки колпака выполнены из плексигласа толщиной 10 мм. Стыки между отдельными элементами конструкции проклеены соответствующим клеем и усилены винтовыми соединениями. На передней поверхности предусмотрено окно размером 1.5x4см для ввода рентгеновского излучения и штуцер для подачи гелия. На задней поверхности размер окна составляет 1.5x20см для возможности вывода как зеркальной компоненты, так и дифракционной компоненты рассеяния. Окна закрыты металлизированной пленкой майлара на основе синтетического полиэфира волокна, прозрачной для рентгеновского излучения. На поверхности колпака предусмотрен узел крепления энергодисперсионного детектора. Ленгмюровская ванна установлена на нижнюю платформу, в которой предусмотрен штуцер для вывода газа. Нижний периметр защитного колпака герметизирован мягкой резиновой прокладкой для создания разборной конструкции.

Увлажнение поступающего газа осуществляется за счет прохождения через водный барьер. Контроль атмосферы под колпаком производится при помощи датчика содержания кислорода.

В результате использования защитного колпака, создающего герметичный объем вокруг образца, удалось исключить попадание пыли на поверхность субфазы, снизить колебания поверхности водной субфазы, а также создать гелиевую атмосферу вокруг исследуемого образца, что привело к увеличению чувствительности экспериментальной методики.

МЕТОДИКА ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ ПОСРЕДСТВОМ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

М.А. Береговая

факультет Электроники и телекоммуникаций

Необходимость выполнения данной работы связана с инновациями в области компьютерных и мобильных технологий.

В данной работе рассматриваются возможности мобильного смартфона iPhone 4s, на базе операционной системы iOS 6.1, для того чтобы понять насколько в данный

момент времени можно использовать персональный смартфон и заменить его по функционалу с ПК.

В работе представлены результаты исследований эффективности новых информационных технологий в учебном процессе.

Применение таких технологий в учебном процессе может сделать учебу более наглядной, позволит своевременно находить нужную информацию, иметь ее всегда под рукой, редактировать и составлять информацию непосредственно в ходе работы.

В процессе работы рассматривались следующие проблемы:

- Получение навыков работы с мобильным средством информационных технологий (ИТ) – смартфоном iPhone 4s, на базе операционной системы iOS 6.1, для решения задач контроля и управления качеством измерений.

- Получение практических навыков в чтении и редактировании разных форматов файлов на экране смартфона

- Рассмотрение возможных программ для работы на смартфоне

В течение отчетного периода были рассмотрены возможности смартфона.

Смартфон - это мобильный телефон, работающий на своей операционной системе.

Отличительной особенностью смартфона от телефона является наличие достаточно развитой операционной системы. Это даёт возможность устанавливать дополнительные приложения, расширяющие возможности устройства, которые могут создаваться как фирмой, выпускающей смартфон, так и сторонними разработчиками, а так же самим пользователем. Так же было произведено исследование с уже имеющимися файлами, открытие чтение и редактирование их на смартфоне.

В работе рассмотрены такие программы как: «Mobile Office Suite», «Smart Office 2», «Think office mobile», «Documents to Go» и «Master in 24h», загруженные из App Store.

App Store — магазин приложений, раздел онлайн-супермаркета iTunes Store, содержащий различные приложения для мобильных телефонов iPhone, плееров iPod Touch и планшетов iPad и позволявший их купить, либо скачать бесплатно.

В работе в основном были задействованы следующие программы:

Microsoft Office Word — текстовый процессор. Позволяет подготавливать документы различной сложности. Поддерживает OLE ((англ. Object Linking and Embedding, произносится как oh-lay [олэй]) — технология связывания и внедрения объектов в другие документы и объекты, разработанные корпорацией Майкрософт.), подключаемые модули сторонних разработчиков, шаблоны и многое другое. Продукт занимает ведущее положение на рынке текстовых процессоров, и его форматы используются как стандарт де-факто в документообороте большинства предприятий.

Microsoft Office Excel — табличный процессор. Поддерживает все необходимые функции для создания электронных таблиц любой сложности.

Обозначенное направление представляется перспективным с точки зрения повышения качества образовательного процесса. Проведён анализ рынка и выделены направления дальнейших исследований.

Выполнена экспериментальная проверка работы смартфона с файлами и поиска нужной информации в сети Интернет, которая показала удобство использования устройства, а именно пакетов программ Word, mini Opera,

Excel, Adobe PDF и экономии времени и средств, затрачиваемых в учебном процессе.

iPhone 4s, на базе операционной системы iOS 6.1 позволяет выполнять работу по поиску и обработке нужной информации в любом удобном месте, т.к. студент больше не привязан к стационарному компьютеру.

В частности, были рассмотрены «Mobile Office Suite» и «Smart Office 2», произведено сравнение их по функционалу и выявлены недочеты программ.

После проведенного исследования можно сделать вывод, что представленные выше программы могут помочь в работе, при отсутствии под рукой ПК.

Так же можно сделать вывод, что бесплатные программы имеют достаточно большой функционал, но все же для полноценной работы и замены компьютера, более подойдут платные программы, так как в них намного больше возможностей и удобства в использовании.

Применение смартфонов существенно бы сократило время выполнения заданий и расчетов, позволило бы преподавателю принимать и отправлять работы студентам «по факту», без привязки к стационарным компьютерам, а в нашем случае – к целым классам ВЦ МИЭМ. К тому же интерфейс довольно прост, любой студент способен его освоить в предельные сроки. Многие уже используют Смартфоны в повседневной жизни, а их меню не на много отличается от обычного телефона, так как Смартфон (англ. smartphone — умный телефон) — это мобильный телефон, работающий на своей операционной системе.

Так как возможности смартфона iPhone 4s, на базе операционной системы iOS 6.1 ограничены только умственными способностями его обладателя, то повышение качества образовательного процесса зависит только от разработки ПО для смартфонов и степени обучаемости будущего специалиста.

Разработаны рекомендации по внедрению в учебный процесс мобильных информационных технологий.

Проведен анализ возможностей смартфона при использовании в задачах исследования погрешности измерений при аттестации концевых мер длины и при контроле толщины полимерной пленки

Список литературы:

1. Скачко Н.Ю. Мобильные средства информационных технологий в системах управления качеством // Матер. XV между. студ. шк.-сем. «Новые информационные технологии». – М.: МИЭМ – 2007. – С. 311-312
2. Nokia_1.doc
3. apple.com/itunes/ - Официальный сайт Apple.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ КАЧЕСТВА И СЕРТИФИКАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ БАЗЫ ДАННЫХ

Н.С. Гуртиков

факультет Электроники и телекоммуникаций

В настоящее время нашу жизнь трудно и почти невозможно представить без электронно-вычислительных машин, именуемых компьютерами. Возможности ЭВМ, можно сказать, безграничны, и именно поэтому они охватывают все без исключения сферы человеческой деятельности, включая науку. Более того, именно в науке современные технологии, которые обеспечиваются компьютером, играют важную роль на всех этапах научной деятельности от задумки и технического задания до проектирования и эксплуатации.

В работе представлены результаты исследования целесообразности, эффективности и дальнейшей перспективы

применения баз данных для метрологического обеспечения систем качества и сертификации.

Подготовка данной лекции преподавателем состоит в том, чтобы изменить, переконструировать учебную информацию по теме лекционного занятия в визуальную форму для представления студентам через технические средства обучения (схемы, гистограммы, графики и т.п.)

К этой работе могут привлекаться и студенты, у которых в связи с этим будут формироваться соответствующие умения, развиваться высокий уровень активности, воспитываться личностное отношение к содержанию обучения [1].

Применение баз данных в учебном процессе и в научной деятельности упрощает и систематизирует процедуру записи и обработки результатов, обеспечивает удобство дальнейшего хранения полученных протоколов исследований, исключает посредством присвоения имен ячеек путаницу с поиском необходимого протокола, повышает оперативность контроля над выполнением необходимых норм, создает возможность для беспрепятственного чтения на любом компьютере посредством офисных программ и, наконец, сводит к минимуму возможные погрешности субъективного характера при заполнении баз данных.

В течение отчетного периода была создана база данных, содержащая протоколы лабораторных исследований по проведению измерений с многократными наблюдениями, по исследованию систематической погрешности, по определению толщины неизвестного объекта (магнитной пленки и магнитной пленки в пакете), а также по аттестации концевых мер длины.

Основным программным пакетом, используемым в работе для создания, последующей обработки и усовершенствования базы данных, является пакет Microsoft Office. Microsoft Office – офисный пакет приложений, созданных корпорацией Microsoft для операционных систем Microsoft Windows и Apple Mac OS X. В состав этого пакета входит программное обеспечение для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, базами данных и др.

В ходе создания базы данных особое внимание было уделено программе для работы с электронными таблицами Microsoft Office Excel.

Microsoft Office Excel является табличным процессором, поддерживающим все необходимые и достаточные функции для создания простых и понятных любому пользователю баз данных. Кроме того, стоит отметить, что базы данных в виде электронных таблиц создаются довольно быстро, не требуют специальной подготовки исполнителя и не занимают много места на персональном, планшетном, портативном компьютере или на другом устройстве, поддерживающим формат .xls (Microsoft Office Excel 2003, Microsoft Office Excel 2007) или .xlsx (Microsoft Office Excel 2010).

В частности, имеющиеся в наличии протоколы исследований выделяются цветом, как и отсутствующие по тем или иным причинам, для наглядности, понимания и эстетичности заполнения баз данных, посредством функции Условного форматирования, присваивание имен ячейкам – функция Присвоить имя, расчет общего количества и выполненных персонально каждым протоколов лабораторных исследований – функция СУММ из Мастера функций, а также другие инструменты Microsoft Office Excel.

В созданной базе данных цветами выделены ячейки, отвечающие за выполнивших лабораторные исследования операторов, за непосредственно протоколы лабораторных исследований, а также за даты выполнения измерений и их обработки.

Каждому оператору присвоен персональный номер, по которому он (оператор) идентифицируется и доступен для поиска.

В целях повышения эффективности оценивания итогов работы операторов в течение отчетного периода были рассчитаны индексы выполнения работ в процентном соотношении.

Изложенный выше подход к выполнению измерений и их последующей обработке, иначе говоря, к оформлению и последующему хранению протоколов лабораторных исследований значительно снижает затраты на бумагу и пишущие материалы, а также на обновление содержания необходимых материалов и на создание рукописного архива для протоколов.

Направления развития

- Создание более совершенной системы тестов для проверки квалификации исполнителей.

- Решение проблемы автоматизации проверки выполненных заданий на оригинальность (проверка на плагиат) с установлением процентного соотношения уровня оригинальности.

- Разработка образцовых протоколов для проверки качества выполнения метрологических исследований и тестирования программного обеспечения.

- Совершенствование базы данных путем создания на рабочем месте, закрепленном за оператором, программы обновляющей данные о получении протоколов в режиме реального времени

- Создание общего сайта для нахождения на нем базы данных: возможность доступа к ней не только операторов с одного предприятия, но и с других, сходных по профилю

- Создание защиты от размещения неподходящей информации, спама и прочих неактуальных файлов

- Усовершенствование базы данных посредством добавления программных объектов – макросов, существенно упрощающих процедуру заполнения электронной таблицы

Список литературы:

1. Скачко Н.Ю., Гудина В.Г., Платонова Т.А. Информационные сетевые технологии в учебном процессе //Матер. 63-й научной сессии, посвященной Дню Радио. Москва, 2008 г

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИИ В ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЕ

В.П. Семёнов

факультет Прикладной математики и кибернетики

Пылевая плазма представляет собой ионизированный газ, содержащий заряженные частицы конденсированного вещества. Она широко распространена в космосе (в хвостах комет, межпланетных и межзвездных облаках, вблизи космических аппаратов и т.д.), а так же активно исследуется в лабораторных условиях. Одной из основных прикладных задач, связанной с пылевой плазмой, является проблема удаления пылевых частиц при производстве компьютерных микросхем методами плазменных технологий, для решения которой необходимо глубокое понимание физических процессов в газоразрядной пылевой плазме.

В данной работе рассматривается плазма в газовых разрядах с малой ионизацией.

1. Система уравнений движения пылевых частиц.

Частицы взаимодействуют между собой по экранированному кулоновскому потенциалу

$$U(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2) = \frac{Q_1 Q_2 \exp(-k|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|)}{|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|}, \quad (1)$$

где Q_1 и Q_2 – заряды частиц, \mathbf{r}_1 и \mathbf{r}_2 – их радиус-векторы, а k – параметр экранизации. Таким образом сила, действующая на i -ую частицу, со стороны других частиц, выражается в виде

$$\mathbf{F}_i^1 = -\sum_j \frac{\partial U_{ij}(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j)}{\partial \mathbf{r}_i}. \quad (2)$$

На частицы действует нейтральный газ согласно термостату Ланжевена, то есть сила, действующая на частицы со стороны нейтрального газа, описывается как

$$\mathbf{F}^2 = -m\gamma \dot{\mathbf{r}} + \sqrt{m\gamma k_B T} \mathbf{h}(t). \quad (3)$$

где m – масса частицы, γ – коэффициент трения, k_B – постоянная Больцмана, T – температура нейтрального газа, dt – шаг интегрирования, $\mathbf{h}(t)$ – случайная нормально распределенная сила. Генерирование случайной силы производится по двум формулам Бокса-Мюллера:

$h = \cos(2\pi\varphi)\sqrt{-2\ln r}$ и $h = x\sqrt{\frac{-2\ln s}{s}}$, где φ и r – случайные величины равномерно распределенные на промежутке $(0,1]$, $s = x^2 + y^2$, x и y – случайные величины равномерно распределенные на отрезке $[-1,1]$, на s накладывается ограничение $0 < s \leq 1$.

Так как рассматриваются разреды, ионизация в которых очень мала, то влиянием электронов и ионов можно пренебречь, а заряд частицы считать постоянным.

Согласно этим формулам строится система уравнений, описывающих движение частиц.

$$m\ddot{\mathbf{r}}_i = \mathbf{F}_i^1 + \mathbf{F}^2 \quad (4)$$

2. Вычисление коэффициента диффузии.

Для численного интегрирования используется скоростная схема Верле. Исходя из полученных данных вычисляется коэффициент диффузии по формулам Эйнштейна (5) и Грина-Кубо (6).

$$D = \frac{\langle \Delta r^2 \rangle}{6t} \quad (5)$$

$$D = \int_0^\infty \langle v^x(0)v^x(\tau) \rangle d\tau \quad (6)$$

Для обоих способов ищется зависимость коэффициента диффузии от количества частиц и температуры при различных зарядах и массах частиц, параметрах экранизации, коэффициентах трения. Полученные результаты сравниваются между собой. Выясняется согласованность полученных зависимостей с законом Аррениуса:

$$D(t) = C_1 \exp\left(-\frac{C_2}{T}\right), \quad (7)$$

где C_1 и C_2 – константы.

В математическом моделировании важен не только результат, но и то, за какое время он был достигнут. Ввиду этого, сравнение методов вычисления коэффициента диффузии производится не только по полученным результатам, но и по времени, за которое они были достигнуты. Нужно отметить, что результаты и время их достижения зависят не только от формулы, по которой вычисляется коэффициент диффузии, но и от применяемого метода усреднения – по времени или по пространству. В случае усреднения по времени программа выполняется на боль-

шем количестве шагов, время бьется на интервалы, превосходящие время динамической памяти системы, и усредняются результаты, полученные на различных интервалах времени. В случае усреднения по пространству, усредняются значения, полученные для различных частиц. Так как количество частиц относительно мало, то в этом случае требуется несколько запусков программы.

На время выполнения программы так же влияет метод генерации случайной силы. Так как ее необходимо генерировать на каждом шаге вычислений, то даже слабое ускорение в единичном случае окажет существенное влияние на время выполнения в целом. Оба описанных метода имеют свои плюсы и минусы – в первом случае принимаются все значения величин φ и r , но во втором вычисляется только одна трансцендентная функция. Способ генерации случайной силы с использованием предельной теоремы не рассматривается, в силу того, что он очевидно проигрывает предложенным методам как в точности, так и в скорости.

3. Значения параметров системы.

Таблица 1. Значения параметров системы.

Шаг интегрирования dt , с	10^{-6}	10^{-6}
Коэффициент трения γ , c^{-1}	2	6
Заряд пылинки Q	$10^4 e$	$2 \cdot 10^3 e$
Параметр экранирования k , cm^{-1}	30	3
Масса пылинки m , г	$6,5 \cdot 10^{-9}$	$5,8 \cdot 10^{-9}$
Число частиц, N	4-10	4-10

Температура нейтрального газа изменяется от 270 K до 330 K, для получения зависимости коэффициента диффузии от температуры.

4. Заключение.

Построена модель, описывающая динамику системы заряженных пылевых частиц в плазме газового разряда. Сформулированы уравнения движения пылевых частиц в разряде. Разработан программный комплекс для моделирования плазменно-пылевой системы с учетом влияния нейтрального газа и особенностей приэлектродного слоя газового разряда. Проведено сравнение методик вычисления коэффициента диффузии, в результате которого установлено, что все методы дают результаты, согласующиеся с законом Аррениуса, и что в данной задаче усреднение по времени дает ускорение, относительно усреднения по пространству за счет того, что в последнем несколько раз приходится приводить систему к равновесию. Показано, что генерация случайной силы по формуле $h = x\sqrt{\frac{-2\ln s}{s}}$ происходит быстрее, чем по формуле $h = \cos(2\pi\varphi)\sqrt{-2\ln r}$.

Данная работа имеет ценность в дальнейших исследованиях:

1) Разработанный программный комплекс может применяться не только для исследования диффузии, но и для исследования других характеристик плазменно-пылевой системы, например, вязкости и теплопроводности.

2) Оценены способы генерации случайной силы и способы усреднения данных, что позволит в дальнейших исследованиях использовать оптимальный способ, а не тратить время на его поиски.

Исследования в области пылевой плазмы несут не только общую теоретическую ценность, но и большую практическую ценность: в электронике, энергетике (ис-

пользование пылевой плазмы в качестве рабочего тела энергетических установок), космические исследования и многих других.

Список литературы:

1. Норман Г.Э., Стегайлов В.В., Тимофеев А.В. // ЖЭТФ. 2011. Т. 140. N. 5. С. 1017-1032.
2. Норман Г.Э., Тимофеев А.В. // ДАН. 2012. V. 446. N. 4. P. 1-5.
3. В. Е. Фортов, А. Г. Храпак, С. А. Храпак, В. И. Молотков, О. Ф. Петров Пылевая плазма (рус.) // УФН. — 2004. — Т. 174. — С. 495—544.
4. Норман Г.Э., Стегайлов В.В. // Математическое моделирование. 2012. Т. 24. N. 6. С. 3-44.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТНОЙ СТРУКТУРЫ СЛОЕВ НИТРИДОВ ПРИ СОЗДАНИИ НЕМТ-ТРАНЗИСТОРОВ МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ

Г.В. Пруцков

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

В работе представлен метод рентгеноструктурного анализа нитридных пленок, основанный на измерении тензора микродисторсии эпитаксиального слоя. На основе полученных данных произведен расчет размеров микрокристаллитов пленки, а также плотностей некоторых типов дислокаций.

Введение

Нитриды III группы, отличаясь от других полупроводниковых соединений уникальным сочетанием качеств, а именно высокой теплопроводностью, большой шириной запрещенной зоны, химической и термической устойчивостью и пр., находят широкое применение в полупроводниковой промышленности. Основной областью их применения являются светодиоды синей и УФ-области спектра, а также высокочастотные транзисторы с повышенной концентрацией электронов (HEMT).

Согласно принципу работы HEMT, транзисторы подобного типа на основе системы AlGaIn/GaN, крайне чувствительны в дефектам в слое нитрида галлия. Потому крайне важным является определение структурного со-

Отражение	Сканирование	Угол Брегга, град.	Экспериментальная полуширина, угл. сек.	Дисперсия, угл. сек.	Экспериментальная полуширина с учетом дисперсии, угл. сек.	Собственная полуширина, угл. сек.	Уширение, угл. сек.
0 0 0 2	0-20	17,309	67	6,7	57,6	22,8	41,0
0 0 0 2	0	17,309	219	6,7	216,3	22,8	212,5
0 0 0 4	0-20	36,516	107	20,3	99,2	7,9	93,1
0 0 0 4	0	36,516	196	20,3	192,0	7,9	188,9
1 0 -1 4	0-20	41,092	604	28,6	602,4	3,5	601,5
1 0 -1 5	0-20	52,605	575	56,1	571,3	6,5	570,3
1 0 -1 0	0-20	7,385	51	3,6	45,8	4,9	45,5
1 0 -1 0	0	7,385	109	3,6	106,6	4,9	106,5
2 0 -2 0	0-20	14,896	94	6,1	91,1	2,5	91,1
2 0 -2 0	0	14,896	104	6,1	102,4	2,5	102,4

вершенства образцов на самых ранних этапах их изготовления.

Получение компонент тензора микродисторсии

В основу исследования положены получение и анализ двумерного распределения интенсивности рентгеновской дифракции вокруг различных узлов обратной решетки. В общем случае пленка, имеющая рассогласование параметров решетки с подложкой, характеризуется компонентами тензора дисторсии ε_{ij} , где смещения атомов слоя рассматриваются относительно узлов прямой решетки подложки и в общем виде могут иметь место как деформации, так и развороты. При этом средние значения компонент ε_{ij} определяют положение узлов обратной решетки слоя относительно одноименного узла подложки:

$$\Delta H_i = -\sum \langle \varepsilon_{ij} \rangle \cdot H_j$$

где H_i и H_j – соответствующие компоненты вектора дифракции H .

Кроме макродеформации, обусловленной однородным распределением структурных дефектов и примеси, в слое имеются микродисторсии, вызванные полями смещений вокруг структурных дефектов. Они могут быть представлены как среднеквадратичные флуктуации δe_{ij} компонент средней дисторсии. Микродисторсии влияют на форму узлов обратной решетки, вызывая их растяжение и уширение соответствующих дифракционных кривых.

Кроме деформации на ширину дифракционных пиков оказывает влияние размер областей когерентного рассеяния (зерен). Разделение вкладов возможно произвести исходя из того, что компоненты микродисторсии уширяют только те рефлексы, которые имеют соответствующую компоненту вектора H :

$$\partial q_i = -\sum \langle \partial \varepsilon_{ij} \rangle \cdot H_j$$

а ограничение размера в каком-либо направлении влияет на все узлы обратной решетки в том же направлении:

$$\partial q_i = 1/\tau_i$$

В зависимости от моды, т.е. направления сканирования узла обратной решетки, связь между координатами в обратном пространстве и уширениями будет различаться. Так, для θ -сканирования уширение

$$\partial \omega = \partial q_{\perp} / H$$

При θ - 2θ -сканировании же уширение будет равно

$$\partial \omega = \partial q_H / (k \cdot \cos \theta_B)$$

где q_H и q_{\perp} проекции вектора обратной решетки q , параллельные и перпендикулярные вектору дифракции H [1].

Для получения компонент тензора необходимо измерить дифракционные кривые от нескольких отражений, причем целесообразно выбирать отражения так, чтобы вектор дифракции H совпадал с осями x , y или z кристалла. Так, для θ - 2θ -кривой уширения будут давать размерный эффект ($\omega_{TX(TZ)}$), мозаичный разброс (ω_{ilt}) и микроразориентации дифрагирующих плоскостей вблизи дефектов в ОКР (ω_{φ}):

$$\left(\omega_{\theta-2\theta}^{B(L)} \right)^2 = \left(\omega_{TX(TZ)}^{B(L)} \right)^2 + \left(\omega_{ilt}^{B(L)} \right)^2 + \left(\omega_{\varphi}^{B(L)} \right)^2$$

При θ -сканировании уширение дифракционной кривой обусловлено лишь вкладами от размерного эффекта ($\omega_{TX(TZ)}$) и микродеформациями плоскостей около дефектов в ОКР (ω_{ε}):

$$\left(\omega_{\theta}^{B(L)} \right)^2 = \left(\omega_{TZ(TX)}^{B(L)} \right)^2 + \left(\omega_{\varepsilon}^{B(L)} \right)^2$$

Во всех случаях суммирование идет по квадратичному закону, т.к. форма кривых близка к гауссовой [2].

Принимая во внимание изотропию плоскостей типа (0001), для полного описания тензора микродисторсии необходимо определить лишь 5 компонент из 9.

Измеряя образцы в геометрии Брегга ($H \parallel z$) и Лауэ ($H \perp z$), находятся компоненты тензора e_{xx} , e_{zz} , e_{xz} и e_{zx} . Компонента e_{xy} находится благодаря аппроксимации уширений косугольных отражений вида ($10^{-1} 1$), как показано в [3].

В работе был измерен образец с толщиной слоя GaN 1500 нм, выращенный на сапфировой подложке с ориентацией (0001) методом молекулярно-лучевой эпитаксии.

На основе полученных уширений дифракционных кривых рассчитаны компоненты тензора микродисторсии, размеры ОКР и плотности вертикальных винтовых (ρ_{vs}) и краевых (ρ_{ve}) дислокаций, как показано в работе [2].

T_x , мкм	T_z , мкм	e_{xx} , 10^{-4}	e_{zz} , 10^{-4}	e_{xz} , 10^{-4}	e_{zx} , 10^{-4}	e_{xy} , 10^{-4}	ρ_{vs} , 10^8	ρ_{ve} , 10^{10}
0,37	0,52	10,45	2,86	5,05	8,00	49,43	1,56	2,62

Заключение

На основе данного метода было оценено качество эпитаксиальных слоев GaN: были найдены плотности основных типов дислокаций, а также компоненты тензора микродисторсии, описывающего рассогласование слоя с подложкой.

Были оценены размеры ОКР образца.

Кроме того, будучи неразрушающим, этот метод позволяет наблюдать за структурой эпитаксиального слоя на всех этапах его роста, что может быть широко использовано в электронной промышленности.

Список литературы:

1. Р. Н. Кютт, В. В. Ратников, Г. Н. Мосина, М. П. Щеглов «Структурное совершенство эпитаксиальных слоев GaN по данным рентгеновской дифракции», Журнал ФТТ, т. 41, №1, 1999.
2. В. В. Ратников, Р. Н. Кютт, Т. В. Шубина «Рентгеновское измерение тензора микродисторсии и анализ на его основе дислокационной структуры толстых слоев GaN, полученных методом хлоргидридной газофазной эпитаксии», Журнал ФТТ, т. 42, №12, 2000.
3. V. Strikant, J. S. Speck, D. R. Clarke. «Mosaic structure in epitaxial thin films having large lattice mismatch» J. Appl. Phys. 82, 9, 4286, 1997.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПУТЕМ СОПОСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ РЕНТГЕНОВСКОЙ МИКРОТОМОГРАФИИ И РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

А.С. Осадчая

факультет Электроники и телекоммуникаций

В работе проведены комплексные исследования проксимальных хвостовых позвонков хрящепалого геккона (*Chondrodactylus turneri*). Области скопления тяжелых элементов локализованы путем сопоставления данных рентгеновского флуоресцентного анализа и рентгеновской микрофотографии на разных длинах волн.

При экстремальных нагрузках структура живых тканей подвергается частичным внутренним изменениям, которые не имеют внешних физиологических или анатомических проявлений. Наиболее интересным объектом исследований является костная ткань. Одна из причин возникновения ее патологии, в частности, связана с длительным нахождением позвоночных в условиях микрогравита-

ции (невесомости). В качестве образцов для исследования были использованы кости проксимальных хвостовых позвонков хрящепалого геккона *Chondrodactylus turneri*. Эти рептилии были впервые предложены нами и успешно использованы в качестве модельного объекта для изучения амниот на непилотируемых космических аппаратах (амниота - высшее позвоночное животное, приспособленное к развитию на суше; к амниотам относятся пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие). Гекконы представляют для орбитальных экспериментов особый интерес, поскольку прикрепляются адгезивными подпальцевыми пластинками к любым поверхностям [1]. Хвост у хрящепалых гекконов не является хватательным и редко используется для опоры при передвижении. Поэтому испытываемые им механические нагрузки можно считать пренебрежимо малыми по сравнению с предыдущими объектами – плечевой и большеберцовой костями, а также костями грудных позвонков [2–4]. Таким образом, в свете имеющихся данных представляло интерес исследование пространственного распределения коэффициента поглощения рентгеновского излучения и элементного состава именно в хвостовых позвонках хрящепалых гекконов с целью выявления возможной деминерализации или ее отсутствия.

Рентгенофлуоресцентный анализ

РФА – один из современных спектроскопических неразрушающих методов, который позволяет детектировать практически все элементы периодической системы с массовыми долями от 10^{-4} до 1 (в зависимости от условий эксперимента). Метод основан на регистрации и последующем анализе характеристического флуоресцентного спектра, полученного в результате воздействия рентгеновского излучения на образец. Рентгенофлуоресцентные исследования проводились на рентгеновском дифрактометре SmartLab [5] с вращающимся анодом (излучение MoK α , энергия излучения 17.5 кэВ) с использованием энергодисперсионного детектора XPIPS [6]. Монохроматизация и коллимация излучения обеспечивались фокусирующим дифракционным зеркалом и двукратным монохроматором Ge(220). Эксперименты проводились в условиях, которые позволили регистрировать флуоресцентный сигнал от всего объема образцов, размещенных на полированных кремниевых и сапфировых пластинах с известным химическим составом.

Исследовано четыре образца: S3-M2 и F3-M2 из эксперимента M2 и образцы S1-M3 и F1-M3 из эксперимента M3 (F – полетная группа, S – отложенный синхронный контроль, M2 – спутник “ФОТОН-М” № 2, а M3 – “ФОТОН-М” № 3). На рис. 1, 2 приведены полученные спектры.

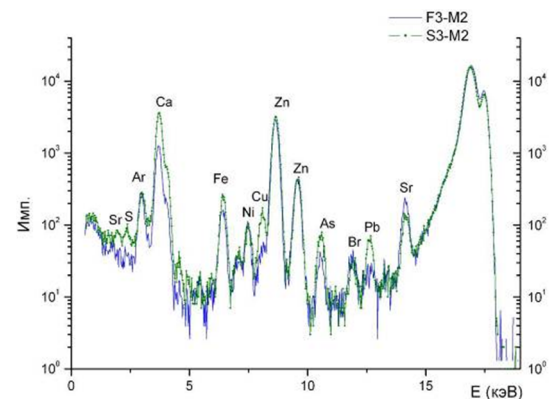


Рис. 1. Флуоресцентные спектры от образцов хвостовых позвонков хрящепалого геккона S3-M2 и F3-M2 из серии M2.

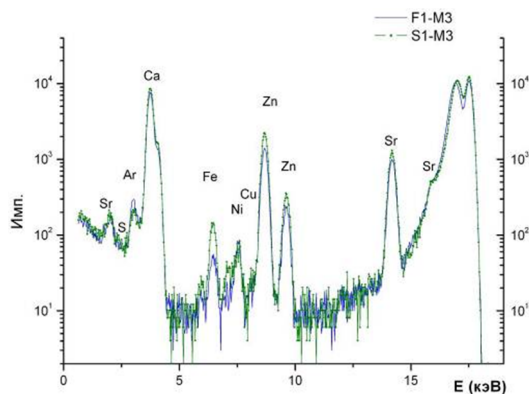


Рис. 2. Флуоресцентные спектры от образцов хвостовых позвонков хрящепалого геккона S1-M3 и F1-M3 из серии M3.

В составе образцов серии M2 обнаружено наличие следующих элементов: Ca, Zn, Fe, Sr, Cu, As, Pb, Br, S. Различия между образцами F3-M2 и S3-M2 проявляется в изменении интенсивности выхода флуоресценции от элементов Cu, Pb, S, Sr. В составе образцов серии M3 обнаружены следующие элементы: Ca, Zn, Fe, Sr, Cu, S. Разница в составе образцов F1-M3 и S1-M3 наблюдается в интенсивности выхода флуоресценции от Fe, Zn, Sr. Сопоставление результатов для серий M2 и M3 выявило следующие особенности:

- увеличение сигнала от Ca и Sr для образцов серии M3;
- отсутствие в составе образцов серии M3 элементов As, Pb, Br;
- снижение интенсивности сигнала от Cu в образцах серии M3.

Такое различие в составе образцов может быть обусловлено особенностями проведения орбитальных экспериментов, методов подготовки и хранения образцов.

Абсорбционная рентгеновская микротомография

Томографические исследования объемной структуры образцов были выполнены на лабораторном рентгеновском микротомографе в ИК РАН [7] и на синхротронных станциях «Медиана» и «РТ-МТ» НИЦ «Курчатовский институт» [8]. Типичные результаты восстановления внутренней структуры образцов представлены на рис. 3.

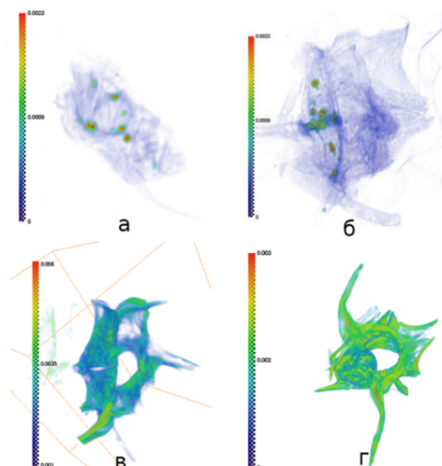


Рис. 3. Томографическая реконструкция позвонков геккона: образцы F2-M2 (а), S2-M2 (б), F1-M3 (в), S3-M3 (г).

При использовании монохроматического излучения микротомография позволяет получить информацию о трехмерной структуре линейного коэффициента поглощения на конкретной длине волны. Проводя томографические изме-

рения на различных энергиях рентгеновского излучения (5.4, 8.0 и 12.0 кэВ), мы получаем возможность локализовать области, в которых элементный состав отличается от других областей.

Проведенные исследования показали, что на периферийных участках исследуемых образцов не содержится элементов с атомным номером более 20 (что соответствует атомам кальция) или их концентрация меньше чувствительности метода. Кроме того, обнаружено существенно уменьшение (в 3–5 раз) коэффициента поглощения рентгеновского излучения в образцах группы M2 по сравнению с образцами группы M3. Уменьшение среднего коэффициента поглощения на образцах группы M2 позволило однако обнаружить в них области, поглощающие существенно сильнее остальной костной ткани (рис. 3). Это может говорить о том, что именно в этих областях (расположенных ближе к центральному каналу позвонка) локализованы тяжелые элементы, обнаруженные методом РФА.

Таким образом, впервые проведено комплексное исследование влияния микрогравитации на процессы, происходящие в элементах опорно-двигательного аппарата (проксимальных хвостовых позвонках) хрящепалого геккона. Установлено, что в зависимости от условий эксперимента поглощающая плотность названных позвонков может заметно меняться. Выявлены области повышенной плотности, расположенные ближе к центральному каналу позвонка. Следует отметить, что соотношение поглощений на разных участках костной ткани изменяется при варьировании длины волны зондирующего рентгеновского излучения. Это косвенно указывает на неравномерность распределения элементного состава в объеме костей. В связи с этим установлена корреляция данных рентгенофлуоресцентного анализа с результатами рентгеновской микротомографии.

По данным рентгенофлуоресцентного анализа впервые установлен факт наличия в приведенных структурах ряда тяжелых элементов (Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Sr) и выявлена неравномерность их распределения. Сопоставление данных показывает, что эти элементы расположены в глубине костной ткани (явно глубже, чем на расстоянии 10 мкм от ее поверхности).

Логично предположить, что выявленные области повышенной плотности (электронной плотности), возможно, являются первичными центрами формирования костной ткани (оссификации).

В ходе дальнейших исследований необходимо установить, насколько наличие сильнопоглощающих элементов, а также неравномерность их распределения являются особенностями только названных позвонков, и, насколько это справедливо для других частей опорно-двигательного аппарата хрящепалого геккона.

Список литературы:

1. Савельев С.В., Макаров А.Н., Прошина А.Е. и др. // Актуальные вопросы современной гистопатологии. М.: 1993. С. 141.
2. Besova N.V., Savel'ev S.V., Chernikov V.P. // Biull. Ek-sp. Biol. Med. 1993. V. 116(7). P. 90.
3. Бесова Н.В., Савельев С.В., Гулимова В.И. // Тез. Докл. X конф. "Космическая биология и авиакосмическая медицина", Москва, 7–10 июня 1994. С.98.
4. Савельев С.В., Барабанов В.М., Бесова Н.В. и др. Булл. Эксп. Биол. и Мед. 1995. № 6. С. 650.
5. <http://www.rigaku.co.jp/ru/products/xrd/smartlab.htm>
6. <http://www.canberra.com/products/13411.asp>
7. Асадчиков В.Е., Бузмаков А.В., Золотов Д.А. и др. // Кристаллография. 2010. Т. 55. № 1. С. 167.
8. Сенин Р.А., Хлебников А.С., Анохин К.В. и др. // Тез. Докл. РСНЭ-2011. 14-18 ноября 2011. С. 510.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПОСРЕДСТВОМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.В. Алексеева, В.М. Бородулина
факультет Информационных технологий и
вычислительной техники

В настоящее время проблематично обозначить те области человеческой деятельности, успехи в которых не были бы связаны с использованием компьютера. Сфера применения компьютерных технологий постоянно расширяется, открывая нам новые возможности день за днем.

В работе представлены результаты исследований эффективности новых информационных технологий в учебном процессе.

Применение таких технологий поможет сделать учебу более наглядной, позволит систематизировать обработку информации, ее усвоение, создание проверочных и тестовых работ, повысит оперативность контроля над выполнением требуемых норм и даст возможность студентам и преподавателям четко предоставить информацию о ходе совместной работы в течение семестра.

В процессе работы были выявлены следующие проблемы:

- Трудность с восполнением пропущенных заданий
- Волокита с бумажными списками посещаемости
- Копирование файлов самостоятельных работ студентами, не выполняющими свои задания

В течение отчетного периода были разработаны шаблоны для выполнения студентами заданий, а именно макеты для создания контрольных и тестовых вопросов к лекционному материалу.

В работе рассмотрено применение пакета Microsoft Office (Excel) для ведения таблиц учета успеваемости и посещений при организации и совершенствовании образовательного процесса. Microsoft Office – офисный пакет приложений, созданных корпорацией Microsoft для операционных систем Microsoft Windows и Apple Mac OS X. В состав этого пакета входит программное обеспечение для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, базами данных и др.

Microsoft Office поставляется в нескольких редакциях. Отличия редакций в составе пакета и цене.

В работе в основном были задействованы следующие приложения:

Microsoft Office Word — текстовый процессор. Позволяет подготавливать документы различной сложности. Поддерживает OLE ((англ. Object Linking and Embedding, произносится как oh-lay [олэй]) — технология связывания и внедрения объектов в другие документы и объекты, разработанные корпорацией Майкрософт.), подключаемые модули сторонних разработчиков, шаблоны и многое другое. Продукт занимает ведущее положение на рынке текстовых процессоров, и его форматы используются как стандарт де-факто в документообороте большинства предприятий.

Microsoft Office Excel — табличный процессор. Поддерживает все необходимые функции для создания электронных таблиц любой сложности.

В частности, таблицы располагаются на разных листах одной книги Excel, что достаточно удобно в использовании и наглядности, и дает возможность выводить данные с разных таблиц в одну сводную. Всего используется в книге три листа: учёт сданных и несданных работ, с гиперссылками на работы, учет посещений, а также общая отчетность, включающая коэффициент качества.

Создана цветовая схема таблиц, где цветами выделена работа и посещение студентом лекций. В таблице используются баллы и цвета, соответствующие каждой оценке. В итоговой таблице автоматически выводятся количество пропущенных занятий, количество несданных работ, а так же итоговая сумма баллов, набранная студентом в течение семестра.

В целях повышения объективности оценивания итогов работы студентов в течение семестра были рассчитаны индексы посещения, выполнения и защиты работ в процентном соотношении.

Так же для повышения сохранности и оперативности сдачи выполненных самостоятельных работ и учебных материалов организована дополнительная их передача посредством электронной почты.

Ввиду улучшения наглядности и повышения уровня контроля над работой студентов, введены отчетные занятия (каждое четвертое), на которых производилась проверка выполнения заданий студентами, а также решение текущих организационных и производственных проблем.

В отношении лабораторных работ была создана электронная база с помощью пакета Microsoft Office (Excel) с протоколами для выявления и фиксации ошибок по определенным параметрам и величинам. С помощью этого документа преподаватель может регулировать процесс защиты лабораторных работ.

Такой подход к обучению значительно снижает затраты на производство и обновление содержания учебных материалов.

Направления развития

- Совершенствование системы учета посещаемости занятий студентами ввиду повышения оперативности данных о присутствии
- Решение проблем, связанных с проверкой выполненных заданий на оригинальность (антиплагиат)

Список литературы:

1. Скачко Н.Ю. Мобильные средства информационных технологий в системах управления качеством // Матер. XV межд. студ. шк.-сем. «Новые информационные технологии». – М.: МИЭМ – 2007. – С. 311-312
2. Скачко Н.Ю., Гудина В.Г., Платонова Т.А. Информационные сетевые технологии в учебном процессе // Матер. 63-й научной сессии, посвященной Дню Радио. Москва, 2008 г
3. Сайт в Интернете <http://office.microsoft.com/ru-ru/default.aspx>

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ МАЛОУГЛОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ

М.А. Соломатин
факультет Электроники и телекоммуникаций

Малоугловое рассеяние (МУР) рентгеновских лучей, электронов и тепловых нейтронов является методом исследования структуры вещества при нанометровом (надатомном) разрешении. Основная задача МУР - определение структуры или отдельных структурных параметров рассеивающего объекта по картине зависимости интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния.

Картина малоуглового рассеяния, как и дифракционная картина, является результатом интерференции лучей, когерентно (без изменения длины волны и фазы) рассеянных на образце. При типичных длинах волн излучения порядка 0.5-5 ангстрем МУР позволяет исследовать структуры размерами от 1 до нескольких сотен нанометров. Теория ди-

фракции, изучающая связь картины рассеяния с пространственным расположением рассеивающих элементов структуры объекта (атомов, кластеров, флуктуаций плотности и т.д.) одинакова для рентгеновских лучей, нейтронов и электронов. Отличия заключаются в особенностях взаимодействия волн и частиц с веществом.

Измерение структурных параметров выполняют методом дифракции рентгеновских лучей, то есть измерением угловой зависимости интенсивности рассеянного образцом рентгеновского излучения. При этом для определения радиуса инерции и максимального размера частиц в монодисперсных системах и распределения по размерам частиц полидисперсных систем используют метод измерения в режиме прохождения, а для определения толщины и периода повторяемости в тонких пленках применяют метод измерения "на отражение" от поверхности образца. Соответственно, каждый тип измерений пригоден для определенных видов образцов и обеспечен специфическими методами обработки данных.

Очень часто два понятия – дифракция и малоугловое рассеяние – смешивают из-за близости физических принципов явлений. В обоих случаях речь идет о когерентном и упругом рассеянии монохроматического излучения на веществе образца. Отличие состоит в том, что дифракция – это результат рассеяния на периодической структуре, а малоугловое рассеяние – на структуре, не имеющей периодичности. Поэтому вместо МУР иногда используют термин "диффузное рассеяние", что тоже не вполне корректно, так как под диффузным рассеянием некоторые исследователи понимают фон неупругого рассеяния. Частично ориентированные системы дают одновременно картины малоуглового рассеяния, дифракции и некогерентного фона.

Рассмотрим интерференцию рассеянных пучков от двух точек А и В, разнесенных в пространстве на расстояние, определяемое вектором r . Пусть расстояние объект-детектор L таково, что направления рассеянных волн A_s практически параллельны. В зависимости от величины угла 2θ интерференция может приводить к удвоенной амплитуде $2A_s$ в точке наблюдения, если разность хода Δl кратна целому числу длин волн (суммируемые волны оказываются в фазе, конструктивная интерференция) или к нулевой амплитуде при Δl кратной половине периода волны (суммируемые волны в противофазе). При интерференции от множества точек, максимум амплитуды будет достигаться при нулевом угле рассеяния, так как все вторичные волны приходят в этом направлении с нулевым фазовым сдвигом относительно исходной волны и относительно друг друга.

С ростом угла 2θ амплитуда будет падать по некоторому закону, зависящему от пространственного расположения рассеивающих точек, т.е. от структуры вещества. Таким образом, можно надеяться, что анализ зависимости амплитуды рассеянного излучения от угла рассеяния позволит определять те или иные структурные параметры облучаемого объекта.

Можно, например, предположить, что при больших размерах рассеивающих неоднородностей кривая интенсивности будет падать быстрее, т.к. в них достаточное количество точек, разнесенных на большие расстояния и разность хода лучей будет быстрее увеличиваться с ростом 2θ .

В случае видимого света длина волны излучения намного больше межатомных расстояний (примерно в 5000 раз), поэтому, в частности, в оптическом диапазоне невозможно наблюдать дифракцию на скоплениях атомов и изучать структуру на атомном разрешении. Длина волны рентгеновского излучения, нейтронов и электронов (обычно 0.5-5 ангстрем) соответствует межатомным расстояниям.

В состав рентгеновского малоуглового дифрактометра входят следующие устройства:

- рентгеновская малоугловая камера, состоящая из стола оператора, блока рентгеновской трубки со встроенным узлом монохроматора, камеры падающего пучка, камеры рассеянного пучка, блока детектирования и газовой системы;

- источник питания
- информационно-управляющий комплекс

Прибор состоит из установленной на столе оптической скамьи с размещенными на ней держателями кожуха рентгеновской трубки со встроенным поворотным монохроматором, камерой образца, камерой рассеянного излучения (заменяемый вакуумный путь) и блоком детектора рентгеновского излучения. Универсальная камера падающего пучка отделена от вакуумного пути прозрачной для рентгена перегородкой (лавсановая пленка толщиной 20 мкм) для независимого вакуумирования объема держателя образца. Такая конструкция позволяет вести исследования образца в воздушной среде, что значительно увеличивает удобство измерений. В комплект дифрактометра входят три камеры рассеянного излучения, обеспечивающие съемку при расстояниях образец-детектор 350, 700 и 1500 мм. Система крепления предусматривает измерение образцов в стеклянных капиллярах, кюветках произвольной конструкции и измерения на отражение. В последнем случае в камеру устанавливается поворотный столик, управляемый от блока электроники. Держатель образца предусматривает нагрев до 100°C. В камере образца предусмотрены штуцеры для подвода рабочей жидкости от внешней системы термостатирования. Под столом установки размещен блок питания рентгеновской трубки (ИРИС-3). Электронный блок управления детектором размещен внутри корпуса детектора и подключен к управляющему компьютеру с помощью витой пары.

Источник излучения - рентгеновская трубка с медным (рабочая длина волны 0,154 нм) или молибденовым (рабочая длина волны 0,0711 нм) анодом. Параметры питания трубки: анодное напряжение 30 кВ, ток 30 мА.

Линейный пропорциональный позиционно-чувствительный детектор с окном 120x10 мм позволяет одновременно регистрировать рассеяние в угловом диапазоне, определяемом расстоянием образец-детектор. Детектор заполняется газовой смесью 90% аргон + 10%CO₂ при типичном избыточном давлении 0,5 атм. и расходе 20-30 мл/час.

Коллимационная система - коллиматор по схеме Кратки. Обеспечивает формирование очень узких (расходимость 0,02°) стабильных пучков рентгеновского излучения, необходимых для исследования неоднородностей электронной плотности с размерами до 100 нм и более.

Коллиматор снабжен комплектом из 15 сменных щелей, позволяющих формировать горизонтальный рентгеновский пучок высотой 20 до 450 мкм. Ширина пучка регулируется плавно в диапазоне от 1 до 17 мм.

Монохроматор - пиролитический графит. Обеспечивает установку длины волны 0,154 нм (трубка с

Управляющая программа позволяет регистрировать в цифровом виде интенсивность рассеянного излучения в импульсах на 1 канал детектора, измерить коэффициент поглощения образцом, установить оптимальную величину анодного напряжения на детекторе. Программа снабжена сервисными возможностями по просмотру и предварительной обработке результатов измерений.

В докладе будет приведен пример результатов эксперимента по исследованию структуры наноразмерных объектов методом малоуглового рентгеновского рассеяния, проведенного на описанном выше дифрактометре.

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ПЕРЕХОДНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЯМ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К РАЗЛИЧНЫМ ПОЛУПРОВОДНИКАМ

И.Ю. Пакаев

факультет Электроники и телекоммуникаций

При исследовании характеристик полупроводниковых устройств чрезвычайно большую роль играют контакты полупроводника с металлическими частями схемы. Обычно желательнее, чтобы этот контакт был омическим. В принципе это означает, что на контакте не происходит инжекции и имеется линейная зависимость тока от напряжения при любой полярности. На практике контакт считают омическим, если падение напряжения на нём при любой полярности много меньше напряжения на устройстве и, следовательно, существенно не влияет на его характеристики. Поэтому при малом падении напряжения на контакте фактическая линейность вольтамперной характеристики контакта не существенна.

Омические контакты являются важным компонентом конструкции солнечных элементов, но их исследованию уделяется еще пока недостаточно внимания. Хотя с точки зрения теории уже достигнуты определенные успехи, процесс изготовления контактов все еще сопряжен с определенными трудностями.

Имеются четыре основных пути получения омических контактов:

- 1) выбор металла с таким положением уровня Ферми, что барьер для термически возбуждаемых токов мал;
- 2) сильное легирование полупроводника вблизи перехода, так что ток может течь благодаря квантовомеханическому туннелированию через барьер;
- 3) введение многочисленных центров рекомбинации в область полупроводника, примыкающую к границе раздела;
- 4) создание приповерхностной узкозонной области.

Вследствие влияния состояний на границе раздела омические контакты с большинством полупроводников нельзя получить на основе соответствующего подбора работ выхода. Поэтому применяемая технология создания заключается в создании области очень сильно легированного полупроводника между металлом и объемом полупроводника.

Ещё один принцип, который можно использовать для создания омических контактов, заключается в создании достаточного числа рекомбинационных центров в области на границе раздела металл - полупроводник, так что на всей границе раздела достигается термодинамическое равновесие.

Так же, создавая приповерхностную узкозонную область, высота потенциального барьера между металлом и полупроводником сильно уменьшается. Обычно между узкозонным и базовым слоем делают варизонный слой, в котором ширина запрещенной зоны убывает по направлению к металлу.

Технологически омические контакты изготавливают путем сплавления, рекристаллизации из жидкой фазы, электрическим осаждением, напылением и другими методами.

Наиболее трудно создавать омические контакты, пригодные для проведения измерений при малых токах, к теллуриду кадмия, твердым растворам теллурида кадмия - цинка и другим широкозонным полупроводникам.

В данной работе будут показаны экспериментальные данные удельных переходных сопротивлений омических контактов от концентрации свободных носителей заряда в полупроводнике (кремний n и p-типа) для различных контактирующих металлов (алюминий, вольфрам, молибден, никель, кобальт, хром). Кроме того, на основе этих данных, в графическом виде будут построены эксперимен-

тальные зависимости удельного сопротивления омического контакта от концентрации свободных носителей заряда.

Проанализировав эти зависимости, будет обнаружена общая тенденция изменения переходного сопротивления от концентрации носителей в полупроводнике.

Список литературы:

1. Ференбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы. Теория и эксперимент стр. 107-120 (М., Энергоатом, 1987).
2. Hooper R. C., Cunningham J. A., Harper J. G., Solid-State Electron., 8, 831 (1965).
3. Гольдберг Ю.А. Физика и техника полупроводников 28(10), 1681 (1994).
4. Бланк Т.В., Гольдберг Ю.А. Физика и техника полупроводников, 41 (11), 1281 (2007).

ТРЕБОВАНИЯ К НОСИМОЙ РАДИОАППАРАТУРЕ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. Чупилин

факультет Электроники и телекоммуникаций

В рамках международной программы "солдат будущего" (Future Soldier) ведущие страны мира в настоящее время проводят обширные экспериментально-теоретические исследования в области экипировки военнослужащих с целью резкого повышения возможностей отдельного солдата на поле боя.

Одним из приоритетных направлений является разработка и модернизация мобильной носимой радиоаппаратуры специального назначения, которая должна обладать повышенной степенью автономности, надежности и качества функционирования в различных условиях боевой обстановки и воздействия внешней среды. Решение данной проблемы предусматривает разработку мобильного комплекса средств автоматизации управления тактическим звеном с многоуровневую иерархическую структурой нисходящую от высшего командного состава до рядового бойца. Данный комплекс позволяет успешно решать ряд задач, таких как управление и ориентирование тактическим звеном, организации связи посредством самоорганизующейся, самовосстанавливающейся, помехоустойчивой и разведоустойчивой сети.

К конструкции приборов такого рода предъявляются повышенные требования по прочности, устойчивости к механическим и климатическим воздействиям. Они должны выдерживать сильную вибрацию, быть устойчивыми к воздействию акустических шумов и механическим ударам. Как правило, корпуса приборов абсолютно герметичны (степень защиты IP67/IP68), что делает их полностью защищенными от пыли и влаги, это позволяет не только работать под проливным дождем, но и погружать их в воду. Приборы должны безотказно работать в самых экстремальных условиях: при пониженном атмосферном давлении, при пониженной (повышенной) температуре и влажности окружающей среды, выдерживать тепловые удары. Так же нельзя забывать про требования к эргономической и технической эстетике, ремонтпригодности и множестве других требований делающие прибор завершенным техническим решением.

При серийном производстве линейки приборов, входящих в состав подобных комплексов необходимо стремиться к сокращению номенклатуры используемых элементов и унификации узлов и модулей. Это будет способствовать снижению стоимости серийных образцов, а так же повышению ремонтпригодности аппаратуры.

Проектирование радиоаппаратуры специального назначения имеет ряд особенностей, обусловленных вышепер-

численными специфическими требованиями и сопровождается сложными и громоздкими инженерными расчётами.

К материалам и покрытиям, применяемым в данных приборах, предъявляются повышенные требования. Корпуса выполняют из алюминиевых либо магниевых сплавов, которые совмещают в себе легкость и прочность. При этом они достаточно хорошо рассеивают тепло. Углы приборов защищают массивными резиновыми амортизаторами, призванными гасить удары в случае падения на твёрдую поверхность. Покрытия должны быть устойчивы к воздействию агрессивных сред, например, если предполагается эксплуатация в условиях морского климата, то вид и толщину покрытия необходимо назначать исходя из условия устойчивости к воздействию морского тумана.

Электронные компоненты работают при очень жёстких температурных условиях, температура окружающей среды может колебаться от -40 до $+60$ °С. Поэтому в условиях повышенных температур должен обеспечиваться хороший отвод тепла. Однако, требования к герметичности исключают наличие на корпусе каких-либо вентиляционных отверстий, все швы должны быть загерметизированы силиконовыми прокладками, а отверстия и щели залиты силиконовым герметиком. В данных условиях единственно возможный вариант отвода излишнего тепла это пассивное охлаждение, при котором корпус прибора выступает в роле радиатора.

На компоненты чувствительные к пониженным температурам необходимо устанавливать нагревательные элементы, управляемые термодатчиком. Если температура окружающей среды падает ниже критической отметки, термодатчик даёт сигнал на включение.

Решение задачи терморасчёта в значительной степени усложняется требованием к взаимозаменяемости узлов и радиомодулей. Так, например, компонент, который себя «комфортно» чувствует в большом корпусе одного прибора может перегреваться и давать сбой в более маленьком корпусе другого прибора.

Для правильного подбора компонентов и их компоновки внутри корпуса необходимо проводить сложнейшие инженерные расчёты, требующие использования специальных САПР, которые позволят смоделировать аэродинамические, тепловые и механические воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. Примером таких САПР может служить отечественная разработка – система АСОНИКА, которая используется и отлично себя зарекомендовала в ряде отечественных предприятий разработчиков радиоэлектронных средств.

Особое внимание следует обратить на обеспечение электромагнитной совместимости, помехо- и разведустойчивости разрабатываемой аппаратуры. В условия ведения радиоэлектронной борьбы необходимо исключить электромагнитную доступность радиоэлектронных средств тактического звена союзника, тем самым не допустить возможность их обнаружения и подавления в конкретной радиоэлектронной обстановке. При этом должна обеспечиваться устойчивая работа всех систем и средств управления своими войсками. Решение подобных задач без использования специализированного САПР весьма затруднительно.

В заключение хотелось бы выделить основные направления развития мобильной носимой радиоаппаратуры специального назначения:

- использование новых материалов и технологий;
- уменьшение массы и габаритов;
- повышение защитных свойств и износостойкости;
- обеспечение комфортных условий эксплуатации;
- снижение стоимости серийных образцов;
- использование специализированного САПР.

МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ АВАРИЙНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА

А.А. Козырев

факультет электроники и телекоммуникации

Аннотация

В работе даётся понятие аварийного электрического разряда. Рассматривается проблема обнаружения аварийного электрического разряда, возникающего в цепях питания электроустановок, впоследствии приводящего к пожару. Предложен метод распознавания аварийного электрического разряда. Представлены видео разделения исследуемого сигнала тока на две компоненты, а также временные диаграммы процесса распознавания. Приведены основные формулы и описаны критичные параметры.

Введение

Целью данной работы является выработка эффективно-го метода по обнаружению аварийного электрического разряда, впоследствии приводящего к пожарам и повреждению электроустановок или их частей. Своевременное обнаружение АЭР в цепях электропитания позволяет своевременно обесточить электроустановку до начала развития интенсивного процесса горения и, тем самым, избежать пожара в быту и на производстве.

Понятие аварийного электрического разряда.

Под аварийный электрический разрядом (АЭР) понимается разряд, не характерный для электроустановок, машин и устройств, находящихся в исправном состоянии, который может привести к возгоранию или воспламенению изоляционных материалов и окружающих предметов и веществ. В литературе часто данный вид разряда называют искрением, дефектной электрической дугой.

В фазе предаварийной ситуации появляются одиночные искровые разряды, характеризующиеся крайне малым временем протекания разрядного тока. Выделяющаяся теплота при достаточной частоте появления искровых разрядов способствует обугливанию изоляционного материала, возникновению «угольных мостиков» (ток $5 - 50$ мА). Ток через образовавшиеся «угольные мостики» между двумя проводниками в диэлектрике протекает через зёрна обугленного материала различными путями (рис. 1).

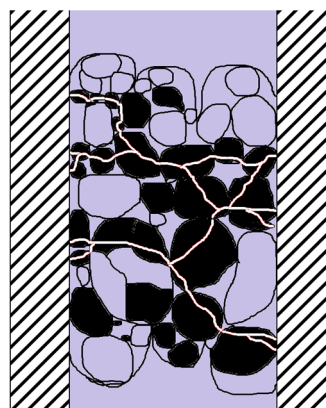


Рис. 1. Схема протекания тока АЭР между двумя проводниками

В силу того, что под напряжением сопротивление «угольного мостика» ниже, чем в «холодном» состоянии, процесс носит лавинный характер, и сопровождается увеличением тока утечки до $300 - 500$ мА и зажиганием тлеющего разряда, микродуги и перетеканием аварийного электрического разряда в следующую, более устойчивую фазу – дуговой разряд.

Схема обнаружения АЭР на основе анализа зарегистрированного сигнала тока.

Зарегистрированный сигнал тока цепи, с включённой активной нагрузкой при последовательном АЭР показан на рис. 2.

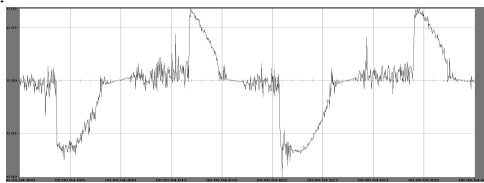


Рис. 2. Форма тока при последовательном аварийном электрическом разряде на активной нагрузке

Как видно из рисунка характер протекания переходного процесса, порождённого коммутацией вследствие меняющегося переходного сопротивления в месте ненадёжного контакта, носит случайный и нестабильный характер. А наличие в электроустановке индуктивности и (или) ёмкости придаёт форме тока ещё более нестабильный и непредсказуемый характер с резкими выбросами значений, присущими реактивным нагрузкам. Устанавливается связь между тепловыми и электрическими параметрами, выводится зависимость выделяемой мощности нестационарного процесса в месте его протекания.

Для выявления АЭР по зарегистрированному сигналу тока на фоне работы других нагрузок предложен метод, схема работы которого условно показана на рис. 3.

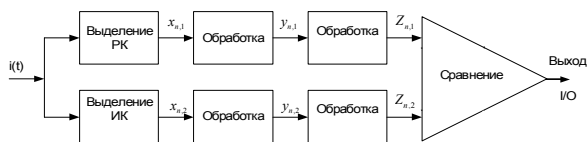


Рис. 3. Схема распознавания АЭР.

Алгоритм метода распознавания АЭР представляет собой процесс одновременной обработки двух сигналов, выделяемых из зарегистрированного сигнала тока контролируемой цепи и последующего сравнения полученных уровней этих сигналов с заданными уставками с помощью компараторов.

Описание и математическая формализация метода распознавания АЭР.

Зарегистрированные мгновенные значения сигнала тока пакетизируются в кадры (см. рис. 4.). Каждый кадр имеет уникальный набор значений (осциллограмм), на основе которых вычисляется пара значений функционалов x_1 и x_2 .

Значения функционалов для каждого кадра вычисляются по формулам:

$$x_1 = \|A(I - B)i\|_{L_2}, \quad x_2 = \|(I - A)i\|_{L_2};$$

где i – мгновенное значение зарегистрированного сигнала тока, A – оператор усреднения, B – оператор сдвига, I – тождественный (единичный) оператор.

Функционалы x_1 и x_2 применяются для вычисления показателей z_1 и z_2 , которые в свою очередь, используются как математическая формализация при анализе сигнала на предмет присутствия в нем, и оценки уровня апериодичности регуляричной и уровня шумоподобности иррегулярной составляющих.

Функционалы y_1 и y_2 предназначены для промежуточных вычислений и накопления истории изменения за несколько кадров и вычисляется по формуле:

$$y_1(t) = x_1(t) - \frac{1}{2\delta} \int_{t-\delta}^{t+\delta} x_1(\theta) d\theta, \quad y_2(t) = x_2(t) - \frac{1}{2\delta} \int_{t-\delta}^{t+\delta} x_2(\theta) d\theta;$$

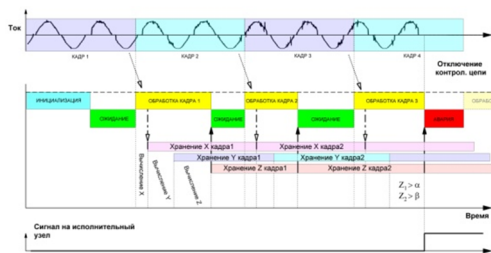


Рис. 4. Временная диаграмма, поясняющая процесс распознавания АЭР

Данное преобразование представляет собой применение фильтра ВЧ к сигналу $x(t)$, реализуемое с применением линейного фильтра сглаживания.

Затем полученная последовательность значений функционалов y_1 и y_2 преобразуются линейным и нелинейным фильтрами в информативные показатели z_1 и z_2 в соответствии с формулами

$$z_1 = (L \circ N)y_1, \quad z_2 = (L \circ N)y_2;$$

где N – представляет собой нелинейный амплитудный фильтр (амплитудный дискриминатор с максимальным коэффициентом передачи в узком диапазоне входных амплитуд), а L – линейный интегрирующий фильтр.

В результате сравнение пар значений z_1 и z_2 с заданными значениями уставок для данной цепи при помощи компараторов можно записать выражение:

$$(z_{1, \text{текущее}} > \alpha) \& (z_{2, \text{текущее}} > \beta),$$

Данное выражение, посчитанное для каждого кадра, может принимать значение ИСТИНА или ЛОЖЬ, на основе которого принимается решение о наличии либо отсутствии АЭР в контролируемой цепи.

Заключение

Предложенный метод позволяет спроектировать электрическую схему, построить устройство и обеспечить своевременное обнаружение режима АЭР на фоне работы других (фоновых) нагрузок с заданной достоверностью и временем срабатывания. В предложенном методе используются стандартные математические операции. Предложенный метод может быть реализован как с использованием аналоговой так и цифровой схемотехники. Цифровая схема также может быть построена на основе микроконтроллеров среднего класса, других процессоров или ПЛИС

Список литературы:

1. Королев И.С. Способ тестирования устройства предупреждения пожара от искрения в электрической сети. // Энергонадзор и энергобезопасность. С. 69-73, №2 2008.
2. Ковалев А.П., Солёный С.В., Демченко Г.В., Рудык Ю.И.О проблемах возгорания изоляции в сетях 0,4 кВ объектов жилого сектора // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. Харьковской национальной академии городского хозяйства. Серия «Техническая науки и архитектура». Выпуск 95. – Харьков, 2010. – С. 373-379.
3. Павлов Д.Д. Исследование и разработка интеллектуального устройства искробезопасности для систем автоматики. диссертация, к.т.н. 05.13.05., Владимир, 2006 РГБ ОД 61:06-5/3843, стр. 12.
4. <http://daily.sec.ru/publication.cfm?pid=29235&rid=31&rp=1&cid=12&ppos=4>
5. Козырев А.А. Идентификация электрической дуги в электрических силовых цепях.// Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: материалы науч.-практич. конференции. Под. ред. Увайсова С.У. М.: МИЭМ, 2010.
6. IEC 62606 2012-02 – Европейский стандарт по электротазитным устройствам.

7. David Kolker, Roger M. Bradley, Ross Mernyk. ARC fault detector with circuit interrupter. – US Patent 20110181296A1, 28.07.2011.

8. Козырев А.А., Минченко А.В., Кудрявцев Д.Ю. Устройство динамического обнаружения аварийного электрического разряда// Патент РФ № 117734, 27.06.2012г.

9. Козырев А.А., Минченко А.В., Кудрявцев Д.Ю. Устройство защиты электроустановки с функцией детектирования аварийной электрической дуги// Патент РФ № 117686, 27.06.2012г.

10. ГОСТ 24606.1-81. Изделия коммутационные, установочные и соединители электрические. М.: Росстандарт, 2001

11. ПУЭ-7. Правила устройства электроустановок. Н.: Сибирское университетское издательство, 2007.

12. ГОСТ 12.4.155-85. Устройства защитного отключения. Классификация. Общие технические требования.

13. Гарманов А. В. Подключение измерительных приборов, решение вопросов электросовместимости и помехозащиты. L-Card, 2003.

14. Баранов В.М., Карасевич А.М., Сарычев Г.А. Испытания и контроль качества материалов и конструкций. М.: Высшая школа, 2004.

ПОДХОД К ОБНАРУЖЕНИЮ НЕСТАЦИОНАРНОГО КОММУТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА И СИНТЕЗ РАСПОЗНАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Д.Ю. Кудрявцев, А.А. Козырев
факультет Электроники и телекоммуникации

Аннотация

Предложен подход к обнаружению нестационарного коммутационного процесса в электроустановках. На основе энергетического анализа процесса составлено уравнение теплопроводности. Устанавливается связь между тепловыми и электрическими параметрами, выводится зависимость выделяемой мощности нестационарного процесса в месте его протекания. Проведён синтез системы, распознающей нестационарный коммутационный процесс, на основе временного частотного разложения сигналов.

Введение

Целью данной работы является выработка эффективно-го метода по обнаружению нестационарного коммутационного процесса, впоследствии приводящего к пожарам и повреждению электроустановок или их частей.

Теплофизическая формализация нестационарного коммутационного процесса.

В литературе приводится понятие и даётся определение нестационарного коммутационного процесса, проводится энергетический анализ тепловых нестационарных процессов.

Если источник тепла локализован в малом объёме V , T - температура объёма V , U - его внутренняя энергия. Находящийся в объёме V источник тепла увеличивает внутреннюю энергию объёма на $dU = dQ$, что влечёт приращение температуры $dT = \frac{dQ}{cm}$. Теплота dQ суть рассеиваемая в объёме электрическая энергия: $dQ = dW = Pdt$.

Выразим температуру объёма в момент времени $t + dt$ через температуру в момент t (считая, без ограничения общности, что равновесная температура равна 0), T . о. определяем выделяемую тепловую мощность нестационарного коммутационного процесса. (по экспоненциальному закону):

$$T(t + dt) = T(t)e^{-\alpha dt} + \delta T$$

где $\delta T = \frac{dQ}{cm} = \frac{Pdt}{cm}$. Тогда $dT = T(e^{-\alpha dt} - 1) + \frac{P}{cm}dt$, а поскольку $e^{-\alpha dt} = 1 - \alpha dt + o(dt)$ по базе $dt \rightarrow 0$, то $dT = T(-\alpha dt + o(dt)) + \frac{P}{cm}dt$, $\frac{dT}{dt} = T(-\alpha + o(1)) + \frac{P}{cm}$.

Переходя к пределу по базе $dt \rightarrow 0$, получаем окончательно

$$\frac{dT}{dt}(t) = -\alpha T(t) + \frac{P(t)}{cm}$$

Установление связи между тепловыми и электрическими параметрами.

Установим связь между тепловыми и электрическими параметрами.

Для практического применения подхода необходимо решить задачу выделения из совокупных электрических сигналов электроустановки – тока нагрузки $i(t)$ и напряжения на нагрузке (на линии) $u(t)$ - сигналов, генерируемых НКП.

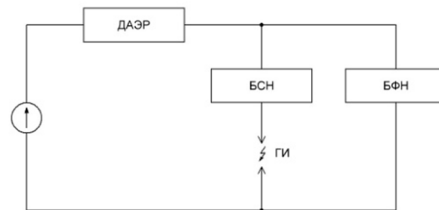


Рис. 1. Схема электроустановки с БФН, БСН, ГИ.

где ДАЭР – детектор аварийного электрического разряда (устройство распознающее наличие НКП), БСН – блок сигнальной нагрузки, БФН – блок фоновой нагрузки, ГИ – генератор искрения.

Считаем верным утверждение о том, что суммарный ток сигнальной и фоновой нагрузок есть поточечная сумма токов каждой из ветвей: $i(t) = i_{сиг}(t) + i_{фон}(t)$. Источник ЭДС считаем неидеальным, т.е. изменение суммарной проводимости нагрузки вызывает изменение напряжения на линии $u(t)$. Важна не только статическая, но и динамическая нагрузочная способность источника, которые не идеальны.

Сопротивление разрядника (источника НКП) есть случайный процесс $R_{раз}(t, \lambda)$, и он нестационарный. Он индуцирует случайный процесс $i_{сиг}(t, \lambda)$ и также является нестационарным

$$P(t, \lambda) = P_{сиг}(t, \lambda) = (i_{сиг}^2 \cdot R_{раз})(t, \lambda) = (i_{сиг} \cdot u)(t, \lambda) -$$

мощность источника тепла.

В штатном режиме работы большинства электрических нагрузок потребляемый ими ток (случайный процесс $i_{фон}(t, \omega)$) обладает свойством периодичности или хотя бы стационарности, в отличие от тока разрядника $i_{сиг}(t, \omega)$. Следовательно, этими свойствами обладает и мощность:

$$P(t, \omega) = (i \cdot u)(t, \omega) = ((i_{сиг} + i_{фон}) \cdot u)(t, \omega) = (i_{сиг} \cdot u + i_{фон} \cdot u)(t, \omega) = (P_{сиг} + P_{фон})(t, \omega)$$

Оценкой сигнальной составляющей мощности может служить аperiodическая компонента, которая оценивается как поточечная разность двух соседних фрагментов осциллограммы мощности $P(t)$. Длину фрагмента T разумно выбрать равной периоду основной гармоники ЭДС. Интегрируя эту оценку по фрагменту T , получаем оценку энергии, рассеянной на разряднике за время T : $W(t) = \int_{t-T}^t |P(\theta) - P(\theta - T)| d\theta$. Это не что иное, как $L_1 -$

расстояние между мощностью, потреблённой нагрузкой на текущем и предыдущем фрагментах длины T .

Особенности протекания НКП и анализа подобных процессов.

Полученная оценка мощности НКП в чистом виде имеет ряд недостатков – некоторые процессы и события в электроустановке, фактически не связанные с НКП, могут значительно исказить результат, ложно указывая на наличие в электроустановке НКП при его фактическом отсутствии. Это необходимо учитывать при синтезе системы, распознающий нестационарный коммутационный процесс. В первую очередь это переходные процессы и коммутационные импульсные возмущения. Их можно рассматривать с единой точки зрения – как переходные процессы разной длительности, реакции на коммутации.

Переходные процессы сопровождаются, как правило, аperiodичностью тока или напряжения. Однако если постоянная времени переходного процесса намного больше длины кадра ($\tau \gg T$), то изменение величины $W(t)$ от одного кадра к другому будет малым, следовательно, эта помеха устраняется с помощью простейшего **фильтра высоких частот** значений $W(t)$.

При коммутациях нагрузок либо мощных, либо содержащих большие ёмкости или индуктивности, либо импульсных, могут возникать кратковременные (импульсные) высокоамплитудные отклонения тока или напряжения от штатного значения. Для коррекции этой особенности нужно ввести амплитудный фильтр с неравномерной характеристикой – **амплитудный дискриминатор**, предшествующий интегрирующему фильтру. Пример амплитудной характеристики дискриминатора: $\exp(-b(y/\bar{y})^2)$.

Выходной сигнал интегрирующего фильтра поступает на устройство сравнения (компаратор), сравнивающий текущее значение температуры разрядника с критическим уровнем.

Таким образом, на основе энергетического подхода к анализу протекания тепловых и электрических процессов в разряднике выработана блок-схема системы распознавания НКП, показанная на рис. 2.:

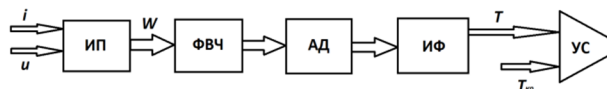


Рис. 2. Блок-схема системы распознавания НКП, построенная на основе предложенного подхода.

Заключение

Таким образом в результате синтеза выработана блок-схема системы распознавания НКП, которая позволяет осуществить последовательное преобразование исходных сигналов тока и напряжения для формирования выходного сигнала. На основе операции сравнения принимается решение об отсутствии либо наличии НКП:

Список литературы:

1. ИЕС 62606 2012-02 – стандарт по электротехническим устройствам.
2. Тумковский С.Р. Автоматизированное схемотехническое проектирование функциональных узлов РЭС: Учеб. пособие - М.: МГИЭМ, 2005. - 43 с.
3. Терёхин В.В. Моделирование в системе MATLAB: Учебное пособие. – Новокузнецк: Кузбассвузиздат, 2004. - 238 с.
4. Козырев А.А., Минченко А.В., Кудрявцев Д.Ю. Устройство динамического обнаружения аварийного электрического разряда// Патент РФ № 117734, 27.06.2012г.
5. Козырев А.А., Минченко А.В., Кудрявцев Д.Ю. Устройство защиты электроустановки с функцией детектирования аварийной электрической дуги// Патент РФ № 117686, 27.06.2012г.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ФАЗ В МОНКРИСТАЛЛЕ КВАРЦА

Т.В. Прокофьева

факультет Электроники и телекоммуникаций

В настоящее время разработана технология выращивания высокосоввершенных синтетических монокристаллов кварца с химической формулой SiO_2 . Особенностью кварца является наличие α - β фазового превращения I-го рода. В производстве электронных приборов используется только α -фаза, β -фаза не обладает пьезоэлектрическими свойствами. Целью работы является определение температурных границ существования промежуточных фаз в матрице α -фазы, которые обладают пьезоэлектрическими свойствами.

На основании измерений теплоемкости, теплового расширения кварца и на основании характера изменения симметрии его кристаллической решетки при фазовом превращении α - β фазовый переход следует считать λ -превращением, близким к критической точке Кюри. Критической точкой Кюри принято называть ту точку на (p, T) -диаграмме вещества, в которой линия фазовых переходов второго рода переходит в линию фазовых переходов первого рода. При экспериментальном определении зависимости интенсивности рассеянного света α -фазы от температуры в температурном интервале ее существования ($20 \div 573$ °С) обнаружено появление оптического «тумана» или опалесценции, что однозначно указывает на протекание фазового превращения II-го рода [1]. При исследовании оптических свойств α -фазы были обнаружены две промежуточные несоизмеримые фазы (структуры). Несоразмеримые структуры (incommensurate structures)-модулированные структуры с увеличенными в иррациональное число раз трансляциями исходной ячейки, что вызвано несоизмеримостью периодов ячейки и волны модуляции. Несоразмерная модуляция сопровождается появлением дополнительных слабых спутанных рефлексов на рентгенограммах, не укладывающихся вратно увеличенную ячейку, и обычно возникает при полиморфном превращении типа смещения или порядок-беспорядок, а также при частичном упорядочении в нестехиометрических соединениях, интеркалировании или срастании фаз.

В теоретической работе [2] рассматривается последовательность фазовых переходов в кварце при охлаждении. Исходная р («рагент») - фаза (β -фаза симметрии $D6= 622$) переходит в несоизмеримую s-фазу с «single-q» модуляцией, затем в несоизмеримую t-фазу с «triple-q» модуляцией и, наконец, в соразмеримую c-фазу (α -фаза симметрии $D3=32$). Можно предположить, что r-s переход относится к фазовому превращению первого рода, а s-t и t-c относятся к фазовым превращениям второго рода с образованием промежуточных фаз в температурном интервале существования α -фазы.

Низкотемпературная модификация α -кварца принадлежит к ромбоэдрической системе. На элементарную ячейку, имеющую при комнатной температуре параметры, $a=4,90\text{Å}$, $c=5,39\text{Å}$, приходится три молекулы SiO_2 . При нагревании выше 573 °С α -фаза, имеющая точечную группу симметрии 32, претерпевает фазовое превращение I-го рода и приобретает структуру высокотемпературной гексагональной β -фазы с точечной группой 622.

Используя тот факт, что в процессе α - β перехода в кварце тетраэдры SiO_4 практически не деформируются, но их относительные повороты значительны, угол поворота тетраэдров относительно их ориентации в высокосимметричной β -фазе нередко выбирается в качестве параметра порядка [3].

Технология выращивания синтетических монокристаллов кварца (гидротермальный способ) способствует интен-

сивному газонасыщению растущего кристалла, молекулярные и инертные газы адсорбируются на внутренних полостях создаваемых тетраэдрами, причем объемы этих полостей значительно изменяются при фазовых превращениях. Таким образом, синтетический монокристалл кварца можно отнести к нанопористым сорбентам с порами, которые изменяют свой размер при нагревании плавно, в соответствии коэффициентом термического расширения и скачкообразно, при данной температуре фазового превращения.

В десорбционных измерениях принято различать десорбцию поверхностной фазы от десорбционных потоков из объемов пор нанопористого монокристалла. Десорбционный пик формируется при прямом вылете десорбирующихся молекул с открытой поверхности, тепловой эффект десорбции определяется по формуле Редхеда при математической обработке формы пика.

Десорбционные пики из объема пористого тела при условии сквозной пористости характеризуют потоки молекул или атомов инертных газов диффундирующих из ограниченных источников диффузии по механизму Кнудсеновской диффузии.

В измерениях использовали образец α -фазы кварца в виде монокристаллической пластинки, рабочая грань которой с точностью около трех градусов соответствовала плоскости (001) в установке Бравэ.

Измерения проводились на времяпролетном масс-спектрометре МС-200 в интервале давления остаточных газов $P=5 \times 10^{-4} \div 5 \times 10^{-5}$ Па. В данном сообщении научные выводы формировались только для неизотермического участка десорбционной кривой и только для молекулярного водорода.

Результаты измерения парциального давления молекулярного водорода представлены на рис.1.

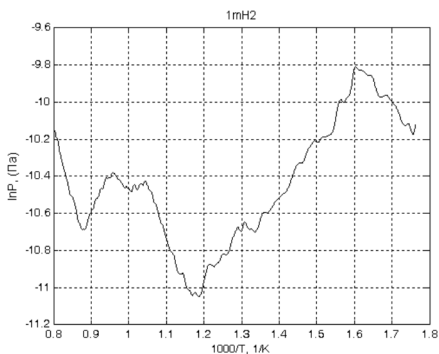


Рис.1. Температурная зависимость изменения парциального давления молекулярного водорода над поверхностью образца, определенная на времяпролетном масс-спектрометре для участка нагрева от 20 °С до 700 °С.

Выводы

Характер пиков на десорбционной кривой указывает на 11 специфических участков.

1. При нагревании от 20 °С до 289 °С происходит десорбция водорода с открытой поверхности. Парциальное давление водорода изменяется от $3,7 \times 10^{-5}$ Па при 20 °С до $5,5 \times 10^{-5}$ Па при 85 °С и снижается до $1,7 \times 10^{-5}$ Па при 289 °С, тепловой эффект десорбции, определенный по формуле Редхеда равен 1,3 кДж·моль⁻¹;

2. При нагревании от 289 °С до 315 °С проявляется период индукции, который при скорости нагревания 10 °С/мин составляет 2,6 мин, при этом парциальное давление водорода не изменяется и составляет $1,6 \times 10^{-5}$ Па.

3. При нагревании от 315 °С до 329 °С происходит десорбция водорода с Кнудсеновским диффузионным контролем, при этом парциальное давление водорода изменяется от $1,6 \times 10^{-5}$ Па до $1,8 \times 10^{-5}$ Па; тангенс отрицательного угла пропорционален теплоте образования соразмерной

низкотемпературной модификации β -фазы, характеризующейся сквозной пористостью, $\Delta H_T = 37,8$ кДж·моль⁻¹.

4. При нагревании от 329 °С до 337 °С проявляется период индукции, который при скорости нагревания 10 °С/мин составляет 0,8 мин, при этом парциальное давление водорода не изменяется и составляет $1,8 \times 10^{-5}$ Па.

5. При нагревании от 337 °С до 407 °С происходит десорбция водорода с Кнудсеновским диффузионным контролем, при этом парциальное давление водорода изменяется от $1,8 \times 10^{-5}$ Па до $2,9 \times 10^{-5}$ Па; тангенс отрицательного угла пропорционален теплоте образования т-несоразмерной фазы, характеризующейся сквозной пористостью, $\Delta H_T = 22,4$ кДж·моль⁻¹.

6. При нагревании от 407 °С до 441 °С проявляется период индукции, который при скорости нагревания 10 °С/мин составляет 3,4 мин, при этом парциальное давление водорода не изменяется и составляет $2,9 \times 10^{-5}$ Па.

7. При нагревании от 441 °С до 496 °С происходит десорбция водорода с Кнудсеновским диффузионным контролем, при этом парциальное давление водорода изменяется от $2,9 \times 10^{-5}$ Па до $3,0 \times 10^{-5}$ Па; тангенс отрицательного угла пропорционален теплоте образования s-несоразмерной фазы, характеризующейся сквозной пористостью, $\Delta H_T = 10,0$ кДж·моль⁻¹.

8. При нагревании от 496 °С до 508 °С проявляется период индукции, который при скорости нагревания 10 °С/мин составляет 1,2 мин, при этом парциальное давление водорода не изменяется и составляет $3,0 \times 10^{-5}$ Па.

9. При нагревании от 508 °С до 573 °С происходит десорбция водорода с Кнудсеновским диффузионным контролем, положительный угол наклона характеризует повышение диффузионного сопротивления для молекул водорода из-за такого поворота кислородных октаэдров, при котором в нанопорах α -фазы постепенно образуется система с замкнутой пористостью и диффузионный поток прекращается, причем температура 573 °С является максимальной температурой существования α -фазы.

10. При нагревании от 573 °С до 605 °С проявляется период индукции, который при скорости нагревания 10 °С/мин составляет 3,2 мин, за этот период происходит такой поворот кислородных октаэдров, при котором образуется кристаллическая решетка β -фазы, вновь характеризующаяся сквозной пористостью, при этом парциальное давление водорода не изменяется и составляет $3,0 \times 10^{-5}$ Па.

11. При нагревании от 605 °С до 700 °С происходит десорбция водорода с Кнудсеновским диффузионным контролем при этом парциальное давление водорода изменяется от $3,0 \times 10^{-5}$ Па до $3,9 \times 10^{-5}$ Па; тангенс отрицательного угла пропорционален теплоте образования высокотемпературной модификации β -фазы, которая характеризуется сквозной пористостью, $\Delta H_T = 37,8$ кДж·моль⁻¹.

Таким образом, применение термодесорбции в режиме неизотермической кинетики позволило определить температурные интервалы существования промежуточных фаз и тепловые эффекты их образования в монокристалле кварца.

Список литературы:

1. Самсонов А.В. Атомистическое моделирование несоизмерной фазы в кварце. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.ф.-м.н. Барнаул, 2010.
2. Яковлев И.А., Величкина Т.С. Два новых явления при фазовых превращениях второго рода. Успехи физических наук, Т. LXIII, вып. 2, 1957.
3. Санников Д.Г. Теоретическая последовательность s- и t-несоразмерных фаз в кварце. Физика твердого тела, 2008, том 50, вып. 3, с. 490-492.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ SPICE МОДЕЛЕЙ ТРАНЗИСТОРОВ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ

Д.А. Самодуров

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация

В данной работе, с помощью выходных и входных характеристик, были рассчитаны тепловые коэффициенты SPICE моделей транзисторов. В рамках исследования были определены параметры модели биполярного транзистора 2Т3130А9.

Введение

Для успешного и качественного проектирования электронных схем нужно знать необходимые параметры элементов входящих в них. В зависимости от их назначения может возникнуть ситуация, когда нужно учитывать влияния температуры например из-за нагревания прибора в процессе работы. В таких условиях элементы приборов, например транзисторы, могут менять свои свойства, что приводит к изменению работы самого устройства и выхода его из рабочего состояния, а возможно и к поломки. Чтобы такого не произошло, разработчик должен учитывать влияние температуры на данную конструкцию. Как следствие данная работа является актуальной и может быть полезна во многих отраслях электроники и электронного машиностроения. Для исследования поведения схем с учетом температуры их можно промоделировать с помощью программы анализа схем, например SPICE.

Цель исследования заключается в определении температурных коэффициентов SPICE моделей биполярных транзисторов.

Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

- С помощью имеющегося аппаратно-программного комплекса снять входные и выходные характеристики транзисторов при различных температурах;
- Проанализировать полученные характеристики и по ним определить параметры SPICE модели транзистора.

В первом разделе описан аппаратно-программный комплекс и приведены входные и выходные характеристики, которые необходимы для определения параметров транзистора.

Во втором разделе показаны полученные коэффициенты SPICE моделей и приведены зависимости параметров от температуры.

Раздел 1

Аппаратно-программный комплекс

Для определения параметров транзисторов необходимо знать их входные $I_b(U_{бэ})$ и выходные $I_c(U_{кэ})$ характеристики для биполярных транзисторов и сток-затворная для МОП транзисторов.

Аппаратная часть комплекса [2] состоит из персонального компьютера, двухканального источника-измерителя KEITHLEY 2602, который позволяет снимать одновременно ток и напряжение с одного канала, многоканального линейного источника постоянного тока GPD 73303D и тепловизора для определения температуры транзистора.

Программная часть состоит из оболочки графического языка программирования Agilent VEE, с помощью которого создаются программы для контроля над процессом измерения данных, а так же из автономных программ управления измерительными приборами (ПО АСК-4174 и Keithley TSB). Полученные характеристики обрабатываются с помощью пакета Agilent IC-CAP, после чего полученные значения параметров SPICE-моделей приборов приме-

няются в системах схемотехнического проектирования SPICE, Mentor Graphics, Cadence и т.п.

Данный комплекс позволяет быстро снимать характеристики и с помощью интерфейсов GPIB, USB и RS-232 передавать информацию на компьютер.

Раздел 2

Определение температурных коэффициентов spice модели транзистора 2т3130а9

С использованием аппаратно-программного комплекса были измерены характеристики транзистора 2Т3130А9 (см. рис. 1, рис 2).

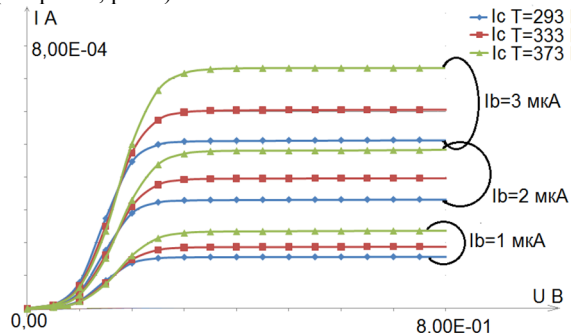


Рис. 1. Измеренные выходные характеристики транзистора 2Т3130А9 при разных температурах

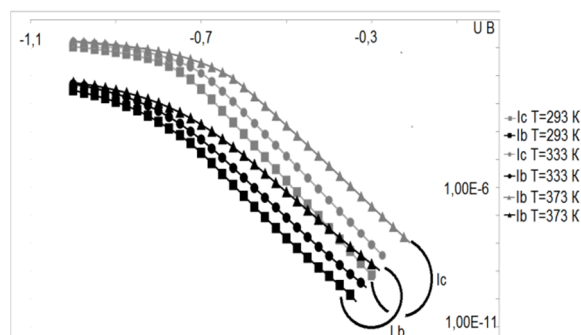


Рис. 2. Измеренные входные характеристики транзистора 2Т3130А9 при разных температурах

Ток насыщения (I_s) и коэффициент усиления (B_f) являются одними из наиболее важных параметров моделей транзисторов. Экспериментально их значения определяют по графикам полученных с комплекса.

Ток насыщения определяется по входной характеристике. Если взять две точки на участке графика, где функция $I_b(U_{бэ})$ является экспонентой, то для них верны уравнения:

$$U_{бэ1} = n_f \cdot 0.026 \ln\left(\frac{I_{k1}}{I_s} + 1\right) \quad (1)$$

$$U_{бэ2} = n_f \cdot 0.026 \ln\left(\frac{I_{k2}}{I_s} + 1\right) \quad (2)$$

Решая эту систему уравнений можно определить ток насыщения. Коэффициент усиления определяется, как отношение тока коллектора к току базы в тех точках, где он (B_f) имеет максимум.

$$B_f = \max\left(\frac{I_c}{I_b}\right) \quad (3)$$

В SPICE модели Гуммеля-Пуна используются следующие зависимости $I_s(T)$ и $B_f(T)$:

$$I_s(T) = I_s(T_{nom}) \cdot \left(\frac{T}{T_{nom}}\right)^{XTI} \cdot e^{\left(\frac{q \cdot E_g(300)}{k \cdot T}\right) \cdot \left(\frac{T}{T_{nom}} - 1\right)} \quad (4)$$

$$B_f(T) = B_f(T_{nom}) \cdot \left(\frac{T}{T_{nom}}\right)^{XTB} \quad (5)$$

где: T - рабочая температура;

$T(nom)$ - номинальная температура работы;

ХТІ, ХТВ – коэффициенты в SPICE моделях, которые необходимо найти.

Исследования характеристик транзистора проводились при разных температурах, и для каждого случая определялась величина тока насыщения и коэффициента усиления, что дало возможность определить коэффициенты ХТІ и ХТВ:

$$ХТІ = 74,52; ХТВ = 0,943.$$

С учетом ХТІ и ХТВ зависимость Is и Vf от температуры описывается выражением:

$$I_s(T) = 7,1 \cdot 10^{-15} \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^{3,52} \cdot e^{\left(\frac{12866}{T}\right) \cdot \left(1 - \frac{T}{273}\right)} \quad (6)$$

$$V_f(T) = 195 \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^{0,943} \quad (7)$$

Графики зависимости Is(T) и Vf(T) представлены на рис. 3 и 4 соответственно. Точками обозначены экспериментально полученные значения

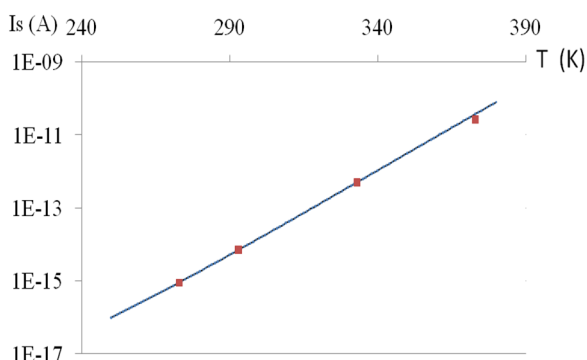


Рис. 3. График зависимости тока насыщения от температуры в логарифмическом масштабе

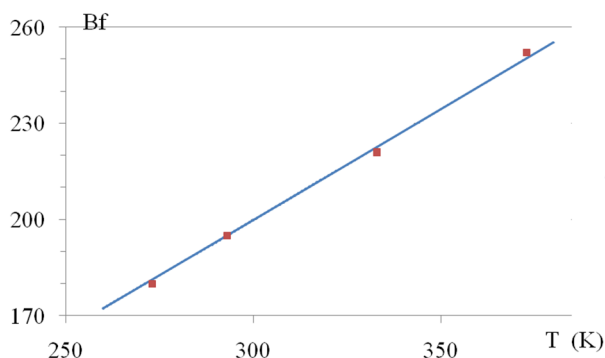


Рис. 4. График зависимости коэффициента усиления от температуры

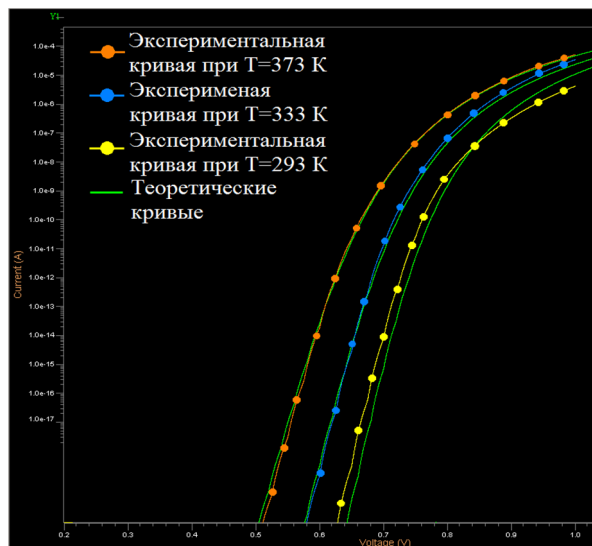


Рис. 5. Сравнения теоретических и экспериментальных данных в программе System Vision 5.5

Для проверки правильности результатов, полученных при теоретических расчетах, их необходимо сравнить друг с другом. Теоретические расчеты проводились в программе System Vision 5.5. Полученные результаты представлены на рис 5.

Заключение

В результате работы были определены параметры SPICE модели транзистора 2Т3130А9 и отработана методика снятия характеристик с радиоэлектронных компонентов с учетом температуры. Данная работа позволяет рассчитать характеристики схем с учетом температуры.

Список литературы:

1. Аппаратно-программный комплекс для параметрического и функционального контроля фрагментов АЦ/ЦА БИС / Е. С. Дрозденко, Л. М. Самбурский // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. Тезисы докладов. – 2012. – С. 348-349
2. Mentor Graphics Corporation HSPICE® Elements and Device Models Manual. – 2007. – С 155-187.
3. Изучение статических вольт-амперных характеристик биполярного транзистора и определение параметров его модели для схемотехнических расчетов. Методические указания к лабораторной работе по электронным и микроэлектронным курсам / К.О. Петросянц, И.А. Харитонов, Н.И. Рябов // Моск. гос. институт электроники и математики (технический университет) М., 2001 - 17 с.

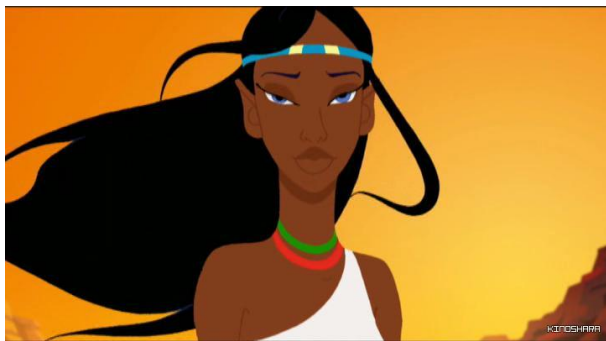
Секция «Современные технологии дизайн проектирования»

2.5D АНИМАЦИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Н.Н. Редькин

факультет Электроники и телекоммуникаций

Для начала необходимо определиться с терминологией.



Двухмерная анимация - анимация двухмерных объектов, находящихся в двухмерном пространстве. То есть мы имеем только две оси - X и Y.

Трехмерная анимация - анимация трехмерных объектов, находящихся в виртуальном, воображаемом трёхмерном пространстве. Т.е. мы имеем три оси - X, Y и Z.

Что касается определения понятия 2.5D анимации, их существует несколько:

1) **2.5D анимация** - это двухмерная анимация в трехмерном пространстве. То есть плоские двухмерные объекты помещаются в 3D пространство.

2) **2.5D анимация** - это двухмерная анимация в двухмерном пространстве, при которой создается имитация 3D пространства (за счет перспективы, плавной Твин-анимации, морфов, и т.д.).



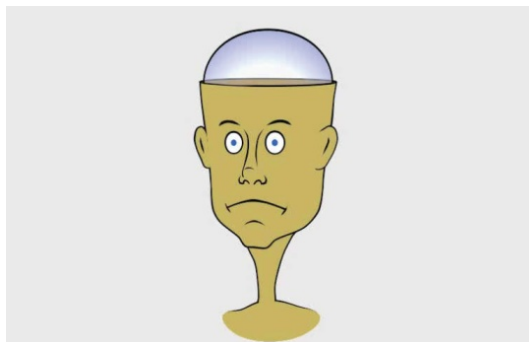
Также, говоря о 2.5D анимации, нужно выделить понятие псевдотрёхмерности:

Псевдотрёхмерность (или «измерение 2.5», 2.5D) — компьютерный термин, который употребляется в основном по отношению к играм или игровым технологиям, графика которых пытается имитировать трёхмерное игровое пространство, но не является трёхмерной.



Хорошим примером 2.5D анимации является музыкальный анимационный клип группы «Ленинград» «Доктор Хаус», в котором все фигуры выглядят как двухмерные рисунки, однако создается ощущение того, что они перемещаются в трехмерном пространстве, создается иллюзия поворота в трех измерениях. Такой эффект достигается благодаря использованию слоев (layering), теней, перспективных анимаций, морфинга, часть анимации создана с использованием костей (bone systems). Благодаря этому создается плавный переход (некая текучесть) и появляется глубина пространства, в результате этого нам кажется, будто это - бумажные силуэты, вырезанные из бумаги, перемещающиеся в трехмерном пространстве. Они выглядят практически как бумажные куклы в реальном мире.

2.5D эффект может также распространяться на другие, более типичные объекты для двухмерной анимации, и может казаться, что они перемещаются в 3D пространстве.



Даже простой поворот головы персонажа (простое вращение головы персонажа) может быть настолько плавным (текучим), что объект будет выглядеть как трехмерный (за счет этого плавного движения), и будет казаться, что это - 3D объект с плоским затемнением и контурами, которые придают изображению двухмерный вид.



Это могут быть двухмерные движущиеся объекты, помещенные в 3D пространство ИЛИ анимация, в которой используются различные уловки с перспективой и тенями, благодаря которым двухмерное пространство выглядит как трехмерное, несмотря на то, что вы все еще работаете с двухмерной плоскостью.

2.5D анимация во Flash

Создание 2.5D эффекта возможно как в 2D, так и в 3D программах. В программах, похожих на Flash, можно создать ложную/искусственную перспективу и затем анимировать/ tween (или создать твин анимацию), с помощью которой можно добиться изменения перспективы для создания 2.5D эффекта.

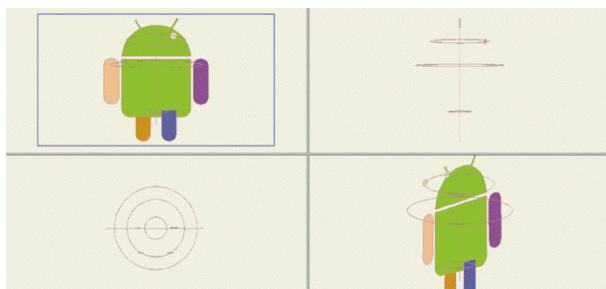


Можно также создать тени, используя обесцвеченные копии объектов и расположенные должным образом (соответственно, правильно), с инструментами перспективы соответственно растянуть форму тени. Объекты с падающими от них тенями выглядят более трехмерно.

2.5D анимация в Anime Studio Pro

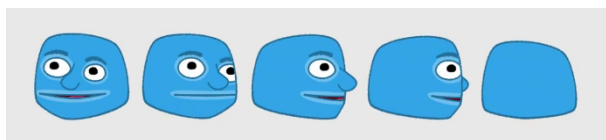
Другой (если сравнивать с Flash) подход к созданию 2.5D анимации используется в Anime Studio (МОНО). В отличие от Flash, в Anime Studio используется 3D пространство, в которое помещаются двухмерные объекты.

Интересный подход к 2.5D анимации придумал пользователь форума Lostmarble Defims. Технику, которую он использует, он назвал "3D follow path technique":



Суть ее заключается в том, что в ней используется инструмент Follow path, с помощью которого к круговым или овальным векторным объектам, повернутым в пространстве по оси Z, привязываются двухмерные объекты. Затем овалы или круги могут быть повернуты под определенным углом, в результате чего мы наблюдаем изменение перспективы. Эта техника позволяет проводить трехмерный поворот двухмерных объектов.

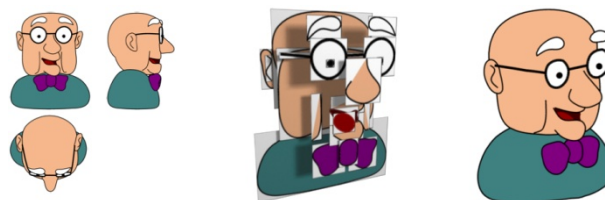
Также в программе можно создать очень правдоподобный поворот 2D объекта без использования слоев, повернутых по оси Z. Это достигается за счет анимации точек векторной кривой и использования уловок с перспективой, а также за счет использования масок, слоев.



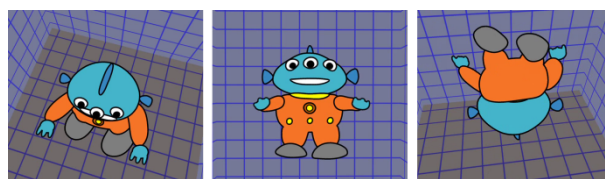
На этом примере полный поворот на 360 градусов был выполнен на одном слое и с минимальным количеством ключевых кадров. Однако глаза, рот, нос, зубы - все это отдельные векторные формы, наложенные друг на друга. Глаза при повороте скрываются за форму головы за счет использования масок. Интересная деталь в данной анимации - это нос. В начале анимации нос расположен выше всех остальных векторных изображений, а к концу поворота нос как бы становится расположенным позади всех векторных форм. На самом деле в этой анимации используется два одинаковых векторных носа, один располагается ниже векторного слоя с головой (и поэтому он не виден), другой - выше (тот, который расположен на 1-м кадре). Секрет этой псевдотрехмерной анимации в том, что один нос "подменяется" другим, когда это необходимо. Такой же эффект с "одним носом" можно было бы получить, используя слои, т.к. в Anime Studio возможна анимация порядка слоев.

Будущее 2.5D анимации

2.5D анимация – это анимация, которая позволяет создать имитацию 3D как с использованием 3D пространства, так и без него. Некоторые современные разработки 2.5D программ пошли по пути 2.5D анимации с использованием 3D пространства.



Например, программа 2.5D Cartoon Models представляет собой небольшую программу, позволяющая создавать 2.5D модели. В ней персонаж рисуется по частям: отдельно голова, глаза, нос, рот, щеки (если имеются) и т.д. Каждая часть располагается на разном расстоянии по оси Z, то есть выравнивается по глубине, и в зависимости от ракурса, части персонажа оказываются на разном расстоянии от камеры, в результате этого одни части персонажа перекрывают другие в одном ракурсе и другие в другом, поэтому двухмерная модель выглядит практически как трехмерная.



К достоинствам 2.5D анимации можно отнести также и то, что объект (или персонаж), становясь "объемным", сохраняет при этом всю красоту нарисованной от руки векторной (или растровой) графики. К тому же в некоторых случаях (например, при создании простых анимационных персонажей) быстрее и лучше воспользоваться 2.5D анимацией вместо 3D.

В заключение можно сказать, что 2.5D анимация позволяет упростить процесс разработки некоторых анимационных фильмов и создать иллюзию третьего измерения.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ФИТИНГА НА ЭТАПЕ СОЗДАНИЯ КРУПНОГАБАРИТНОГО ГОЛОВНОГО ОБТЕКАТЕЛЯ

В.В. Азафонов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация.

В работе рассматривается процесс проектирования фитинга продольного стыка крупногабаритного головного обтекателя ракеты-носителя. С помощью программы конечно-элементного анализа проводится поиск наиболее оптимальной с точки зрения массово-прочностных характеристик конфигурации фитинга.

Введение.

На ГКНПЦ им. М.В. Хруничева разрабатывается новый тип головного обтекателя диаметром 5,1 м. Данный обтекатель предназначается для обеспечения запуска ракет-носителей «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М» крупногабаритных космических аппаратов. [2]

Разработка данного обтекателя вызвана необходимостью увеличения зоны для размещения полезной нагрузки, а так же в связи с повышением конкурентоспособности российских ракет-носителей по отношению к разрабатываемым зарубежным ракетам-носителям тяжёлого класса, которые по большей части ориентированы на использование крупногабаритных головных обтекателей диаметром до 5,4 м.

Для данного головного обтекателя требуется спроектировать фитинг продольного стыка. В качестве прототипа для изготовления нового типа фитингов можно использовать существующий фитинг продольного стыка створок головного обтекателя ракеты-носителя малого диаметра.

При выборе системы разделения продольного стыка головного обтекателя использовались прототипы ранее использовавшихся систем разделения с учётом удовлетворения требованиям по надёжности и ограничению массы головного обтекателя при возросшем уровне нагрузок. В качестве вариантов замков для системы разделения были рассмотрены механические замки шарикового и сухарного типов в отдельно стоящих фитингах. Кроме этого рассматривался вариант с механическими замками того же типа, но объединёнными в общий фитинг. [4]

Методы решения задачи.

Поиск наиболее оптимальной конструкции фитинга осуществлялся путём подбора наиболее оптимального вида и формы детали в программе Unigraphics NX 7.5.

Деталь должна удовлетворять условию прочности:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma], \quad (1)$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{\eta}, \quad (2)$$

где σ_{\max} – максимальные напряжения, которые возникают в конструкции детали в момент её эксплуатации, $\sigma_{\text{пред}}$ – предельно допустимые напряжения, при которых деталь может выполнять свою функцию, $\eta = 1,5$ – запас прочности, $[\sigma]$ – предельно допустимые напряжения с учётом запаса прочности. [1,5]

Поиск оптимального варианта конструкции.

Были созданы несколько вариантов фитингов. В качестве перспективного варианта конструкции рассматривался совмещенный фитинг, представленный на рис. 1.

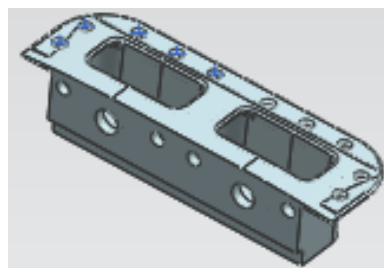


Рис. 1. Совмещённый фитинг.

Все варианты фитингов рассчитывались на прочность с помощью интегрированного в NX модуля NASTRAN в соответствии с расчётными случаями нагружений. [3]

После расчёта были получены модели напряжённого состояния конструкций, вычисленные по гипотезе энергии формоизменения Рихарда Фон Мизеса. [6]

Исходя из условия прочности (формулы 1 и 2) максимальные напряжения в рассчитываемых конструкциях фитинга не должны превышать 211,54 МПа. Варианты, в которых напряжения превышали предельно допустимые, в последствии подвергались изменениям.

В результате был получен наиболее рациональный вариант конструкции фитинга. Им оказался вариант, представленный на рис. 1. Модель напряжённого состояния этого фитинга представлена на рис. 2.

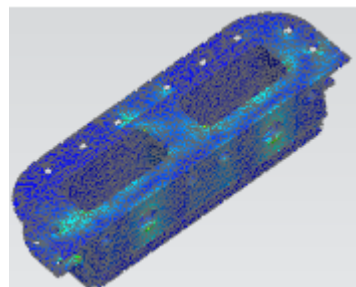


Рис. 2. Модель напряжённого состояния фитинга.

Заключение.

Был спроектирован фитинг продольного стыка, который при обеспечении заданных требований по прочности и технологичности имеет наименьшую массу.

Список литературы:

1. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.: ил.
2. ГКНПЦ им. М.В. Хруничева [Электронный ресурс]. - Ракета-носитель «Протон-М». - Режим доступа: <http://www.khrunichev.ru/main.php?id=42>
3. Гончаров П. С., Ельцов М. Ю., Коршиков С. Б. и др. NX для конструктора-машиностроителя. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 504 с.: ил.
4. Расчет и проектирование систем разделения ступеней ракет: Учеб. пособие / К.С. Колесников, В.В. Кокушкин, С.В. Борзых, Н.В. Панкова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 376 с.: ил.
5. Справочник по сопротивлению материалов/ Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В.; Отв. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наук. Думка, 1988. – 736 с.
6. Шимкович Д.Г. Расчёт конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. – М.: ДМК Пресс, 2003. – 448 с., ил.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИЗАЙН ПРОЕКТИРОВАНИЯ 3Д ИГР

А.А. Козлов

Отделение дизайна МИЭМ НИУ ВШЭ

На данный момент производство компьютерных игр занимает важную роль в обществе. Производство игры можно расценивать как произведение искусства, производственный процесс объединяет в себе очень много направлений и профессий - художники, мультипликаторы, аниматоры, сценаристы, специалисты по спец. эффектам, программисты участвуют в данном процессе.

Начинающие дизайнеры игр часто не имеют представления о том, с чем им придется работать. Если дизайном игры занимается программист, страдает визуальная составляющая. Если занимается художник, то зачастую, развив идею создания игры, на практике она оказывается не реализуемой с программной точки зрения.

Проведя обзор источников можно утверждать, что в настоящий момент существует большое количество исследований влияния 3д игр и виртуальной реальности на общественные процессы. Есть исторический обзор по эволюции компьютерных игр. Но, отсутствует какое-либо описание технологического процесса реализации идеи в игру.

В данной исследовательской работе: систематизирован ряд технических возможностей и ограничений в создании компьютерных игр; описан производственный цикл создания компьютерной игры; выявлены навыки дизайнера игр необходимые в современном мире; изучены и описаны процессы работы над идеями для игры.

В рамках работы также рассмотрен процесс работы над созданием рисунков для 3д моделирования; описаны методы скелетной анимации (ручной способ и способ MotionCapture); рассмотрен процесс добавления текстуры и размещение объекта на сцене. Также произведена обработка графических объектов с помощью Shaders.

В ходе работы над проектом разработчику необходимо произвести работу над интерфейсом проектируемой игры. От интерфейса зависит удобство пользователя. Интерфейс зачастую очень важный элемент, из-за того, что разместив на нем все задуманные элементы, он рискует стать крайне не эргономичным, и отпугнет большинство пользователей. Но, в то же время, в нем должен присутствовать необходимый минимум элементов. Вопрос интерфейсов как и вопрос управления очень актуален, когда учитывается, под какую игровую платформу разрабатывается игра. Существует 3 самых популярных метода ввода информации: 1) сенсорный дисплей (планшеты, мобильные устройства) 2) джойстик (игровые приставки) 3) Клавиатура+мышь. Часто игры разрабатывают под 1 вид управления, а после, для повышения коммерческой выгоды, без изменений переносят на другую игровую платформу, что часто ведет к негативной реакции пользователя. В настоящее время актуально разработать вариант универсального интерфейса под различные жанры игр.

Для успешного проектирования 3д игры необходимо изучить существующие решения сред разработок, их логику, преимущества и недостатки, выявить современные тенденции развития сред разработки, опираясь на данные современных разработчиков игровых платформ и описать возможные процессы оптимизации, а также предоставить логическую схему возможных графических оптимизаций.

Технические возможности 3Д редакторов позволяют получить крайне реалистичную картинку, но проблема заключается в том, что динамически изменять эту картинку без оптимизации невозможно в разумные сроки. Если в киноиндустрии, для 10 секундного ролика, необходимо

обрабатывать его несколько часов, то графику в игре необходимо оптимизировать до обработки в реальном времени, при этом не должна потерять качество картинки.

Проблема начинающего дизайнера игр в следующем: часто разработчик не знает каким функционалом может пользоваться, и какие программные ограничения существуют, не знаком с процессом реализации той или иной идеи, ему приходится искать всевозможные данные из различных источников. Приступая к работе над идеей, как правило она выглядит как набор несвязных мыслей. На основе этих мыслей необходимо создать единую концепцию. Целый жанр игр был создан от словесных и карточных игр (RPG), в этих играх очень большое значение имеет проработанность вселенной и указание законов данной игровой вселенной, т.е. это правила которые нельзя нарушать. Часто проработанные вселенные выглядят весьма логично, если в них самих не заложено правило быть противоречащими и нелогичными. Таким образом, набор идей можно подвести под одну концепцию. Зная весь технологический процесс и имея структурированную идею, можно примерно представить какова будет реализация, сколько времени она займет, и какую платформу лучше выбрать для создания продукта.

В условиях постоянного развития направления, задумав очень сложный проект или не рассчитав возможности команды разработчиков, может получиться так, что игра, которую реализовывали 10 лет, полностью потеряет свою актуальность.

В современном мире, наметилась тенденция разработки игр небольшими коллективами, для игр подобного направления придумали целый жанр, на английском *independence* в сокращении *Inde* в Русском Инди. Подобные проекты, отличаются отсутствием финансирования проекта из вне. На данном этапе в индустрии 3д игр пользователям стали больше интересны оригинальные идеи, и нестандартные реализации. Это происходит потому, что лидирующие компании каждый год выпускают стандартную серию игр, со стандартной реализацией, но с практически реалистичной графикой. Поэтому пользователей больше привлекает нечто нестандартное, новое и свежее. Кроме описанных в различных статьях средств привлечения внимания игрока, которые заставляют пользователя играть не отрываясь встает вопрос свободы действия игрока в игровом мире, и чем больше свободы закладывается производителем игры, тем больше вероятность, что пользователь проявит интерес. Проблема состоит в том, что повторить свободу реального мира, пока программно невозможно. Вычислительные способности пользовательских компьютеров не могут предоставить достаточно вычислительной мощности. Таким образом многие разработчики находятся в поиске путей реализации свободы игрока возможными средствами. Подобным играм также был определен жанр *SandBox* (дословный перевод «Песочница»), одним из ярчайших примеров реализации этого жанра — игра *Minecraft*, получившая большую популярность. Особенность игр жанра песочница — отсутствие конечной цели игры в стандартном понимании.

В результате проведенной работы: проанализированы компоненты производственного процесса создания игры; описан полный список компонентов 3д игры; выявлен ряд технических ограничений и рассмотрены модные тенденции; описаны возможные сложности в реализации задумки игр. Все это позволяет обозначить диапазон дальнейших исследований.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕБ-САЙТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

П.Ю. Сковородников

Отделение Дизайна МИЭМ НИУ ВШЭ

Данное исследование рассматривает изменения в проектировании сайтов за последнее время. Для того, чтобы понять основные отличия нужно рассмотреть основные изменения в технологиях последнего времени, а также отличия новых концепций.

Введение

Для создания веб сайта нужно рассмотреть изменения в современных технологиях и основных концепциях проектирования сайтов. Ниже будут рассмотрены основные концепции проектирования сайтов: Web 2.0, Web 3.0, Адаптивный дизайн

Новые технологии

Благодаря стремительному развитию мобильных устройств (разнообразных гаджетов) и доступного мобильного интернета появилась проблема адаптации сайтов под разнообразные мобильные устройства, использование сенсорных экранов. Эти проблемы нашли отражение в концепции Web 3.0.

На современные концепции сильно повлияли продолжение развития и совершенствования Ajax- технологий и массовая социализация сайтов.

Основные концепции веб-сайтов

Web 2.0 — методика проектирования систем, которые путём учёта сетевых взаимодействий становятся тем лучше, чем больше людей ими пользуются. Особенностью веб 2.0 является принцип привлечения пользователей к наполнению и многократной выверке информационного материала. Определение Тима О'Рейли нуждается в уточнении. Говоря «становятся лучше», имеют в виду скорее «становятся полнее», то есть речь, как правило, идёт о наполнении информацией, однако вопросы её надёжности, достоверности, объективности не рассматриваются. По сути, термин Web 2.0 обозначает проекты и сервисы, активно развиваемые и улучшаемые самими пользователями: блоги, wiki, социальные сети и т.д. Появление названия Web 2.0 принято связывать со статьёй «Tim O'Reilly — What Is Web 2.0» от 30 сентября 2005 года. В этой статье Тим О'Рейли увязал появление большого числа сайтов, объединённых некоторыми общими принципами, с общей тенденцией развития интернет-сообщества, и назвал это явление Веб 2.0, в противовес «старому» Веб 1.0. Несмотря на то, что значение этого термина до сих пор является предметом многочисленных споров, те исследователи, которые признают существование Web 2.0, выделяют несколько основных аспектов этого явления. Первым, кто употребил словосочетание Web 2.0, стало издательство O'Reilly Media (одно из наиболее известных издательств по информационных технологиям). Web 2.0 не является технологией или каким-то особым стилем Web-дизайна. Для определения сути подходит определение Web 2.0 как комплексного подхода к организации, реализации и поддержке Web-ресурсов.

Web 3.0 — концепция развития интернет-технологий, сформулированная руководителем Netscape.com Джейсоном Калаканисом в продолжение концепции Web 2.0 Тима О'Рейли. Её суть в том, что Web 2.0 является только технологической платформой, а Web 3.0 позволит на её основе силами профессионалов создать высококачественный

контент и сервисы. Определение было опубликовано в личном блоге Калаканиса 10 марта 2007 года. Калаканис отметил, что Web 2.0 позволяет быстро и практически бесплатно использовать значительное количество мощных интернет-сервисов с высокими потребительскими качествами, что привело к появлению огромного количества однообразных ресурсов, и, как следствие, девальвации ценности большинства из них. Идея в том, что на основе Web 2.0 должна возникнуть новая платформа — не столько технологическая, сколько социокультурная, используемая профессионалами для создания интересного, полезного и качественного контента. В качестве примера тенденции к переходу от Web 2.0 к Web 3.0 Калаканис приводит немецкий раздел Википедии, который по мере наполнения контентом прибегает к закрытию на редактирование неопытными участниками качественных статей, вводит рецензирование статей силами профессиональных редакторов.

Адаптивный веб дизайн — это дизайн страниц сайтов, обеспечивающий отличное восприятие на различных устройствах (разных типах экранов), подключённых к интернет. Целью адаптивного веб-дизайна является универсальность веб-сайта для различных устройств. Для того, чтобы веб-сайт был удобно просматриваемым с устройств различных разрешений и форматов, по технологии адаптивного веб-дизайна не нужно создавать отдельные версии веб-сайта для отдельных видов устройств. Один сайт может работать на смартфоне, планшете, ноутбуке и телевизоре с выходом в интернет, то есть на всем спектре разрешений и типов экранов. Впервые понятие отзывчивого веб-дизайна ввел Итан Маркотт в одной из своих статей в мае 2010 года. Впоследствии он выпустил книгу под названием «Responsive Web Design», посвященную данной технологии. Джеффри Зельдман предложил расширить понятие Итана Маркотта, чтобы оно покрывало любые подходы, обеспечивающие ясное визуальное восприятие независимо от характеристик экрана и других ограничений пользовательского устройства. С другой стороны, Аарон Густафсон выпустил книгу «Adaptive Web Design: Crafting Rich Experiences with Progressive Enhancement», которая рассматривает метод «постепенного улучшения», как важную составляющую адаптивного дизайна. В результате среди веб-дизайнеров стали понимать адаптивный дизайн, как более широкое понятие, включающее отзывчивый дизайн и постепенное улучшение.

Заключение

Учитывая последние тенденции проектирования сайтов можно отметить следующие отличия. Популярность Ajax-технологий привела с одной стороны к уменьшению количества страниц в веб-сайте, но с другой стороны увеличила сложность проектирования страницы веб-сайта, как технически, так и в плане дизайна. Это связано с большим количеством скрытых элементов сайта, которые показываются только при каком-то определенном действии пользователя, при этом не вызывая перехода на другую страницу.

Развитие социальных сетей привело к тесной интеграции веб-сайтов с крупными социальными сетями. С одной стороны это увеличило удобство использования сайтов, с другой стороны привело к использованию стандартных элементов дизайна, что является негативом в плане дизайна.

Проблемы адаптивного дизайна. Популярность развития этой концепции привела к тому, что дизайнерам и разработчикам сайтов приходится разрабатывать сразу несколько разных версий дизайна, по сути дела, при этом их приходится создавать так, чтобы они из себя технически представляли единый сайт, а не разные независимые друг от друга версии одного сайта.

ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ В XX-XXI ВЕКЕ

В.В. Московкин

Отделение Дизайна МИЭМ НИУ ВШЭ

В современном дизайне существует многообразие методологических подходов и технологий проектирования, которые неизменно расширяют свои инструментарий под воздействием научно-технического прогресса. Однако, несмотря на это, основной задачей дизайнера остается решение лежащие в плоскости формообразования и композиции.

Современный дизайн на пути своего развития претерпел несколько важных с точки зрения формообразования стадий. После определения дизайна как вида специфической деятельности обеспечивающей промышленность возникла необходимость в формировании широкой сети разнообразных связей, которые окружают любой проект. Проектная деятельность, по сути, оказалась частью равновесия производства, экономики, экологии и иных смежных отраслей деятельности. Данный механизм изменил сам процесс проектирования. Теперь внимание дизайнеров оказывается все меньше ориентированно на сам разрабатываемый объект, и все больше – на те изменения, которые необходимо произвести в производстве, экономике, логистике, в мышлении потребителя или даже социума в целом в ходе создания, «привыкания» или использования нового продукта. Однако, подобная многоплановость и ориентация на статистические данные множества разнообразных наук привели к появлению так называемых кризисов формообразования, когда собственно эстетика и композиция переживают спад, ввиду ухода их с приоритетной цели в дизайн-проектировании.

Выход из данной ситуации произошел в конце 20-го столетия, однако, он представляется неоптимальным. Дизайн, ввиду связанности с экономикой обрел роль мощного рычага воздействия на потребителя в современном обществе, где преобладает «эмоциональная» составляющая в формировании продаж продукции промышленного производства. С одной стороны, произошло определенное снятие «лишних» полномочий с самих проектировщиков. С другой, произошло раздувание штатов и бюджетов компании для обеспечения непрерывного потока проектирования различных вещественных, графических и мультимедийных «артефактов» дизайна. На данный момент у крупных производственных формаций уровень затрат на «research and design» и рекламные компании продукции может составлять до 70% средств вкладываемых в разработку и производство единичного продукта.

Так же следует обратить внимание на то, что подобное отношение к построению глобальных фирменных стилей снижают возможность к серьезному рывку на любом из вышеперечисленных направлений ввиду необходимости «уравнивать» их в угоду маркетингу. Кроме того, подобный синкретический арсенал очевиден и выгоден для промышленного дизайна, но например, в дизайне среды его применение встречается со вполне очевидными трудностями, ввиду того, что сам средовой дизайн как средство синтеза оперирует иными понятиями, в первую очередь пространством. Хотя использование графики и суперграфики в дизайне среды, является устойчивой тенденцией нашего времени.

Кроме того, дизайн, являясь молодой и инновационной областью, иногда слишком отходит от основных задач, в силу своей ориентации на все новое. Одним из таких неоднозначных путей, уводящих эстетику и важность формообразования в дизайне сейчас является обилие и разнообра-

разие современных информационных и мультимедийных технологий.

Несмотря на широту предоставляемых современным проектировщикам преимуществ в виде экономии времени и симуляции еще несуществующих объектов и систем, сами мультимедийные средства проектирования, зачастую отвлекают дизайнеров от осмысления эстетического потенциала компьютерного проектирования. В результате ущербное использование цифровых технологий приводит к снижению качества дизайн-проектов. На этом фоне ясно очерчивается задача максимального раскрытия возможностей компьютеризации дизайна, приведения ее целей и методов в соответствие с гуманистическими устремлениями, как отдельной личности, так и общества в целом.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что для рационального использования дизайн-проектирования необходимо обратиться к значимости эстетики в произведениях дизайна, на основе информационных технологий, которые в дизайне являются инструментом, а не самоцелью.

Список литературы:

1. Рунге В.Ф., Сеньковский В.В. Основы теории и методологии дизайна. – М.: МЗ-ПРЕСС, 2005.
2. Шимко В.Т. Архитектурно-дизайнерское проектирование. Основы теории (средовой подход). – М.: Архитектура-С, 2009.
3. Яцюк О.Г. Мультимедийные технологии в проектной культуре дизайна: гуманитарный аспект, автореферат докторской диссертации по специальности 17.00.06. – М. 2009.

КРЕАТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ ПЛАГИНА FILTER FORGE 3 В ПРОЦЕССЕ КОЛЛАЖИРОВАНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЦВЕТКОРРЕКЦИИ

М.С. Орлова

Отделение Дизайна МИЭМ НИУ ВШЭ

Аннотация

На сегодняшний день в области дизайна существует огромное множество программного обеспечения. Это и пакеты для обработки векторной и растровой графики (Photoshop, Illustrator, Corel Draw и т.д.), пакеты для создания 3D (3D Max, Maya, Cinema 4D и др.), программы для вёрстки многополосных изданий (InDesign, Quark Express). Постоянно происходит совершенствование старых и появление новых программ и плагинов. Однако, всё это приводит к инструментальной перегруженности и преобладанию технического компонента над творческим. Я рассматриваю эту проблему как крайне актуальную и хотела бы посвятить свой доклад анализу ситуации и предложить Авторский способ нестандартного подхода к обработке растровых изображений.

Введение

Целью моего исследования является практическая демонстрация креативного применения программного обеспечения в авторских работах, а также попытка доказать, что возможности большинства графических пакетов не используются полноценно, ограничиваясь общепринятой узко-специальной направленностью.

Анализ ситуации

Творчество «отодвигается» на второй план

Я бы хотела привести здесь цитату Ю.Б. Норштейна о том, что именно "малые средства рождают высокую степень художественной выразительности". Я нахожу, что на сегодняшний день существует противостояние "старой школы" художников, аниматоров и других представителей мира искусства, чьи сферы так или иначе затронуты новыми технологиями, и "новой волны" - молодых специалистов, отдающих предпочтение работе на компьютере.

Думаю, что чрезмерное увлечение технологией мешает развитию творческой мысли. Скорость, с которой появляются на рынке новые и действительно потрясающие по своим возможностям компьютерные продукты принуждает пользователей непрерывно переключаться с одного пакета на другой, а это, в свою очередь ведет к тому, что дизайнер становится "технарем", забывая в этой гонке ставить себе ТВОРЧЕСКИЕ задачи.

Всё это ведет к тому, что программы перестают быть средством, столь же подвластным руке художника, как кисть или карандаш, вместо этого, поразив его новшествами и техническими возможностями, становятся главными в творческом процессе, заменяя сердце и душу автора.

Необходимо гармоничное сочетание творческого и технического

Однако, я не придерживаюсь мнения о том, что нужно совершенно отказаться от компьютерных программ или появление их на рынке должно быть не столь частым, напротив, я полагаю, что возможность получить подобные инструменты для творчества - огромное подспорье для современных авторов. Ведь сегодня мы можем пользоваться не только компьютерами, но и планшетами, мобильными телефонами, многие из которых позволяют легко снимать качественное портативное фото видео, не имея при этом дорогостоящего сложного оборудования, делать несложный монтаж, например, в приложении для i-pad и i-phone - i-movie, получить некоторые инструменты Adobe Photoshop и цветокоррекции на этих устройствах, мы также имеем в нашем распоряжении портативные музыкальные инструменты, программы для работы со сценариями - одним словом, то множество инструментов, которое мы получили за последние 2-3 года просто невероятно.

В связи с этим я вижу огромную важность в том, чтобы наконец начать правильно относиться к этому изобилию средств, ставя творчество во главу угла.

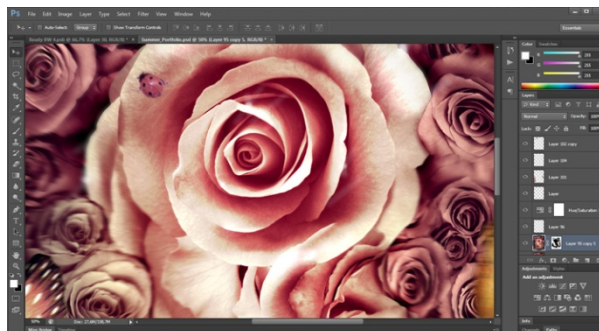
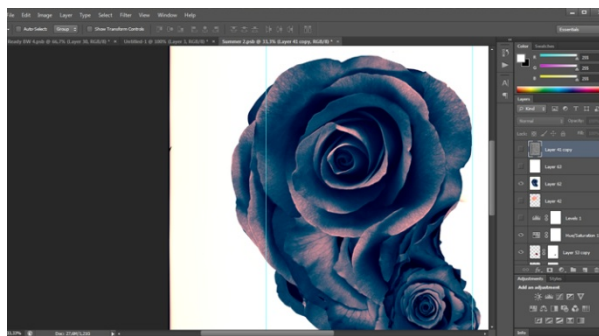
Об этом следует помнить обучая студентов. Например, сегодня я не вижу большой необходимости в изучении интерфейса и возможностей программы в ВУЗе, т.к. любой человек может найти в интернете сотни видео-руководств. Это дает возможность увидеть различные подходы, даже философию работы с программой, что несомненно очень продуктивно.

Задачей преподавателя на сегодняшний день я вижу - способность научить студента, применять программу, как инструмент, добиваясь с ее помощью уникальных, индивидуальных результатов, которые будут формировать авторский художественный стиль.

Второй раздел

Демонстрация креативного компонента

Во второй части доклада возникает необходимость продемонстрировать на практике, как именно можно креативно применять программы на примере авторского проекта. Будет рассказано обо всех этапах работы над ним, принципах и подходах, сложностях, авторских способах цветокоррекции. Данный раздел будет постоянно сопровождаться иллюстративным материалом.



Иллюстрации рабочего процесса



Иллюстрации рабочего процесса

Заключение

В заключении, суммируя вышесказанное, хотела бы еще раз отметить, что считаю очень важным правильно относиться к изобилию технологических опций и использовать каждую из них, руководствуясь в основном своей собственной творческой целью.

ВЛИЯНИЕ ДИЗАЙНА ИНТЕРЬЕРА РЕСТОРАНА НА ЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЕГО ПОСЕТИТЕЛЕЙ

А.Л. Бабкина

Отделение Дизайна МИЭМ НИУ ВШЭ

Ресторан (от лат. *restauro*, восстановить, крепить) — предприятие общественного питания с широким ассортиментом блюд сложного приготовления, включая заказные и фирменные.

Владелец ресторанный бизнеса называется ресторатором; оба слова произошли от французского глагола *restaure* (восстанавливать, укреплять, кормить). Следует отметить, что *restaurant* в американском английском — любое предприятие общепита вообще, а не только ресторан в привычном смысле.

Зачастую более крупные предприятия (например, гостиницы) имеют свои рестораны, расположенные на их территории, где услуги питания предоставляются для удобства проживающих и для увеличения потенциального дохода гостиницы.

Как правило, во всем мире рестораны подразделяют на три типа: VIP рестораны, высший и первый классы. Каждый тип заведений должен обладать определенным набором характеристик. Сегодня, чаще всего применяют более понятную, классификацию заведений: элитные, рестораны средней руки и фаст-фуды.

Для элитных ресторанов характерны следующие отличительные особенности – авторский дизайн, роскошный и изысканный интерьер, высокий уровень обслуживания, большой ассортимент оригинальных и фирменных блюд, эксклюзивная винная карта и, естественно, высокие цены, которые делают рестораны такого типа доступными лишь для людей, располагающими достаточными финансовыми возможностями. Рестораны средней руки за более умеренные финансовые траты также предлагают клиентам достаточно богатое меню, уютную атмосферу и достойное обслуживание. Рестораны первого класса или фаст-фуда предлагают стандартный выбор блюд, низкие цены, и преимущественно, самообслуживание. Этот тип заведений – очень популярен среди молодежи.

Ресторан может иметь как однозальную компоновку, так и иметь несколько залов (в т. ч. и на разных уровнях), соединённых переходами.

Многие рестораны имеют банкетный зал — отдельное помещение в ресторане, используемое для проведения банкетов.

Первый шаг на пути становления образа ресторана – создание актуального концепта. Это должен понимать не только владелец бизнеса, но и дизайнер, которому будет поручено заняться этим.

Популярность мест общественного питания обуславливается не только хорошей кухней и качеством обслуживания. Удобство и уютная атмосфера здесь играют, пожалуй, гораздо более важную роль.

Дизайн-проект кафе – это неотъемлемая часть общей концепции заведения, имеет собственные отличия и особенности, к примеру, от оформления ресторанов. Многие заказчики склонны думать, что интерьер кафе должен быть аналогичен интерьеру дорогого ресторана — это классическая ошибка. Таким образом, будущее заведение лишится ощущения непринужденности и легкости. Чтобы избежать таких ошибок, нужно чётко понять и определить позиционирование заведения. Дизайн проект подразумевает создание с нуля всего помещения — зоны для гостей, барной и технической базы, а также подбор всех материалов и раз-

работку плана по размещению предметов интерьера и мебели.

Дизайн детского кафе также имеет некоторые особенности. Детские праздники создают для того, чтобы удивлять и радовать детей. Тщательно разработанный дизайн с первого взгляда завораживает детей и их родителей. Часто это бывают иллюстрации какого-то известного мультфильма или сказки. Достоверности можно добиться с помощью правильного декора, росписи на стенах и различных деталей, которые легко запомнить. Однако, не только внешний вид важен при создании интерьера детского кафе. Планировка должна предусматривать возможности трансформации мест проведения детских праздников с большим количеством приглашенных в игровые площадки. Также дизайн проект детского кафе должен предусматривать хорошую освещенность помещения. Можно сделать световой акцент на какой-то центральной части интерьера.

Успешность любого бизнес-проекта не в последнюю очередь зависит от интерьера. От привлекательности обстановки заведения будет зависеть количество посетителей заведения. При разработке интерьера наиболее важен образ потенциального потребителя, его услуг — дизайнер должен учитывать его притязания и требования к определенному уровню комфорта. Проект ресторана может зависеть также от предлагаемой в меню кухни. К примеру, для европейской и восточной кухни концепции проектов будут совершенно разными. Интерьер заведения будет определяться еще и задуманным уровнем и качеством обслуживания, а также режимом работы и характеристиками – эстетическими и эксплуатационными.

Дизайн интерьера кафе или ресторана напрямую зависит от так называемой «фишки» или «изюминки» проекта. При создании проекта ресторана самый важный момент – совместимость и продуманность всех составляющих. Гармоничное сочетание освещения, отделки, мебели, окон, дверей, элементов декора.

Разработка интерьера ресторанов должен обеспечивать организованное распределение свободного пространства таким образом, чтобы оно соответствовало функциональным потребностям гостей и персонала.

Дизайн интерьера ресторана – это одна из важнейших составляющих в разработке концепции заведения. Это могут быть бары, кафе, рестораны, клубы, предприятия общественного питания в офисных центрах и государственных учреждениях, фуд-корты в торговых-развлекательных центрах, кафе быстрого питания. Каждое заведение требует индивидуального подхода в интерьерных решениях, что неразрывно связано с технологическими процессами. Уют и комфорт обстановки ресторана целиком зависят от грамотно и творчески разработанного дизайн-проекта.

Дизайн кафе является неотделимой частью общей идеи заведения и имеет свои особенности и отличия. Профессиональный дизайн кафе должен быть лаконичным и выдержанным в едином стиле.

Часто индивидуальный стиль заведения задают такие детали интерьера, как декоративная колонна, портал, ограждение, дизайнерски оформленная барная стойка, красивая мебель, авторские двери, панно, рамы для картин. Дизайн ресторана – это целая композиция, где все элементы декора должны работать в одном направлении, создавая единый стиль, особое настроение. При работе над проектом дизайна интерьера в первую очередь необходимо делать ставку на ощущение комфорта и внутренней продуманности всех деталей. Все это в дальнейшем будет служить на пользу общей концепции заведения и повысит его презентабельность.

Именно стилевое оформление во многом определяет то, каким будет данное заведение, как будут вести себя работники и персонал, в каком стиле будет обслуживание. Интерьер кафе является его «лицом», и к выбору этого интерьера необходимо подходить очень ответственно.

В первую очередь необходимо определиться с цветовой гаммой: статистические исследования отмечают, что цвета могут оказывать влияние на настроение человека, в том числе стимулировать его голод и вызывать ощущение комфорта или удовольствия. К примеру, голубая и синяя цветовая гамма вызывает ощущение спокойствия, однако притупляет аппетит. Наиболее эффективным с точки зрения психологов является теплая персиковая, коричневая и оранжевая гамма: это цвета, которые способствуют веселью, повышению настроения, а также аппетита.

В настоящее время модным решением для оформления интерьера ресторана или кафе является выбор в пользу какого-нибудь этнического стиля: японского, китайского, украинского, русского, французского и так далее.

Очень важно, чтобы при разработке дизайна учитывались принципы эргономичности: интерьер ресторана или кафе должен быть удобен как для посетителей, так и для служащих: свободное помещение кафе должно быть грамотно поделено так образом, чтобы посетители не испытывали неудобства.

Оформление ресторана или кафе требует использования только качественных, надежных и долговечных материалов, поскольку ежедневно это помещение будет посещать большое количество людей, и некачественные материалы могут достаточно быстро прийти в негодность.

Интерьер ресторана или кафе состоит из большого количества мелких деталей, поэтому очень важно ответственно подойти к этому вопросу в оформлении интерьера: важным является все, начиная от освещения и заканчивая столовыми приборами.

Одним из центральных элементов любого кафе или ресторана является бар: это интерьерный элемент, который подчеркивает особенности Вашего помещения, делает его образ более цельным и полноценным.

Все дело в том, что человека нужно, прежде всего, заинтересовать, используя при этом всем излюбленное искусство, так как его влияние оказывает на человека благотворное воздействие.

И в заключении я бы хотела добавить: на самом деле не столь важен дорогой дизайн ресторана или кафе, главное, чтобы была интересная идея, которая смогла бы увлечь человека

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ВЕБ-ДИЗАЙНЕ

Е.Д. Кремьянская

Отделение Дизайна МИЭМ НИУ ВШЭ

В данном исследовании суммируется современное положение дел в веб-дизайне и выделяются основные элементы, которые делают страницу более современной, привлекательной и простой в использовании.

Введение

Для веб-дизайна 2005 год был лучшим за все время. Потому, что было создано не просто больше сайтов, а потому, что было сделано много интересного и нового в этой области. Конечно, не обошлось и без провалов. Но в целом этот год стал годом переосмысления использования основных технологий, основных тенденций и концепций проектирования сайтов, годом попыток создать новые альянсы,

новые технологии, новые подходы. Переосмысления подхода к юзабилити и разработки интерфейсов.

Примеры представленные ниже показывают отличную современную технику дизайна. Они хорошо смотрятся, ясны и просты в использовании.

<http://www.ashwebstudio.com/>
<http://www.macaroondesign.com/>
<http://www.startupbusinessschool.com/>
<http://www.altestore.com/store/>
<http://www.longstone-edge.org.uk/>
<http://www.mozilla.org/en-US/>

Выше перечисленные сайты, можно охарактеризовать, как типичные современные сайты с хорошим дизайном.

Основные тенденции

К общим чертам современных сайтов можно отнести:

центральное расположение; простая разметка; основа дизайна — содержание, а не страница; 3D-эффекты; легкие, нейтральные цвета фона; яркие цвета; оригинальные иконки; много пространства; крупные шрифты.

Центральное расположение. Другой момент, который бросается в глаза на всех сайтах представленных выше то, что они расположены в центре окна браузера. Пару лет назад вы могли найти множество примеров сайтов с резиновой верткой или расположенных слева с фиксированной шириной, теперь содержание переместилось к центру экрана. Разметки с выравниванием по левому краю распространены гораздо меньше чем когда-то. Также резиновые разметки стали менее популярны. Всегда считалось полезным показать как можно больше информации «на обложке» (видимой на экране без скроллинга), резиновая разметка хорошо подходит для этой цели. Тем не менее, сегодня мы видим что наличие скроллинга не критично, и сознательно идем на его использование получая много пространства и больший междустрочный интервал.

Простая разметка. Кажется, мы стали видеть больше простой одно или двух колоночной разметки, чем в предыдущие время. Общее ощущение такое, что дизайнеры пришли к выводу, что простые страницы лучше работают. Эти страницы читаются просто сверху вниз, вам не нужно пропускать много лишнего и искать глазами, то, что нужно. Это более спокойный и удобный способ просмотра, чем раньше.

Основа дизайна — содержание, а не страница. Хорошие современные веб-дизайнеры вкладывают меньше сил в разработку фоновых элементов, а напротив фокусируются на оформлении содержимого сайта. Это отражает принцип привлечения внимания пользователя к содержимому.

Оригинальные иконки. Основная концепция: не использовать слишком много отвлекающих элементов на странице (которые притягивают взгляд и отвлекают пользователя от содержания сайта).

Яркие, привлекательные иконки с 3D эффектами могут придать сайту некоторый блеск, произвести впечатление высокого качества дизайна. Но используемые слишком часто, они дают обратный эффект, засоряют страницу и запутывают пользователя.

Много пространства. Вашим глазам нужно пространство (guttering на типографском языке) разделяющее материал чтобы помочь вам ясно и четко отделять объекты.

В идеале, чем больше пространства, тем лучше. Очень редко бывает, что я смотрю на страницу и думаю: «Боже, им очень нужно немного сжать страницу!» Конечно, пространство не обязательно должно быть белым, но оно должно быть пространством. Приятно видеть, как много дизайнеров используют широкие границы, чтобы разделить элементы, и большую высоту строк, чтобы упростить

чтение с экрана. Посмотрите на это прекрасное освежающее пространство!

Крупные шрифты. Я не говорю, что весь текст на вашей странице должен быть огромным. Факт в том, что в некоторых случаях мелкий текст замечательно подходит (если размер символов текста чуть меньше, то может казаться что текста больше). Но дизайн лучших сайтов показывает что, наиболее важный текст на странице должен быть больше чем нормальный текст. Как и в случае любой другой техники в дизайне, эта работает только если используется с умом. Если весь ваш текст крупный то у вас нет крупного текста. Используйте крупный текст чтобы показать вашим посетителям о чем ваша страница, это очень важно, потому что в поисках того что ему нужно пользователь не задержится на странице если сразу не увидит о чем она.

Заключение

Учитывая последние тенденции проектирования сайтов можно отметить следующие отличия.

Оптимизация дизайна под современные технологические средства, такие как новые типы мониторов и устройств (мобильные телефоны, разнообразные гаджеты).

Внимательное отношение к вопросам дизайна, например: центральное расположение; простая разметка; основа дизайна — содержание, а не страница; крупные шрифты; 3D-эффекты; легкие, нейтральные цвета фона; яркие цвета; оригинальные иконки; много пространства.

В результате решения выше перечисленных проблем повысились требования к дизайнеру и юзабилити веб-сайтов, а также были выработаны такие концепции, как: Web 2.0, Web 3.0, Адаптивный дизайн и др.

РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНОГО ЭФФЕКТА ИСКУССТВЕННЫХ КАРТИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНО-АРТ

М.С. Хамшо

*Отделение Дизайн МИЭМ НИУ ВШЭ;
Дамасский Сирийский
государственный университет, Сирия*

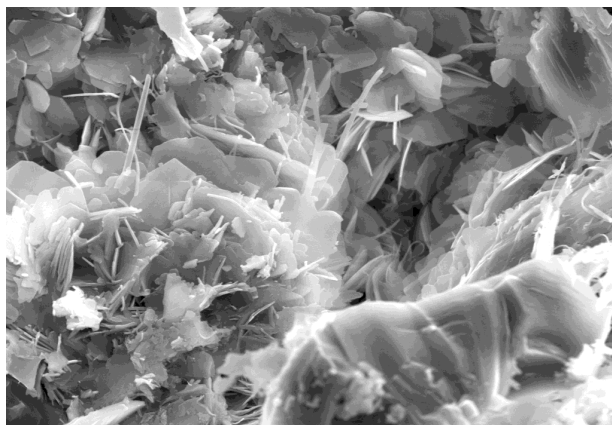
Введение

В 1984г., в “энциклопедическом словаре” было сказано, что эстетика – это “философская дисциплина, изучающая сферу эстетического как специфического проявления ценностного отношения между человеком и миром и область художественной деятельности людей”[1], а в специальном словаре “Эстетика” (1989) она определена как “наука о природе и закономерностях эстетического освоения действительности”. Нетрудно увидеть, что расхождение между приведенными дефинициями касаются не оттенков формулировки, а понимания сути дела...[2].

Дальнейший ход развития культуры привел к тому, что потребность познания сущности красоты заставляла обращаться к помощи разных наук, каждая из которых открывала какую-то сторону ее сложного, многогранного существования, функционирования и развития. Это очевидно в данной задаче исследовании.

Нанотехнологи, проводя свои опыты и, делая снимки различных нанопроцессов, открыли (назовём это условно) новый вид искусства - **Нано-Арт**. Это мир, на который мы смотрим и не видим. Но если посмотреть через микроскоп, многократно увеличивающий его, перед вами откроются изумительные картины, полные знакомых форм земной природы или подводного мира.

Нано-Арт - новая технология, которая основана одновременно на науку и технологии. С помощью Нано-Арта можно увидеть вид природного состава предмета (вид самых маленьких частиц предмета, атомов и молекул).



Перспективные художественные направления, и новые взгляды художника на будущее человечества.

Актуальность темы исследования

Воздействие Нано-Арт на визуальную коммуникацию – это нахождение художественных решений для интерпретации наук цветов, объемах, и движений объектов в существующем маленьком пространстве, имеющий свои характеристики, которые влияют на художника, путем развития его художественных понятий. Это огромное влияние дало возможность учета этого вида искусства, один из основных видов мультимедиа XXI века.

Можно сказать, что человечество стоит на пороге новой стадии развития, отличается от предыдущих во всех областях. Как говорится: (никто ни может стоять против прогресса).

Эта новая научная нужда имеет высокие научные преимущества для человека, и особенно для художников, так как, она открывает новые перспективные художественных направлений, и новые взгляды художника на будущее человечества.

Воздействие Нано-Арт:

1. Воздействие на индивидов: индивиды как основные компоненты современного общества (индивиды или группы), воздействие нового направления искусства "Нано" на них, исследование степени эмоционального, психологического и идейного обмена между ними:

- Нано как художественная школа;
- Представления о классификации художественных школ и отображение искусства "Нано" в них;
- Сочетание искусства "Нано" с другими художественными школами и достижение хороших результатов.

2. Действия и реакции (произвольные, непроизвольные и укрепляющие);

3. Доказательства и взгляды: (специфика возвышенности творческого взгляда в мире Нано)- это среда с новыми переменными, будет навязывать свои средства и инструменты на человека в 21-ом веке через:

- Манера (поведение): идейное, психологическое и визуальное взаимодействие с возможными изменениями, происходящими в мире Нано и их предполагаемое экологическое влияние в 21-ом веке;

- Будущая информационная ценность;
- Цвет и его значение в современную среду искусства Нано и его связь с методологией нового видения;

- Увеличение микро-размеров до гигантских размеров, открытие новых масштабов и понятий геометрических измерений, обращение человека к реальности путем ознакомления со значениями измерений и их связь с реальным миром;

- Время: четвертое измерение : последовательное видение мира Нано с постоянным наблюдением изменений, происходящих в мире Нано, их художественное выражение.

Тут появляется вопрос, существуют ли изменения, каков их облик?

Изменений нет. Потому, что такие изменения очень незначительны и нет необходимости их исследовании.

Методы решение научной задачи

Нано-скульптуры, которые созданы учеными технологами и художниками, путем изменения размеров, и атомных и молекулярных уровней предмета на столько, что можно сфотографировать с помощью технологии, используемых в научных исследованиях, как электронные и атомные микроскопы. За тем, эти фотографии обрабатываются научными технологиями, электронными вычислительными машинами (ЭВМ - компьютер) и специальными программами.

Отметить, что разница между методами Нано-Арт и микрофотографии, состоит в том, что фотографии получены методом микрофотографии, их степень увеличения на много меньше, чем у фотографии получены методом Нано-Арт. Потому, что в микрофотографическом методе используется световой микроскоп с фотоаппаратом, в результате чего качество фотографии получается меньше. Кроме того, степень увлечения третьего размера (глубиной) получают совсем другим путем, так как, технологии Нано-Арт используют электроны (частицы зарядного электричества) для снимки вместо фотонов (частицы света). Электроны достигают больше глубину, чем фотоны, в результате получаем ясные трехмерные фотографии.



ЭСТЕТИЧЕСКОЕ ИСКУССТВО ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ЭТО РЕЗУЛЬТАТ ИДЕЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК

Прикладное применение Нано-Арт:

Различия, возникающие от типичного классического взгляда, их замена более современным взглядом приводит к переменам и изменениям в характере восприятия визуальных сообщений и приводит также к изменению структуры самого визуального строения и поиска, направленного на выявление соответствия данной реальности человеческим мыслям у художников-мыслителей.

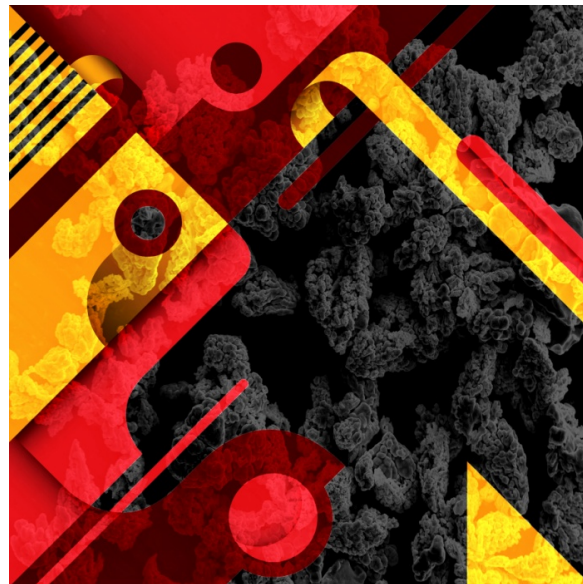
Достоинства Нано-Арт:

- Нераздельность искусства от технологического развития, появление технологии Нано, и сопровождение нового появления искусством несомненно приведет к появлению нового канала, который будет визуально обога-

щать последние рекламные кампании развитыми и более эффективными для восприятия, методами. Это относится как к людям, занятым искусством, так и ко всем категориям общества;

- Новое идейное и культурное направление:

Поиск основ для развития нового искусства и нахождения лиц и организаций академического уровня, которые возьмут на себя задачи его развития и распространения по современным идейным каналам, на которых художник построил свою культуру и мысли с целью создания более широкой реальности в соответствии с современными научными открытиями.



НАНО ИСКУССТВО И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ФИГУРЫ

Недостатки Нано-Арт:

- о Продолжительное применение некоторыми художниками своих традиционных средств в области визуальной практики и их отхода от технологии "Нано" приведет их к замкнутости в своих традиционных диссертациях;
- о Ожидается появление некоторых противников революции "Нано".

Вопросы:

Преобладает ли интенсивное развитие технологии над человеческой мыслью, идут ли вместе со своим развитием, или оно одно последовало за другим?

Некоторые исследователи используют в основном фактор времени для выявления своего идейного превосходства путем приложения искусства "Нано", а другие до нашего времени находятся в рамках двадцатого века и считают, что художественная мысль опережает технологию.

Заключение:

Искусство "Нано" со своим научным складом имеет идейный и научный масштаб, который превращает его в один из каналов медиа в 21-ом веке.

Данное искусство начинает играть роль эффективного, биологического и технологического визуального фактора в механизме мыслительного процесса у ясно мыслящего художника, и в связи с этим, искусство Нано занимает свое ведущее место среди важнейших видов искусства нашего времени.

В академиях мира проводится исследования в области теорий современного идейно-графического поиска, поэтому я считаю, что искусство "Нано" должно приобрести качество реальной методологии, возвышения существования и творчества.

Список литературы:

1. Алтунина, И.Р. Структура и развитие мотивов социального поведения / И.Р. Алтунина. М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та, 2006. - 112 с.
2. Асеев, В.Г. О двустороннем характере мотивационно-смысловых образований личности / В.Г. Асеев // Психологические, философские и религиозные аспекты смысла жизни: Материалы III-IV симпозиумов. М.: Ось-89, 2001.-С. 32-41.
3. Бакшаева, Н.А. Психология мотивации студентов / Н.А. Бакшаева, А.А. Вербицкий. М.: Логос, 2006. - 184 с.
4. Дроздов, С.В. Динамика мотивационно-смысловых образований личности студентов в процессе адаптации к учебе / С.В. Дроздов: Автореф. дис. . канд. психол. наук. М., 2000. - 21 с.
5. Молинаускас, Р.К. Мотивация студентов разных периодов обучения / Р.К. Молинаускас // Социологические исследования. 2005. -№2.-С. 134-138.
6. Энциклопедический словарь 1984г.
7. Каган М.С. Эстетика как философская наука. — СПб.: 1997.

ЗВУКОВОЙ ДИЗАЙН КАК ДИСЦИПЛИНА ДЛЯ СТУДЕНТОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ГРАФИЧЕСКОГО, ВЕБ, КИНО ДИЗАЙНА И ДИЗАЙНА СРЕДЫ

Д.Н. Рымжанов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Тема доклада разработана для преподавателей и студентов кафедры дизайна для всех направлений и призвана привлечь интерес к работе со звуком, которому порой не уделяют должного внимания. Доклад раскроет понятие «звуковой дизайн», расширит представление о дизайнерском звуковом решении, раскроет тесные связи с дизайном иных направлений. Данная работа может стать основой для создания методического руководства новой дисциплины кафедры дизайна МИЭМ НИУ ВШЭ – звуковой дизайн.

Звуковой дизайн – это процесс определения, приобретения, управления или создания звуковых элементов. Чаще всего включает в себя манипуляции из ранее записанного аудиоматериала, музыки или звуковых эффектов. Может включать в себя комбинирование, изменение в тональности, тембре, тоне и иных модификаций для создания необходимого эффекта или настроения.

Порой необходимо подать графический дизайн проект и усилить эффект презентационными действиями. Например, пояснениями к каждой работе, рисунку, модели. Такая форма представления информации актуальна и вполне наглядна. Однако, если презентацию сопроводить звуковыми эффектами, музыкой, шумами, то представление информации может стать более зрелищной и более информационной, привлекающей внимание зрителей. В данном случае, звуковое решение можно рассматривать как звуковой дизайн.

Все больше и красочнее художники, модельеры обращают свои работы в мультимедийный дизайнерский проект, в некий презентационный, порой, рекламный аудио-визуальный ролик. Даже само название «аудио-визуальный» говорит само за себя, подразумевается, что наряду с графическим и/или анимационным видеоматериалом зритель получит, не менее значимое звуковое сопровождение. Данное сопровождение требует не

меньшего внимания и по праву может считаться звуковым дизайнерским решением, которое дополнит, расширит рамки, уточнит детали, создаст определенный эмоциональный настрой, привлечет или рассеет внимание зрителей, раскрепостит визуальный ряд.

Предлагаемый вид дисциплины уходит корнями в творческо-техническое направление в искусстве: «звуковое продюсирование», «звуковая режиссура», «звуковое оформление», где работа специалиста, чаще всего представляет именно дизайнерское решение звуковых задач. Например, шумовое оформление в кино и телепроизводстве можно смело считать звуковым дизайном, написание музыки методом компиляции и модификации – так же относится к звуковому дизайну. Подобно технике аппликации в графическом решении, звуковые дизайнеры создают компиляционные звуковые работы, которые могут быть как самостоятельными произведениями, используемые в радио эфире, веб технологиях, так и в сочетаниях мультимедийных проектов в кино, телевидении, веб-вещании, театральной постановке. Так же звуковой дизайнер может создавать, синтезировать, записывать уникальные звуки, шумы которые могут стать инструментом для реализации звуковых дизайнерских задач.

За период моей педагогической деятельности, ко мне приходили дизайнеры и художники с просьбой о помощи в подборе оригинальной музыки и звукового сопровождения их работ и выставок. Со студентами, художниками, которые имели некоторую подготовку, работа была интересной, увлекательной и продуктивной. Однако, те дизайнеры, которые не прошли курс моего предмета («звукорежиссура мультимедиа») имели ряд сложностей, которые приходилось компенсировать непосредственно в процессе работы.

Если данная работа может стать основой для подготовки дисциплины или направления в дизайне, то программа должна состоять из нескольких разделов:

- теоретическая подготовка;
- практическая работа с применением теоретических знаний;
- заключительная, результирующая работа (курсовой или дипломный проект).

В рамках вышеописанного, мною было разработано и применено методическое пособие дисциплины «звукорежиссура мультимедиа», рассчитанная на 2 года. Так же, в ходе дополнительных занятий я работаю со студентами, готовящими дипломные и курсовые проекты. Считаю, что для более эффективной подготовки специалистов кафедры необходимо расширить технические возможности и ввести дисциплину «звуковой дизайн».

Данный доклад будет сопровождаться наглядным материалом, состоящим из нескольких видеороликов с разным звуковым дизайнерским решением, где в зависимости от звукового сопровождения будет представлен совершенно разный характер восприятия и эмоциональный настрой.

Список литературы:

1. Деникин А. А. «Звуковой дизайн в кинематографе и мультимедиа», М.:ГИТР 2012,
2. Франк Г. Я. «Звук как зрительная ассоциация», СПб., 1993,
3. Воскресенская И. Н. «Звуковое решение фильма». М., 1984,
4. Кисилевич Д. М. «Между завтра и вчера», М., 2009.

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ТРЁХМЕРНОЙ ИНТЕРАКТИВНОЙ ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ

С.В. Дубейковский

Отделение Дизайна МИЭМ НИУ ВШЭ

Введение

В данный момент технологии виртуальной реальности широко применяются в различных областях человеческой деятельности: проектировании и дизайне, добыче полезных ископаемых, военных технологиях, строительстве, тренажерах и симуляторах, маркетинге и рекламе, индустрии развлечений и т.д. Объем рынка технологий виртуальной реальности оценивается в 15 млрд. долларов в год.

Для создания сайта с элементами виртуальной реальности возможно использование следующих технологий: фотопанорамы, построение виртуального мира средствами языка разметки VRML/X3D или Flash-технологии.

Виртуальная реальность

Виртуальная реальность (лат. *virtus* — потенциальный, возможный; лат. *realis* — действительный, существующий) — создаваемый техническими средствами мир на любом субстрате и передаваемый человеку через его привычные для восприятия материального мира ощущения: зрение, слух, обоняние и другие. Синонимы: электронная реальность, компьютерная модель реальности.

Для создания убедительного комплекса ощущений реальности компьютерный синтез свойств и реакций виртуальной реальности должен производиться в реальном времени.

Объекты виртуальной реальности должны вести себя аналогично объектам материальной реальности. Пользователь может иметь возможность воздействовать на объекты виртуальной реальности.

Понятие искусственной реальности было впервые введено Майроном Крюгером в конце 1960-х. В 1989 году Ярон Ланьер ввёл более популярный ныне термин «виртуальная реальность».

Первой системой виртуальной реальности стала «Кинокарта Аспена» (*Aspen Movie Map*), созданная в Массачусетском Технологическом Институте в 1977 году. Эта компьютерная программа симулировала прогулку по городу Аспен, штат Колорадо, давая возможность выбрать между разными способами отображения местности. Летний и зимний варианты были основаны на реальных фотографиях.

VRML/X3D

VRML (*Virtual Reality Modeling Language*, англ. «Язык моделирования виртуальной реальности») — стандартный формат файлов для демонстрации трёхмерной интерактивной векторной графики, чаще всего используется в интернете.

VRML — это текстовый формат файлов, где, например, вершины и грани многогранников могут указываться вместе с цветом поверхности, текстурами, блеском, прозрачностью и так далее. URL могут быть связаны с графическими компонентами, таким образом, что веб-браузер может получать веб-страницу или новый VRML-файл из сети Интернет, тогда когда пользователь щелкает по какому-либо графическому компоненту. Движение, звуки, освещение и другие аспекты виртуального мира могут появляться как реакция на действия пользователя или же на другие внешние события, например таймеры. Особый компонент *Script Node* позволяет добавлять программный код

(например, *Java* или *JavaScript* (*ECMAScript*)) к VRML-файлу.

VRML-файлы обычно называются мирами и имеют расширение *.wrl* (например: *example.wrl*). Хотя VRML-миры используют текстовый формат они часто могут быть сжаты с использованием алгоритма компрессии *gzip* для того, чтобы их можно было передавать по сети за меньшее время. Большинство программ трёхмерного моделирования могут сохранять объекты и сцены в формате VRML.

VRML Consortium сменил своё название на *Web3D Consortium* и начал работать над потомком VRML — X3D.

Хотя VRML ещё продолжает использоваться в некоторых областях, особенно в образовательной и исследовательской среде, где наиболее ценятся открытые спецификации, можно сказать, что он вытеснен форматом X3D. VRML также продолжает использоваться в качестве файлового формата для обмена 3D-моделями, особенно в САПР. Для дальнейшей коллективной разработки формата был создан консорциум *Web3D*.

Формат X3D был разработан на основе формата VRML 97 (также называют VRML 2), и изначально назывался VRML 3 или VRML 2000, но в итоге получил название X3D. В отличие от своих предшественников, X3D получил новый синтаксис полностью совместимый с XML, а также были решены многие проблемы VRML 97, которые не позволили ему стать массово распространённым в интернете.

В этом плане перед X3D открываются более широкие перспективы, во-первых, вследствие роста мощности компьютеров, а во-вторых, за счет лучшей организации самого стандарта. В отличие от VRML X3D состоит из нескольких самостоятельных модулей, отвечающих за геометрию, анимацию и обмен внутренней информацией взаимодействия с пользователями и доступ к внешним источникам данным.

Adobe flash и alternativa 3D

Графический движок *Alternativa3D* разработан компанией *AlternativaPlatform* для использования в собственных проектах. Другие разработчики могут использовать движок в своих целях бесплатно.

Данный движок использует — *Molehill*, это набор низкоуровневых API, использующих ресурсы GPU для вывода 3D-изображения на экраны с помощью *Adobe Flash Player* и *Adobe AIR*. Визуализация происходит через *DirectX*, *OpenGL* или программный эмулятор *SwiftShader*, что означает возможность работать на всех популярных операционных системах и устройствах, включая PC, ноутбуки, нетбуки и мобильные платформы, в том числе *Android*.

Благодаря использованию GPU, *Alternativa 3D* может выводить на экран свыше 3 000 000 полигонов с приемлемой производительностью. Поддержка пиксельных и вертексных шейдеров позволит создавать во Flash-среде такие современные спецэффекты, как тени, освещение, система частиц, постэффекты и многие другие. Базовые возможности *Alternativa 3D* показывает приложение *MAX Racer*, созданное компанией *AlternativaPlatform* специально для презентации *Molehill* на конференции *Adobe MAX 2010*.

Заключение

Учитывая последние тенденции проектирования сайтов, развития веб-технологий и технических средств ожидается большой спрос на технологии построения виртуальной реальности в сети Интернет. Но также стоит отметить, что существующие стандарты и технологии пока далеки от идеала и не могут на данный момент массово использоваться в разнообразных типовых проектах.

Секция «Информационные технологии в экономике, бизнесе и инновационной деятельности»

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О.В. Князев

факультет Прикладной математики и кибернетики

В последние несколько лет в России отмечается рост предприятий радиоэлектронной промышленности (РЭП).

Большинство предприятий используют наукоемкие производственные процессы при организации своих производств. При этом на первый план выходит возможность оперативного управления производственными процессами. Конечной точкой любого процесса управления является принятие управленческого решения. При этом требуется автоматизация большинства технологических процессов, невозможная без систем поддержки принятия решений (СППР) и систем интеллектуального анализа данных. Современные автоматизированные и автоматические системы насыщены математическими моделями и прикладным программным обеспечением, позволяющими обрабатывать информацию в соответствующих предметных областях. Это и специализированные АСУТП, бухгалтерские системы, системы учета кадров, основных средств и т.д.. Однако, в каждой из этих подсистем есть возможность улучшения процесса обработки информации и, следовательно, есть резерв для оптимизации использования этих средств.

Наукоемким может считаться производство, на котором на научно-исследовательские работы приходится не менее 50% затрат, связанных с выпуском продукции. Для радиоэлектронной промышленности основная часть затрат приходится на разработку и оптимизацию конструкции изделий, создание новых схем, обеспечение робастности (надежности), обеспечение экологической чистоты производства. При этом разработка систем принятия управленческих решений требует переработки огромного количества информации, создание сложных математических моделей.

Построение любой математической модели, в т. ч и экономической требует анализа достаточно большого количества данных различной структуры.[1] От аналитиков необходимо умение работать с математическими программными продуктами, знание различных методик статистического анализа данных, владение пакетом прикладного программного обеспечения.

К основным бизнес-процессам, требующим оптимизацию средствами математического моделирования можно отнести: управление основной производственной деятельностью

- управление продажами
- управление научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами
- сопровождение производственной нормативно-справочной информации,
- управление рекламациями
- планирование производственной деятельности,
- управление лимитами
- управление закупками

Применение ряда статистических методов требует возможность хранить и обрабатывать большие объемы информации. При неавтоматизированном способе работы с информацией повышается вероятность появления ошибок. Поэтому необходимо использование программных средств предоставляющих возможность надежного хранения промежуточной и результирующей информации, отображения результатов обработки информации в удобном для пользователя виде, проведения анализа информации и поиска наилучшего решения.

В СППР получили распространение различные статистические методы принятия решения. Большинство из них являются графическими, т.о. могут дать наглядное представление, к таким методам можно отнести диаграмму разброса; диаграмму Парето; причинно-следственная диаграмму Исикавы, метод опорных векторов. Эти методы позволяют вовремя выявить и отобразить проблемы, установить основные задачи, с которых нужно начинать действовать, и распределить усилия с целью эффективного разрешения этих проблем. Основные методы и их описание приведено в таблице 1.

Таблица 1.
Основные методы принятия решений.

Название метода	Краткое описание
Метод стратификации	Инструмент, позволяющий произвести разделение данных на подгруппы по определенному признаку.
Диаграмма Парето	Инструмент, позволяющий объективно представить и выявить основные факторы, влияющие на исследуемую проблему, и распределить усилия для ее эффективного разрешения.
Гистограмма	Инструмент, позволяющий зрительно оценить распределение статистических данных, сгруппированных по частоте попадания данных в определенный (заранее заданный) интервал.
Диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма)	Инструмент, позволяющий выявить наиболее существенные факторы (причины), влияющие на конечный результат.
Метод опорных векторов	Инструмент, позволяющий провести разделение на классы по различным признакам. Не является полностью статистическим.
Нейронные сети	Инструмент, позволяющий провести прогнозирования финансового состояния предприятия на основе данных.

В условиях инновационной деятельности предприятия могут быть выделены два основных направления использования информационных технологий:

- использование централизованных баз первичных данных для формирования управленческих решений и обязательной и аналитической отчетности;
- решение оптимизационных задач при выделении ресурсов для инвестиционных проектов.

Таким образом требуется построение модели многих бизнес процессов.

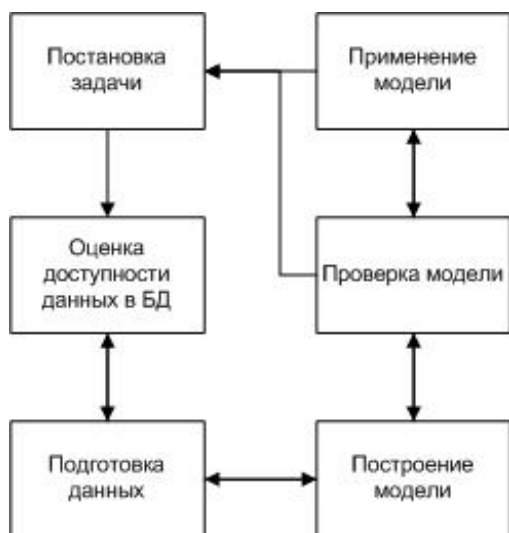


Рис.1. Этапы построения модели.

На Рис. 1. Приведены ключевые этапы построения модели для бизнес процессов. При этом необходимо помнить следующие ограничения:

- Модель—абстракция, отображающая реальный мир, свертка данных, лежащих в ее основе
- Модель—не абсолют. Продукт статистической обработки.
- Сколь привлекательной модель бы не выглядела, она бессмысленна без адекватной ее проверки и оценки корректности
- Модель всегда ограничена

Стоит отметить, что на большинстве предприятий не существует единого интегрирования для хранения данных. Поэтому внедрение систем аналитической обработки данных должно сопровождаться развитием технологий хранения и представления данных, например объектно-реляционных СУБД. При этом широкое распространение получают так называемые NOSQL базы данных. Для обмена и хранения информацией получил широкое распространение расширяемый язык разметки (англ. eXtensible Markup Language) – XML. [2] Являясь, по сути, текстовым форматом данных XML достаточно просто позволяет хранить структурированные данные. Широкое распространение получила СУБД Oracle. Являясь по сути реляционной СУБД, содержит в себе встроены механизмы анализа данных.

Oracle Data Miner – графический пользовательский интерфейс для аналитиков, который позволяет просматривать таблицы и представления, к которым может получить доступ СУБД Oracle, просматривать гistogramмы и осуществлять преобразование данных, создавать и оценивать модели анализа данных и применять эти модели для поиска новых данных с использованием гипотез. [3]

Oracle Data Mining обеспечивает мощную масштабируемую инфраструктуру для создания приложений, способных автоматизировать поиск важных новых сведений и данных, интегрировав их с другими приложениями. Автоматизируя, интегрируя и «делая оперативным» поиск и распределение новых деловых сведений, компании могут воспользоваться инвестициями в данные, находить новые важные сведения, более эффективно организовывать свои операции и иметь большее конкурентное преимущество.

Кроме пакета Oracle Data Mining существует и развивается также среда программирования Oracle R Enterprise, которая интегрирует статистическую среду R с открытым исходным кодом и СУБД Oracle Database 11g. Аналитики и статистики могут использовать существующие приложения на языке R и клиентов R непосредственно над данными, хранящимися в СУБД Oracle Database 11g, тем самым существенно повышая уровень масштабируемости, производительности и надежности. СУБД Oracle Database 11g в сочетании с языком R – это высокоинтегрированная среда корпоративного класса для глубокого анализа данных. [4]

Данные пакеты позволяют эффективно решать задачи управления инновационной деятельностью предприятия РЭК, однако их использование требует развертывания эффективного ИТ-ландшафта в сочетании с высококлассной подготовкой управленческих и аналитических кадров.

Список литературы:

1. Князев О.В. – «Информационные технологии анализа данных в банковском секторе», электронное периодическое издание «Экономика и социум», №2-2011 г. ISSN 2225-1545.
2. Extensible Markup Language (XML) /URL: <http://www.w3.org/XML/> (дата обращения: 16.01.2013).
3. Oracle Data Mining Знать больше, делать больше, тратить меньше /URL: http://www.rdtex.ru/download/oracle_data_mining.pdf/ (дата обращения: 16.01.2013).
4. Oracle представляет Oracle Big Data Appliance /URL <http://www.oracle.com/ru/corporate/press/press-release-gu-oct10-11.html> (дата обращения: 16.01.2013).

ОПТИМИЗАЦИЯ ИТ ИНФРАСТРУКТУРЫ КАК СРЕДСТВО СОКРАЩЕНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ РАСХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

В.В. Козлов

факультет Прикладной математики и кибернетики

Тема рассматриваемого научного исследования напрямую связана с вопросом минимизации финансовых потерь бизнеса предприятия при использовании сервисно – ориентированной ИТ инфраструктуры.

Стремительный технологический прогресс, глобализация экономики и усиливающаяся благодаря этому конкуренция требуют постоянно перестройки и оптимизации бизнес-процессов предприятий. В свою очередь, бизнес процессы все теснее интегрируются с информационными технологиями, а зачастую и сами становятся целиком основанными на них. Поэтому, скорость обработки информации, качество и гибкость ИТ инфраструктуры является краеугольным камнем успеха компании. К сожалению, на практике во многих российских компаниях при использовании ИТ инфраструктуры до сих пор отсутствует сервисный подход - что ведет к росту операционных издержек и, как следствие, к уменьшению конкурентных преимуществ. Более того, управление ИТ сервисами все еще слабо формализовано и заключается в применении так называемых

мых «best practices», что осложняет использование математических методов для принятия решений в данной области [1].

Переход к сервисно-ориентированной архитектуре совершается в три этапа [2]:

1) Инвентаризация текущей ИТ инфраструктуры, выявление взаимосвязей с бизнесом

2) Централизация и автоматизация управления ИТ, объединение элементов инфраструктуры – там, где это возможно

3) Переход к открытым промышленным стандартам и облачным вычислениям

Наличие у предприятия сервисно-ориентированной ИТ архитектуры всегда ставит проблему выбора ИТ – сервисов при:

- Планировании необходимой ИТ инфраструктуры для растущих либо меняющихся бизнес-проектов компании

- Повышении эффективности существующих ИТ-сервисов для усиления позиций компании в конкурентной борьбе

Выбор ИТ сервисов сводится к:

- Покупке, самостоятельной реализации или модернизации сервиса с дальнейшей поддержкой его своими силами (инсорсинг)

- Разработке, поддержке, либо получении сервиса на договорной основе (аутсорсинг)

Моделирование ИТ – инфраструктуры предприятия помогает совершить оптимальный выбор поставщика ИТ сервиса как путем предсказания будущего уровня качества инфраструктуры при расширении бизнеса, так и путем выявления “бутылочных горлышек” или чрезмерных затрат на отдельные элементы ИТ-инфраструктуры предприятия.

Для формализованного описания связей ИТ сервисов с бизнесом предприятия удобно разбить данный бизнес на набор компонент (модулей), используя компонентную модель бизнеса, разработанную компанией IBM [3]. В свою очередь, сервисно-ориентированная ИТ инфраструктура изначально по своей концепции является модульной.

Теперь стоит задача формализовать механизм взаимодействия модулей. В любой компании, независимо от структуры, все взаимодействие между составными частями основано на запросах. При этом данные запросы иногда не предполагают ответов.

Составляющие запроса:

- Запрашиваемая функция
- Сложность
- Важность (ценность)
- Первоначальный источник

Типы запросов:

- Иницирующие - корень дерева запросов (задания)
- Дочерние – дочерние узлы дерева запросов, возникшие в результате обработки родительского запроса на одном из модулей модели

Так как даже в средней по размеру компании очень сложно задокументировать маршруты прохождения всех запросов, целью всегда является модуль, напрямую связанный с модулем-источником запроса. Набор модулей и функциональных связей между ними представляется в виде ориентированного графа.

На каждом модуле задано множество (возможно, пустое) генерируемых иницирующих и дочерних запросов, создание которых определяется случайными величинами.

Также модуль в модели имеет некоторую производительность (зависящую от запрашиваемой функции), единицей измерения которой является время обработки запро-

са фиксированной сложности. Соответственно, зная сложность запроса, время обработки единственного запроса легко рассчитать. При обработке запроса всегда существует вероятность отказа в обслуживании, влекущая за собой убытки задания, равные ценности текущего запроса.

Финансовые затраты на ИТ сервис состоят из потерь бизнеса от качества его работы (BL, Business Losses) и потерь на его обслуживание (ML, Maintenance Losses). Причем, в целом, если повышать качество работы сервиса, BL будут падать, а ML расти, если же снижать качество работы – то наоборот, ML падает, а BL растет. Задача моделирования состоит в том, чтобы найти такой уровень доступности и производительности сервиса, чтобы достигался $\text{Min}(BL+ML)$. Оптимизированным (в рамках модели) считается тот ИТ сервис, финансовые затраты на котором минимальны.

Конечно, помимо прямых финансовых затрат есть множество других критериев, влияющих на принятие решения в данном примере:

- вопросы безопасности и доверия
- время и статистика работы аутсорсера на рынке, способность обеспечить им заявленное качество обслуживания сервиса (в норме возмещение убытков при пониженном качестве обслуживания должно быть прописано в SLA – договоре об обслуживании)

- желание руководства сосредоточиться на бизнесе компании, а не на обеспечении работы ее ИТ сервисов

Приведенная модель ИТ инфраструктуры компании является инструментом, помогающим сделать выбор только по финансовому критерию.

Список литературы:

1. ITSM в России: как перейти к процессному управлению ИТ - Журнал Cnews, 15.12.2008. URL: http://www.cnews.ru/reviews/index.shtml?2008/12/15/331781_1 (дата обращения: 27.01.2012).

2. Architectural Strategies for IT Optimization: From Silos to Clouds - An Oracle White Paper on Enterprise Architecture 05.2010. URL: <http://www.oracle.com/technetwork/topics/entarch/whatsnew/oea-wp-optimization-129780.pdf> (дата обращения: 27.01.2012).

3. Component Business Models - IBM Institute for Business Value, 2005. URL: <http://www-935.ibm.com/services/us/imc/pdf/g510-6163-component-business-models.pdf> (дата обращения: 27.01.2012).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА PERT

П.Б. Филиппов

факультет Прикладной математики и кибернетики

Разработка программного обеспечения (ПО) опирается на базовые понятия и критерии проектного управления, изложенные Институтом управления проектами США (PMI USA). Учет этих критериев в проектах разработки позволяет реализовывать и выпускать на рынок продукт заданного качества в планируемый срок и с определенными финансовыми затратами. [1]

Разработку ПО можно спрогнозировать, чтобы избежать, принять и/или снизить воздействие рисков в проекте, путем моделирования:

а. трудозатрат на исполнение проекта – риск неправильно распределить усилия на реализацию проекта

- b. качества проекта – риск не соответствовать качеству
- c. времени исполнения проекта – риск не уложиться во время отведенное проекту

Ключевым из приведенных трех является *показатель срока выполнения проекта*, поскольку исходя из продолжительности разработки ПО, зависят и качество, и человеческие ресурсы, выделяемые на проектирование.

Проблема эффективного планирования и управления разработкой является многопараметрической и, некоторые параметры могут быть управляемыми, а некоторые нет. При этом практически все характеристики могут быть подвержены изменениям, происходящим в процессе управления жизненным циклом продукта. [1]

Статистическое моделирование срока исполнения проекта в своей основе имеет нормативный фундамент – используемые на входе различные генераторы случайных продолжительностей (ГСП) - и получаемые на выходе результаты их действия. В результате ГСП (нормально распределенный, экспоненциальный, бета-генератор и др.) ставит задачу выбора наиболее подходящего генератора для использования в планировании.

Следуя математической формализации, можно классифицировать используемые функции распределения по числу входящих в них параметров. С точки зрения описания ГСП, самое большое число параметров имеет четырехпараметрическое *бета-распределение*. Стоит отметить, что именно на этом распределении построена такая техника оценки и анализа как Project Evaluation and Review Technique (PERT). Преобразование параметров этого распределения даёт следующие сроки выполнения проектов - с оптимистической продолжительностью, наиболее вероятной и пессимистический срок.

Ценность этого распределения – в его обобщенной структуре, которая обеспечивает универсальный переход к другим, более простым распределениям посредством задания для его параметров определенных числовыми значениями. Количество распределений может быть бесконечным, а акцент в них можно сделать на параметрах, которые зачастую не имеют физически понятных содержательных трактовок. Выбор подходящего распределения невозможен без учета типа рассматриваемых данных (дискретные или непрерывные, симметричные или асимметричные), а также того, где располагаются значения, отстоящие от центрального. [2]

Для различных прикладных целей используется прежде всего *нормальное распределение*, дифференциальная форма которого имеет вид:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (1),$$

где t – продолжительность как случайная величина; σ – стандартное отклонение (форма), μ – среднее значение (математическое ожидание) случайной величины и указывает координату максимума кривой плотности распределения (масштаб). Недостатком является размах, теоретически заключенный в диапазоне от $-\infty$ до $+\infty$. Если $+\infty$ ещё можно трактовать как бесконечную продолжительность выполнения работ, то $-\infty$ не имеет никакого практического объяснения. [3]

Поэтому нас должны интересовать все распределения без отрицательных значений времени, с асимметрией (неравномерное появление работ в проекте) и ограниченные снизу (выход за пределы ожидаемой продолжительности проекта). Поэтому заранее можно сказать, что нам не под-

ходят симметричные распределения, например, биномиальное и нормальное, характеризующиеся симметричными данными с тяготением к некому центральному значению (чаще всего к нулю).

Выбор можно остановить на гамма-распределениях, в частности, абсолютно непрерывном распределении Вейбулла. Оно интересно тем, что оперирует ещё и объемом работ, проводящимся в это время, и позволяет произвести прогнозирование длительности итерационного проекта разработки ПО и оценить риск незавершения проекта в срок. [4]

При этом его стоит ограничить положительными параметрами a (слева), указывающим минимальную длительность работы, и b (справа) $\leq 3a/2$, иначе мы рискуем получить практически бесконечную максимальную продолжительность. За минимальную продолжительность должна быть принята ожидаемая (плановая) длительность работы над проектом [5]. Т.к. определенная заранее дата конца проекта разработки изначально определяет задание планируемых продолжительностей и сложности работ внутри проекта.

Рассматривая промежуток $[a;b]$, подходящей функцией плотности распределения случайной продолжительности следует считать *равномерное распределение*

$$f(t) = \frac{1}{b-a} \quad (2)$$

Плотность вероятности в *распределении Вейбулла-Гнеденко* имеет вид

$$f(t) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{t-a}{\lambda}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{t-a}{\lambda}\right)^k\right] \quad (3)$$

где $\lambda > 0$ - параметр масштаба, $k > 0$ - параметр формы, a – параметр, ограничивающий минимальную длительность работы. Увеличение параметра формы k приводит к смещению распределения влево и моделирует выполненную работу ранее по времени. Параметр масштаба λ моделирует эффективность работы персонала проекта. [4]

В данное распределение входят два задаваемых параметра - оно является двухпараметрическим. Для целей статистического моделирования случайной продолжительности проектных работ количество параметров имеет достаточное существенное значение. Дело в том, что для каждого параметра требуется определенное обоснование, осуществляемое либо посредством обработки статистических данных, либо с помощью построения определенной теоретической модели. Таким образом, первое, к чему надо стремиться – использование низкопараметрических функций распределения.

Допустимо принять условную границу этого распределения $[a;b]$ и можно перейти к другим функциям, например, к *экспоненциальному распределению* из класса вогнутых функций, а за математическое ожидание принять величину, составляющую одну треть от условного размаха, и тогда формула экспоненциального распределения с введенными ранее ограничениями будет иметь вид:

$$f(t) = \frac{3}{b-a} \exp\left[-\frac{3(t-a)}{b-a}\right] \quad (4)$$

Данное экспоненциальное распределение в заданном размахе обеспечивает генерацию 96% значений случайных продолжительностей работ, что с точки зрения репрезентативности является вполне допустимым. [3]

На рис. 1 при соответствующей перенормировке кривая убывающего экспоненциального распределения делит область допустимых значений равномерного распределения как раз на треть..

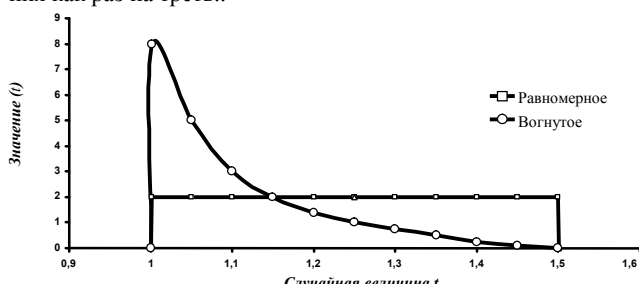


Рис. 1.

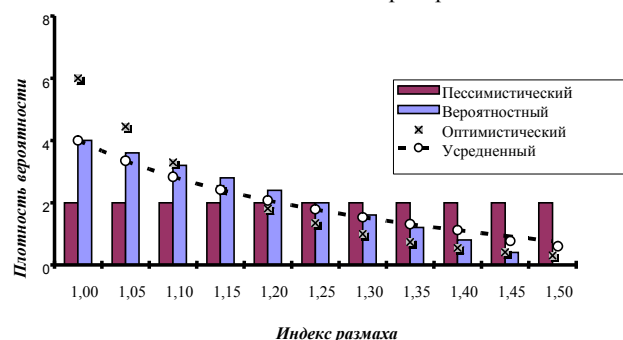
Решая вопрос перехода от равномерного распределения случайной величины к убывающему экспоненциальному распределению, обратимся к особенностям построения компьютерных генераторов случайных чисел на основе равномерного распределения. Переход от равномерного генератора производящего случайные числа в диапазоне от 0 до 1 к ГСП, производящему экспоненциальное распределение случайных продолжительностей в диапазоне от a до b, осуществляется по формуле:

$$t = a - \frac{b-a}{3} \ln(\text{Rand}) \quad (5)$$

Таким образом, оба параметра монотонно убывающих распределений, определяются без использования статистических данных. В качестве приемлемого для практических целей можно использовать монотонно убывающее распределение, к параметрам которого относятся плановая продолжительность работы (a) и максимальная продолжительность (b), определяемая предельной задержкой разработки ПО, при которой выпуск имеет смысл.

Можно предположить, что относительно друг друга все представленные монотонно убывающие распределения являются относительно «равноправными» и поэтому для получения итогового результата требуется введение некоторого усредненного генератора.

В работе [3] приводится выработанная функция плотности вероятности и случайная продолжительность работы на основе единичного равномерного генератора случайных чисел Rand. Её результатом является пример графического отображения результатов усреднения для обобщенного ГСП (рис.2). Для изображенных распределений даны соответствующие названия. Поскольку равномерное распределение дает наибольшую среднюю продолжительность, то оно представлено в качестве пессимистического распределения. Наименьшую среднюю продолжительность дает экспоненциальное распределение, и поэтому оно показано в качестве оптимистического распределения.



Индекс размаха

Рис.2.

Таким образом, важным результатом представленного материала является возможность усовершенствования известного метода оценки и анализа программ PERT. Оно заключается в переходе от используемых в методе PERT характеристик задаваемых продолжительностей работ (пессимистической, оптимистической и наиболее вероятной) к анализу заданных распределений случайных продолжительностей работ над ПО (пессимистическому, оптимистическому и наиболее вероятностному).

Список литературы:

1. Липаев В.В. Процессы и стандарты жизненного цикла сложных программных средств. Справочник. – М.: Синтег, 2006.
2. Асват Дамодаран. Стратегический риск-менеджмент. Принципы и методики. – М.: Вильямс, 2010.
3. Болотин С.А., Дадар А.Х., Птухина И.С. Статистическое моделирование календарных планов на основе совершенствования метода PERT оценками распределений продолжительностей работ. – СПбГАСУ: Вестник гражданских инженеров. № 2 (31) 2012.
4. Филиппов П.Б. Методы управления рисками информационных активов при разработке программного обеспечения. – М: Гребенников. Управление проектами и программами. № 4 (32) 2012.
5. Болотин С.А. Организация строительного производства: Учеб. пос. / С. А. Болотин, Вихров А. Н. — М.: Академия, 2007. — 205 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНВЕЙЕРНОГО ПОДХОДА К МАСШТАБИРОВАНИЮ

И.В. Егоров

факультет Прикладной математики и кибернетики

Аннотация

Данная работа посвящена оценке эффективности параллельного алгоритма масштабирования цифровых изображений, на основе конвейерного подхода. В качестве базового алгоритма для распараллеливания использован алгоритм направленной интерполяции.

Введение

Общая постановка задачи предполагает реализацию распараллеливания процесса масштабирования цифровых изображений.

Пусть имеется цифровое изображение, полученное от некоего источника, размер которого необходимо изменить перед отображением.

Современные алгоритмы масштабирования позволяют качественно и быстро масштабировать изображение, однако за счёт распараллеливания вычислений можно добиться повышения скорости обработки изображений, что особенно важно в критичных ко времени областях, таких как видеообработка.

Для сравнения взяты алгоритм билинейной интерполяции и направленной интерполяции.

Оценка эффективности конвейерного подхода к масштабированию

Основное преимущество по скорости работы конвейерного подхода, в сравнении с обработкой за один проход, не в малой мере является заслугой применения алгоритмов быстрого масштабирования с определённым коэффициентом (в нашем случае этот коэффициент равен двум), к таковым относятся большинство алгоритмов с предварительным анализом изображения. Такие

алгоритмы, ускоряют обработку, за счёт полного отказа от операций умножения и деления, сводя всю к обработке к сложению, вычитанию и битовому сдвигу. Точное количество операций зависит напрямую от выбранного алгоритма масштабирования, и, как правило, напрямую связано с качеством результата. В качестве примера рассмотрим алгоритм направленной интерполяции и билинейной интерполяции, как достаточно известные, с близким качеством и принципом работы, можно даже сказать что алгоритм направленной интерполяции является немного доработанным алгоритмом билинейной интерполяции.

Для вычисления цвета одного по алгоритму билинейной интерполяции нового пикселя требуется 12 операций умножения, четыре операции деления, 16 операций вычитания и три операции сложения, для получения результата подобные вычисления, для увеличения изображения разрешением $X*Y$ в N раз, надо будет выполнить $X*Y*N$ раз. При этом, чем сильнее коэффициент увеличения, тем более заметными будут артефакты масштабирования, так как используемые для расчётов пиксели изначального изображения будут всё более отдалёнными друг от друга на результирующем. Вдобавок к этому, придётся либо проводить существенно более медленные операции с числами с плавающей запятой, либо приносить в жертву качество работы, применяя целочисленные алгоритмы деления.

Вычисления по данному алгоритму можно распараллелить, так как алгоритм выполняет те же самые действия над четырьмя парами пикселей, а затем производит их сложение, то наиболее разумной представляется реализация параллельных вычислений для каждой пары, а затем их попарное сложение. Для подобной реализации понадобятся 4 ПЭ, при этом произойдёт заметное ускорение работы, так как вычисления для всех пар производятся одновременно, то затраченное время для получения одного нового пикселя будет равно времени для вычислений одной пары значений (вместо четырёх) и двух операций сложения. В итоге получается: 3 операции умножения, 4 операции вычитания и 2 операции сложения. Подобный подход применим и к другим подобным алгоритмам, основывающимся на единообразных для любого изображения операций над соседними пикселями.

При применении алгоритма направленной интерполяции совместно с конвейерной обработкой, для получения одного пикселя с выхода одной ступени требуется всего: три вычитания, одно сложение и деление на два. Для ускорения работы, деление результата на два может быть заменено на сдвиг вправо на один десятичный разряд, т.е. все вычисления сводятся к простым операциям сдвига и целочисленного сложения. Однако подобное возможно только при увеличении в два раза, для увеличения в N раз необходимо несколько ступеней, так как каждая из них работает с изображением разного размера, то и скорости работы ступеней будут разные. Так при увеличении изображения $X*Y$ в N раз, в таком случае, понадобится обработать изображение Z раз на конвейере, где Z – целочисленный логарифм N по основанию 2. В итоге, на каждой ступени выполняется $4*X*Y*i$ вычислений нового пикселя, где $i = (1,4,8,16,...)$, суммарное количество обработок будет равно Z . Для получения одного пикселя же надо выполнить на каждой ступени всего 3 операции

Заключение

В докладе рассмотрена разработка эффективного алгоритма масштабирования изображений, в частности:

1. Представление цифровых изображений

2. Предложение по оптимизации проводимых при масштабировании вычислений, путём применения параллельных вычислений и конвейерной обработки.

3. Применение ПЛИС в качестве аппаратной основы.

Таким образом, предложен способ и варианты решения поставленной задачи по масштабированию цифрового изображения. Результат актуален для стадии НИР реализации проекта.

Список литературы:

1. Егоров И.В., Внуков А.А. Конвейерная обработка цифровых изображений при масштабировании // Тезисы V Международной научно-практической конференции «Инженерные системы — 2012». М.: РУДН. 2012. С. 41.

2. Егоров И.В., Внуков А.А. Быстрый алгоритм масштабирования изображений // Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные информационные технологии». М.: МИЭМ., 2012. С. 276-278.

3. Schmidt M., Reichenbach1 M., Loos A., Fey D. Третий Т.Т. A smart camera processing pipeline for image applications utilising marching pixels // Signal & Image Processing : An International Journal V.2, No.3, September 2011.

СТИМУЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО И ИНВЕСТИЦИОННОГО КЛИМАТА РЕГИОНА С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА РММК¹

А.С. Матвеев

факультет Менеджмента НИУ ВШЭ

Одной из главных задач, решения которой предполагается достичь за счёт внедрения и реализации Проекта, является стимулирование благоприятного инновационного и инвестиционного климата в регионе, обеспечение наилучших условий для распространения и освоения инноваций и привлечения к ним инвестиций, как государственных (на федеральном и региональном уровнях), так и предпринимательских. Органическое единство этих двух экономических категорий предопределяет путь развития, по которому необходимо двигаться для обеспечения высоких темпов экономического роста и повышения качества жизни населения конкретного региона. Информационно-аналитический Интернет-портал регионального масс-медийного комплекса как ключевой системообразующий элемент инновационной инфраструктуры регионального информационно-коммуникационного медиапространства, призван обеспечить всех её участников полной, актуальной, достоверной и объективной информацией, необходимой для осуществления экономической деятельности. Принципиально новый, научно-обоснованный авторский подход к решению задач по переходу на новую инновационную парадигму предполагает разработку механизмов управления и контроля над социально-экономическими процессами в конкретном регионе со стороны действующих субъектов РММК, участников инновационных процессов. Прямых отечественных и зарубежных аналогов Проекта не существует.

¹ РММК – региональный масс-медийный комплекс, множество взаимосвязанных и взаимодействующих между собой хозяйствующих субъектов, реализующих в процессе своего согласованного функционирования одну общую цель – удовлетворение потребностей регионального социума в информации, необходимой ему для нормального функционирования и развития.

В этой связи, требования, которые предъявляются к Проекту, как к стимулятору инвестиционного климата региона состоят, прежде всего, в обеспечении открытости и прозрачности деятельности участников портала РММК на всех уровнях, создании условий для повышения надёжности и эффективности инвестиций и побуждении региональных властей к протекционизму и меритократичности по отношению к эффективным инвесторам. Этому будет способствовать основное отличие Проекта от других порталов, призванных решать схожие задачи, - линейное формирование и наполнение портала контентом будет осуществляться непосредственно с мест – из организаций РММК, государственных и муниципальных структур, общественных, коммерческих и некоммерческих организаций, от частных лиц и т.д. Таким образом, информация, являющаяся движущей силой портала, будет распространяться между его участниками методом краудсорсинга, нанимая административные барьеры, что позволит значительно оптимизировать социально-экономическую деятельность в регионе. В условиях глобального информационного общества этот принцип предполагает обеспечение возможности установления прямых и обратных информационных связей для привлечения инвесторов не только на областном уровне, но и на межрегиональном и международном уровнях. Одной из приоритетных задач Проекта служит сбор, накопление и актуализация информации, необходимой для нормального функционирования бизнес-процессов. В этой связи, портал РММК будет служить главным открытым и независимым инструментом оценки инвестиционного рейтинга предприятий региона, отслеживания формирования динамики инвестиционной активности, инвестиционного потенциала и инвестиционной ёмкости.

Инновационный климат региона – понятие более обширное, включающее в себя ряд взаимосвязанных элементов, которые, в совокупности, способны обеспечить устойчивое развитие инновационной экономики. Портал РММК выполняет консолидирующую роль и концентрирует в одном месте всю необходимую информацию по наиболее актуальным для участников вопросам: региональное и федеральное инновационное законодательство, учитывающее специфику субъектов РФ, права инноваторов, защита интеллектуальной собственности и т.д. Кроме того, Проект предоставляет возможности для развития инновационного образования участников: подготовка и повышение квалификации учёных, инженеров, менеджеров и технологов, принимающих участие в разработке и реализации инновационных проектов. Кроме того, портал РММК, выполняющий в организационно-экономическом аспекте роль инновационного бизнес-центра с существенно рас-

ширенными и видоизменёнными функциями, также будет способствовать улучшению инновационного климата региона. Ю.В. Яковец отмечает, что немаловажным фактором для создания благоприятного инновационного климата и национальной инновационной системы является стремление молодёжи к инновациям и технологический романтизм. [1] Этому будет способствовать концентрация всей наиболее актуальной информации о жизнедеятельности региона, а также активное взаимодействие со СМИ и их интеграция в систему портала РММК. Ещё одним преимуществом Проекта является тот факт, что портал позволит проводить инновационно-технологическую экспертизу наиболее важных инвестиционных проектов и программ на предмет наличия в них инноваций и оценки их характера. Минимизации предпринимательских рисков способствует рост неудовлетворенного спроса на предлагаемые порталом РММК проблемно-ориентированные социально-значимые услуги и ресурсы

Теоретическая значимость Проекта заключается в возможности оптимизации условий для ведения экономической деятельности в регионе, а также в содействии государственной политике в сфере масс-медиа, т.е. привлечении самых широких слоёв населения к участию в политическом процессе.

Практическая значимость Проекта заключается в содействии формированию и развитию регионального информационно-коммуникационного медиапространства, накоплению, хранению и актуализации информации по всем вопросам жизнедеятельности региона. Работу первого в России портала РММК планируется организовать во Владимирской области, где есть все предпосылки для успешной реализации Проекта.

Список литературы:

1. Яковец Ю.В. Эпохальные инновации XXI века. – М.: «Экономика», 2004.
2. Мешков Н.А. Сущность и генезис проблемно-ориентированных информационно-коммуникационных социальных пространств // Качество. Инновации. Образование. – 2011.
3. Мешков Н.А., Крупнов Ю.А., Ред.: Четвериков В.М. Исследование систем управления: Управление инновациями и инвестициями. – М.: МИЭМ, 2011.
4. Инновации: теория, механизм, государственное регулирование. М.: РАГС, 2000.
5. Инновационно-технологическая экспертиза инвестиционных проектов и программ / Под ред. Ю.В. Яковца. М.: МФК, 2002

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1 "Прикладная математика"

5-39

Цымбалов Е.А. Использование компактных разностных схем для решения линейных уравнений в частных производных	5
Благодарёва О.В. Квантовая геометрия ловушки Пеннинга-Йоффе	6-7
Шумилин А.В. Низкоэнергетический ионный пучок в собственном газе	8-9
Выборный Е.В. Туннельное возмущение дискретного спектра	10
Солдаткина М.В. Случайные подстановки: от В.Л. Гончарова до наших дней	11-12
Милицинский Э.М. Лапитан Д.Г. Моделирование поля обратно рассеянного оптического излучения для двухслойной биоткани с переменным кровенаполнением	13
Борхсениус С.С. Моделирование механических свойств титанового сплава TI-6AL-4V в условиях сверхпластичности	14
Иванов А.В. Анализ проблемы оптимального управления запасом непрерывного продукта в стохастической полумарковской модели с периодическим прекращением потребления	15-16
Федоренко Ю.В. Аксенов С.А. Анализ и оптимизация орбит Лиссажу вокруг точки либрации L2 системы Земля-Луна	17-18
Полякова Л.О. Ерохина О.С. Моделирование перемещения криобота	19-20
Захарьев И.Ю. Ерохина О.С. Моделирование дефектов типа линз на поверхности Европы	21
Гайдуков Р.К. Исследование эффективности параллельной реализации алгоритма решения краевой задачи в двумерной области	22-23
Ефремова Е.В. Аксенов С.А. Исследование семейства орбит к точке либрации L2 системы Земля-Луна	23-25
Николаева Ю.А. Аксенов С.А. Расчет окон запуска космического аппарата при реализации миссий по изучению обратной стороны Луны	25-27
Васильев Г.А. Об одном обобщении теоремы Шоке	27-28
Писаренко В.В. Анализ траекторий процесса управления для задачи оптимального управления инвестициями в модели трехсекторной экономики	28
Григоренко Е.Д. Управление нелинейными объектами в задаче защиты цели	29-30
Аевский В.В. Построение модели безарбитражного ценообразования процентных финансовых инструментов	31-33
Шумилин Н.В. Алгоритм решения задачи о структуре двойного электрического слоя в поперечном магнитном поле	33-35
Миронова В.А. Вопросы анализа спектра случайных симметрических булевых функций	35
Раевский Д.Н. Ионизация двумерной квантовой точки полем электромагнитной волны	35-37
Гаммал А.С. Вариант модификации метода сопряжённого оператора на примере двухточечной краевой задачи об изгибе тонкостенной трубы	37-38
Ледков А.А. Использование малых астероидов для отклонения больших	39

<u>Секция 2 "Информационно-коммуникационные технологии"</u>	40-161
Голенок Е.А. Математический синтез и компьютерное моделирование быстродействующих однослойных наноструктур	40-41
Красавина А.К. Исследование методов и алгоритмов распределения задач между исполнителями	42-43
Паршикова Е.А. Автоматизация проектирования систем поддержки принятия управленческих решений	44
Хвостиков С.А. Вопросы калибровки модели природных пожаров для эффективной работы на территории России	45
Базанин Н.В. Сохранение и обработка данных полученных в ходе полета самолета лаборатории	46
Кораблев А.В. Разработка генетического алгоритма для обучения нейронных сетей в задаче составления расписания	47-48
Монахов М.А. Разработка баз данных программного комплекса АСОНИКА-К для расчета надежности радиоэлектронной аппаратуры с учетом механических элементов	49-50
Цыганов П.А. База данных информационного портала по характеристикам надежности компонентов ЭС	51
Федоренко А.Н. Управление ориентацией шарообразного солнечного паруса с изменяемыми отражающими свойствами	52-53
Бурыкин Д.Ю. Исследование алгоритмов сжатия информации	54-55
Орлов И.А. Моделирование вычислительных процессов на распределенной системе объектно-атрибутивной архитектуры	55-56
Баранов М.А. Жадный алгоритм кластеризации учитывающий коэффициенты схожести при включении нового документа в кластер	57-58
Савин И.И. Составление профиля интересов пользователя в системах управления заданиями	58-60
Карбачинский И.О. Применение скрытых марковских моделей для классификации спама в интернете	60-61
Сластников С.А. Применение алгоритма муравьиной колонии для решения задачи маршрутизации транспорта	62-63
Азаров В.А. Разработка нейросетевой технологии аппроксимации времени, необходимого летательному аппарату для выполнения маневра	64
Исаев М.М. Разработка метода проектирования электронных средств на основе итеративного моделирования взаимозависимых электрических и тепловых режимов работы радиоэлементов	65
Асеева Ю.С. Разработка математической модели станции радиотехнической разведки	66
Столбецова Д.С. Разработка математической модели блока принятия решений в системе управления воздушным движением	67
Гераськин П.Б. Моделирование системы оценки рыночного риска на основе нейронных сетей	68
Кравченко В.Е. Артюхова М.А. Создание программного обеспечения для автоматизированной оценки радиационной стойкости аппаратуры космических аппаратов	69

Лужных Д.А. Программное обеспечение автоматизации проектирования бортовой электронной аппаратуры	70
Юдина Ю.Ю. Автоматизация бизнес-процессов как метод повышения эффективности работы it-подразделений в крупных логистических компаниях	71
Громов И.Ю. Тепловая модель элемента Пельтье в процессе оптимизации систем обеспечения теплового режима радиоэлектронных средств	72
Бухаров О.Е. Мизикин А.А. Задача прогнозирования временных рядов. Подход к решению с использованием эволюционных алгоритмов	73
Цыпунова Е.А. Разработка модели тактического отворота летательного аппарата	74
Савин Д.А. Разработка подсистемы углового сверхразрешения на основе метода Прони в составе программного комплекса моделирования систем наведения	75
Ноздрин Д.А. Построение модели интеллектуальной инженерной сети (на примере электросетей)	76-80
Лужных Д.А. Сотникова С.Ю. Методическое обеспечение автоматизации проектирования бортовой электронной аппаратуры	80-81
Гавриленко А.А. Разработка программного комплекса обеспечения надёжности электронных средств как "облачного" сервиса	81-82
Назаров В.И. Модель представления знаний на основе когнитивных карт	82-83
Моисеев А.И. Решение задачи SLAM на основе распознавания сцен	84-85
Кочеткова Н.А. Коллокации и словосочетания как ресурс пополнения онтологий	85-86
Евтеева А.Ю. Создание компилятора построенного по объектно - атрибутному принципу	86-88
Новиков О.В. Выделение групп пользователей веб-сайта для обеспечения работы высокопроизводительной рекомендательной системы	88-89
Федин Н.А. Экспериментальная реализация нейросетевой системы распознавания сегментированных рукописных символов	90
Ефремов С.Г. Задача планирования движения мобильного стока в беспроводных сетях сбора данных и метод ее решения	91-92
Зайка С.С. Опыт работы с учебным материалом для построения базы знаний экспертной обучающей системы, основанной на технологиях Semantic Web	93
Дуэль М.Б. Анализ производительности алгоритмов построения структуры инженерных сетей	94-95
Талыгин Е.А. Методы статистической оценки времени протекания этапов жизненного цикла технической документации	95-96
Чуданов В.С. Метод генерации сеток конечных элементов	96
Ерослаев А.В. Компьютерное моделирование и разработка однослойной переходной наноструктуры ИЛИ-НЕ для суперкомпьютеров	97
Парамонов А.И. Методы эквивалентных преобразований подсистемы верификации в реализации swi-prolog	98
Булгаков С.А. Сравнение методов бинаризации графических изображений	99
Ильичев В.А. Лукинов Н.А. Парковки on-line	100

Мартюков А.С. Разработка автоматизированной системы формирования регрессионного тестового набора и создания отчетной документации по процессу тестирования	101
Духан И.В. Задачи имитационного вероятностно-статистического моделирования	102
Луцкий В.А. Адаптивная походка шестиногого шагающего робота	103-104
Попович И.П. Переходная схемотехника как основа для проектирования энергоэффективных схем памяти с проектными нормами 10-20 нм	104-105
Мурашев Д.А. Разработка инструментальных средств сбора, хранения и анализа данных для системы автоматизации процесса ионно-плазменного напыления	105-106
Лукьянов Д.В. Метод получения описания ошибок задаваемых шаблонами	106-107
Безотосный Я.И. Поиск наиболее оптимальной стратегии денормализации БД. Разработка подсистемы для автоматизации процесса денормализации	107-108
Попова О.Р. Реализация современной концепции управления машиностроительным предприятием в условиях российской экономики	108-109
Турунтаев И.С. Сравнение систем компьютерной алгебры с точки зрения их использования при построении интерактивных обучающих систем	110
Воробьев В.В. Среда моделирования для задач групповой робототехники	110-111
Макашев М.М. Комаров М.М. Разработка и компьютерное моделирование модификации однослойных переходных комплементарных биполярных элементов и-не	111-113
Макаров К.А. Исследование возможности создания системы web-моделирования с применением технологий облачных вычислений	113-114
Калачёв Я.Б. Метод проверки отчетных документов о проделанной работе по техническому заданию на полноту	114-115
Волкова Г.А. Философские понятия как базис для построения метаонтологий	115-116
Дворников А.А. Узел интеллектуальных систем электроснабжения с использованием классического метода измерения и метода распределенного датчика тока	116-117
Разуваева Т.А. Модель и алгоритмы передачи данных в распределенных клиент-серверных системах технического зрения	118-119
Куклин В.В. Моделирование и апробация оптимизации управления гетерогенными ip-сетями с использованием openflow	120-121
Азизов Р.Ф. Особенности применения децентрализованных беспроводных сетей	122
Вабищевич А.Н. Использование синхронизации для устройств беспроводной сенсорной сети системы захвата движения	122-124
Карпов И.В. Энергоэффективная передача аудиоданных в беспроводных сенсорных сетях с автономными источниками питания	124-126
Ролич А.Ю. Программно-аппаратный комплекс "Общественная розетка"	126-127
Пузино Ю.А. Автоматизация построения элементов геометрических моделей	128-129
Богачёв К.А. Попов И.С. Оптимизация трафика канала связи при передаче аналоговых сигналов	129-130
Баранов А.Н. Исследование процессов потребления энергии и рассеивания тепла в процессоре с применением методов имитационного моделирования	130-131
Попов И.С. Безлитерное построение приемопередатчиков в мобильных PPS	131-132

Балагин А.А. Обзор и анализ методов сетевого кодирования и средств моделирования беспроводных сенсорных сетей на базе протокола IEEE 802.15.4 для изучения вопроса энергопотребления	132-133
Лукинов Н.А. Wi-fi платформа "интернет-вещей"	134
Глотов А.С. Гармонический состав тока тяговой сети как источник помехи на сеть телекоммуникаций автоматики и телемеханики	135-136
Пилипенко Н.А. Архитектура web-ориентированной платформы для взаимодействия интернет-вещей	136-138
Карпов А.В. Энергетическая эффективность беспроводной сенсорной сети камер с автономными источниками питания	138-140
Ковалев М.М. Испытания и анализ производительности алгоритма позиционирования наземного транспорта по сигналу GSM	140-141
Козлов М.С. Обнаружение частых изменений в ресурсных записях системы доменных имён	142-143
Драчев Г.А. Обзор метода пакетного вмешательства в процесс игр для PC в жанре MMORPG	143-144
Балмаев И.Т. Человеческая составляющая в аспекте информационной безопасности	144-146
Редькин О.К. Абабилов О.И. Интеллектуальная система поддержки принятия решения в задачах выявления причинно-следственных связей и ликвидации атак на компьютерную сеть	146-147
Семенова Н.А. Ролевая модель управления доступом с семантическим контекстом	147-149
Обросов П.А. Исследование методов анализа булевых функций от n переменных и их применение в криптографии	149-151
Балмаев И.Т. Тишков М.Я. Исследование операции «Red October»	152-153
Малахов С.С. Опыт выявления заражения ПК троянской программой	153
Вильчинский А.В. Исследование связанных угроз в информационных системах, оценка информационных рисков систем	154-155
Попов А.С. Обнаружение и подавление DDoS атак с использованием алгоритмов Data mining	155-156
Волков И.Ю. Безопасность социальных карт	156-157
Балыбердин А.В. Классификация угроз нарушения безопасности мобильных устройств	157-158
Гавриленко А.А. Сравнительное исследование надёжности построения локальной вычислительной сети на базе "тонких" и "толстых" клиентов	159-160
Мягков А.С. Особенности ESL-моделирования многопроцессорной системы	160-161
<u>Секция 3 "Электроника"</u>	162-282
Кузнецов В.В. Моделирование воздействия ЭСР на полупроводниковые приборы, установленные на печатных платах	162-164
Лемешко Н.В. Виртуальная сертификация по помехоэмиссии как новый этап в техническом проектировании РЭС	165-166
Иванов А.В. Электродинамический анализ параболической антенны Ku-диапазона	167-168
Артюхова М.А. Проектирование функциональных узлов с учетом воздействия радиации	169-170

Ефремова М.В. Анализ влияния отклонений размеров элементов электронно-оптической системы мощной спиральной ЛБВ импульсного действия	171-172
Шабанов Д.С. Численное решение характеристического уравнения 4-ой степени в полосе пропускания мощных ЛБВ	173
Лисицын И.Ю. Анализ современного состояния и проблем проектирования импульсных источников питания	174
Тихменев А.Н. Сравнение способов оценки безотказности электронных средств циклического применения	175-176
Цыганов П.А. Интеллектуальный флэш-накопитель	177-178
Александрова А.Б. Исследование ограничителей напряжения на стойкость к воздействию импульсных перегрузок	179-180
Омельчук И.С. О возможности выделения второй полосы пропускания в ЗС типа ЦСР с разными щелями связи	180-182
Капитонов И.С. Полусферический пространственный сканер	182-184
Юшин С.В. Контроль микроэлектронных изделий посредством АИС	184-185
Мешков Я.С. Анализ технических методов обеспечения метрологической надежности измерительных преобразователей	185-186
Закирова Э.А. Аналитическое моделирование излучения кромок однослойных и многослойных печатных плат в программе MathCAD	186-187
Вараксин А.Г. Исследование поверхности фотокатода на основе арсенида галлия методом РЭМ	188
Свиридов А.С. Аппаратура потребителей системы ГЛОНАСС	189
Попов Д.А. Численный подход к анализу резкости изображений с использованием операторов типа собела	190
Токарев Н.Ю. Анализ состояния разработки и производства кремниевых ограничителей напряжения - эффективных элементов защиты радиоэлектронных устройств от воздействия электрических импульсов различной природы	190-191
Демский Д.В. Визуализация электромагнитного перфорированного экрана при расчёте его эффективности экранирования	192
Попов А.А. Экспериментальное исследование трасс печатных плат силовой электроники	193-194
Гультяев А.В. Повышение точности измерения параметров сигнала СРНС ГЛОНАСС	195
Шаймарданов Р.В. Разработка резонатора на основе коаксиальной ребристой линии для целей урологии	195-197
Колганов А.А. Автомобильные охранные системы	197-199
Кравцов П.А. Экспериментальное исследование тепловых процессов в радиоэлектронном блоке с перфорированным корпусом	199-200
Секунов А.В. Разработка программы-методики проведения экспериментальных исследований устойчивости ССВ к воздействию мощных СКИ ЭМП	200-201
Белик Г.А. Метод снижения негативных эффектов внутренней электризации бортовой аппаратуры космических аппаратов	202-203
Кокин Н.Н. Упрощение моделей тепловых процессов в радиоэлектронной аппаратуре космических аппаратов на основе анализа коэффициента облученности	203-204

Панкин А.В. Принцип организации обработки данных вычислительных структур специального назначения на базе ПЛИС	205-206
Неборский А.Ю. Оптимизация работы индуктивных измерительных преобразователей посредством информационных измерительных систем	206-207
Смагин И.Д. Выбор принципиальной схемы миниатюрной высоковакуумной системы	207
Попов А.А. Экспериментальное изучение токонесущей способности трасс печатных плат на подложках из перспективных материалов	208-209
Прусаков М.И. Электротепловое моделирование радиотехнических устройств с помощью программы Micro-Cap	210
Саленков Н.А. Типовые источники процессов деградации радиоэлектронной бортовой аппаратуры космических аппаратов, связанные с недостатками ее изготовления	211
Нестерова Д.А. Электродинамический анализ электродов для внутриволновой УВЧ-физиотерапии с экранировкой магнитного поля	211-212
Аронова О.Д. Сравнительный анализ построения системы имитации боестолкновений с использованием различного аппаратного обеспечения	212-214
Дракснор Е.А. Разработка приёмопередающей системы для работы в самоорганизующихся сетях	214
Якубов В.С. Матвеев Е.В. Исследование подвески резонатора вибрационного гироскопа	215
Пашев Р.Ю. Идентификация параметров диода как тестовой структуры СБИС	216-217
Лышов С.М. Исследование возможностей применения эмуляторов вибрационных воздействий для обнаружения латентных дефектов в аппаратуре	217-218
Теличкань В.С. Имитатор качки для испытания спутниковой посадки	219-220
Андреев М.А. Метод позиционирования автономных рентгенографических комплексов в трубопроводе на основе индукционных датчиков	221
Фирсов-Шибает Д.О. Численное моделирование антенны для связи	222-223
Поздняков А.А. Пути повышения помехозащищенности звездного прибора	223-224
Шульга А.И. Применение премодуляции тока электронного пучка в широкополосных СВЧ усилителях	224-226
Перфильев В.В. Фирсов-Шибает Д.О. Достижение заданного уровня возбуждения высших типов волн	227-228
Годин А.С. Гежа Д.С. Проектирование возбудителя ДОС оптического типа	228-229
Гежа Д.С. Годин А.С. Исследование расфокусировки лучей в системе с неоднородным диэлектрическим заполнением	230-231
Кортунов А.В. Определение параметров тепловой цепи мощных транзисторов	232
Федотов К.Д. Взаимосвязь пьезоэлектрических и механических свойств материала	233
Князева М.П. Поперечные колебания биморфного элемента пьезопривода	234
Князева М.П. Продольные колебания пьезопривода для формирования квантовых точек на подложке	235
Жарков М.Ю. Реализация концепции литиевого эмиттера-коллектора на токамаке Т11-М	236
Шеламов В.А. Матвеев Е.В. Моделирование пьезоманипуляторов для микроэлектроники	237-238

Афанасьева М.А. Гостева Д.О. Совершенствование метрологического обеспечения средствами информационных технологий	239
Миньков К.Н. Программное обеспечение частотно-цифровых микропроцессорных средств измерений	240
Белякова А.М. Совершенствование микропроцессорных измерительных систем средствами мобильных информационных технологий	241-242
Романенко Е.М. Микропроцессорные частотно-цифровые средства измерений линейных размеров и перемещений	242-244
Смирнов Д.С. Кожухов М.В. Влияние отжига на процесс восстановления параметров кремниевого биполярного транзистора, подвергнутого воздействию радиации	244-246
Попов Д.А. Влияние температуры на радиационный сдвиг порогового напряжения МОП-транзистора	246-248
Ермилов А.И. Компенсация линейных перемещений зонда в нанотехнологии	248
Злодеев Г.Ю. Применение наноструктурированных материалов в датчиках температуры и давления	249
Харитонов Н.Е. Силаев А.Д. Поляков В.С. Минин А.А. Исследование пористости и подбор оптимального соотношения компонентов прессованного оксидно-никелевого катода	249-250
Михейкин Ю.В. Исследование формирования границы раздела фаз слоистых систем микроэлектроники с заданными свойствами	251
Терентьев А.В. Исследования нанообъектов с помощью метода малоуглового рассеяния рентгеновских лучей	252
Костомаров П.С. Алгоритм выбора технологического решения для иммерсионной ультрафиолетовой литографии	253-254
Зубовская Д.А. Анализ качества микропроцессорного частотно-цифрового измерительного устройства	255-256
Ерискин А.А. Возможные применения установки Плазменный фокус	256-257
Гончаров Б.В. Тархов М.А. Приходько К.Е. Измерение электрофизических свойств ультратонких пленок нитрид ниобия NBN до и после облучения протонами	258
Романенко Е.М. Кулакова Д.С. Загрузка программы SpectraLAB на современные ноутбуки	259
Рудштейн Р.И. Анализ характеристик экранно-вакуумной высокотемпературной термоизоляции для применения в узлах космической техники	260-261
Самбурский Л.М. Моделирование перекрёстных электрических помех в КМОП-ФД матрице	261-262
Корпачев М.Ю. Построение литографических отображений в двумерном пространстве	263-264
Корпачев М.Ю. Принятие технического решения из ряда недоминируемых альтернатив при разработке литографических процессов	265
Рогачев А.В. Увеличение чувствительности метода стоячих рентгеновских волн при исследовании биоорганических образцов	266
Береговая М.А. Методика обмена информацией посредством мобильных средств информационных технологий	266-267
Гуртиков Н.С. Метрологическое обеспечение систем качества и сертификации посредством базы данных	267-268

Семёнов В.П. Исследование диффузии в пылевой плазме	268-270
Пруцков Г.В. Исследование дефектной структуры слоев нитридов при создании НЕМТ-транзисторов методами рентгеновской дифрактометрии	270-271
Осадчая А.С. Исследование пространственного распределения элементов путем сопоставления данных рентгеновской микротомографии и рентгенофлуоресцентного анализа	271-272
Алексеева А.В. Бородулина В.М. Совершенствование учебного процесса посредством информационных технологий	273
Соломатин М.А. Исследование структуры наноразмерных объектов методом малоуглового рентгеновского рассеяния	273-274
Пакаев И.Ю. Анализ экспериментальных данных по переходным сопротивлениям омических контактов к различным полупроводникам	275
Чупилин А.В. Требования к носимой радиоаппаратуре специального назначения	275-276
Козырев А.А. Метод обнаружения аварийного электрического разряда	276-278
Кудрявцев Д.Ю. Козырев А.А. Подход к обнаружению нестационарного коммутационного процесса и синтез распознающей системы	278-279
Прокофьева Т.В. Идентификация промежуточных фаз в монокристалле кварца	279-280
Самодуров Д.А. Определения параметров SPICE моделей транзисторов с учетом температуры	281-282

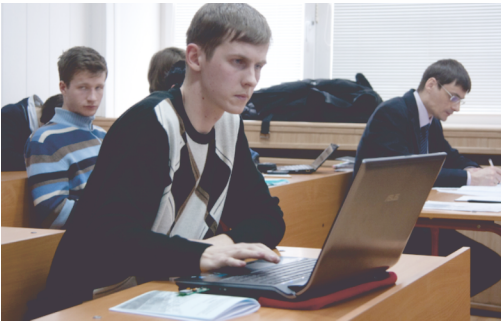
Секция 4 "Современные технологии дизайн проектирования"

Редькин Н.Н. Анимация 2.5D: современные подходы к проектированию	283-284
Агафонов В.В. Проектирование конструкции фитинга на этапе создания крупногабаритного головного обтекателя	285
Козлов А.А. Современные проблемы дизайн проектирования 3Д игр	286
Сковородников П.Ю. Проектирование веб-сайтов с использованием современных технологий	287
Московкин В.В. Исторические этапы развития дизайн-проектирования в XX-XXI веке	288
Орлова М.С. Креативное использование графических редакторов на примере плагина Filter Forge 3 в процессе коллажирования и последующей цветокоррекции	288-289
Бабкина А.Л. Влияние дизайна интерьера ресторана на эмоциональное состояние его посетителей	290-291
Кремянская Е.Д. Современные тенденции в веб-дизайне	291-292
Хамшо М.С. Разработка визуального эффекта искусственных картин с использованием Нано-Арт	292-294
Рымжанов Д.Н. Звуковой дизайн как дисциплина для студентов и преподавателей графического, веб, кино дизайна и дизайна среды	294
Дубейковский С.В. Виртуальная реальность технологии трёхмерной интерактивной векторной графики	295

Секция 5 "Информационные технологии в экономике, бизнесе и инновационной деятельности"

Князев О.В. Применение информационных технологии анализа данных на предприятиях радиоэлектронной промышленности	296-297
--	---------

Козлов В.В. Оптимизация it инфраструктуры как средство сокращения операционных расходов предприятия	297-298
Филиппов П.Б. Моделирование продолжительности проекта разработки программного обеспечения на основе метода PERT	298-300
Егоров И.В. Оценка эффективности конвейерного подхода к масштабированию	300-301
Матвеев А.С. Стимулирование инновационного и инвестиционного климата региона с помощью информационно-аналитического интернет-портала регионального масс-медийного комплекса	301-302
СОДЕРЖАНИЕ	303-312
ПРИЛОЖЕНИЯ	313-316







Общество с Ограниченной Ответственностью

«СТУДЕНЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

Студенческий инновационно-научный центр (СИНЦ) образован в 2007 году на базе студенческого конструкторского бюро «Московского государственного института электроники и математики (технического университета)». Задачей Центра является выполнение широкого спектра научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ силами студентов, магистрантов и аспирантов МИЭМ.

Для руководства этими работами в СИНЦ привлекаются ведущие ученые МИЭМ, специализирующиеся в различных областях науки и техники. Такой подход позволяет СИНЦ выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по приоритетным направлениям развития науки и техники с участием победителей программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» (У.М.Н.И.К.), которые выполняются при финансовой поддержке государства в лице «Фонда действия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».

СИНЦ оказывает поддержку не только МИЭМовцам, но и представителям других вузов России, среди которых ТГТУ (г. Тамбов), РГТУ (МАТИ) им. К. Э. Циолковского, РХТУ им. Д. И. Менделеева, МГУПТ (МИИТ), МГУЛ (г. Мытищи), ТПУ (г. Томск), МФТИ, ФИАН им. П. Н. Лебедева и др.

Однако деятельность СИНЦ не ограничивается только этим. Направления деятельности СИНЦ, нашедшие отражения в Уставе Общества разнообразны, среди них можно выделить следующие:

- научные исследования и разработки в области естественных и технических наук
- научные исследования и разработки в области общественных и гуманитарных наук
- проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
- создание и использованию баз данных и информационных ресурсов
- информационно-вычислительное обслуживание
- формирование и реализация банков данных
- разработка программного обеспечения
- обработка данных
- исследование, проектирование и установка корпоративных информационных систем
- исследования, разработка, монтаж и установка аппаратно-программных комплексов
- разработка, монтаж и наладка сетевого оборудования
- разработка и реализация методик и обучающих программ и курсов
- сертификация продукции и услуг
- организация и проведение конференций и семинаров
- реклама, представительские услуги
- редакционно-издательская деятельность

По многим из этих направлений СИНЦ выполняет научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заказам ведущих предприятий и организаций России и стран СНГ. Наряду с научно-исследовательской деятельностью сотрудники СИНЦ оказывают учебно-консультационные услуги, а также сопровождение и поддержку своих разработок.

СИНЦ является постоянным участником научных форумов и выставок наукоемкой продукции в России и за рубежом, на которых, несмотря на свою молодость, его разработки неоднократно отмечались дипломами и медалями.

Подробную информацию о деятельности ООО «СИНЦ», выполненных проектах и текущих разработках можно получить на сайте: <http://skb.miem.edu.ru>.

Работа должна доставлять удовольствие!



Найдите себе работу по душе, и вам не придётся работать ни дня в своей жизни», — говорил Конфуций. Работа должна доставлять удовольствие! — именно с этой идеи в 2000 году и началась история портала Superjob.ru.

За 12 лет Superjob.ru стал самым авторитетным сайтом по поиску работы в России. Но при этом Superjob.ru — не просто рекрутинговый сайт, публикующий вакансии и резюме специалистов и предлагающий поиск работы и персонала. Superjob.ru — это место, где люди находят своё призвание, а значит, становятся счастливее.

Superjob.ru — место встречи профессионалов, для которых работа — это не только способ заработка, но и средство самовыражения. Ежедневно резюме на нашем портале оставляет более 110 000 человек. Каждый день на сайте присутствует более 170 000 вакансий. Среди наших клиентов, публикующих свои вакансии, как крупные российские и международные холдинги, так и небольшие компании с численностью персонала до 50 человек.

Superjob.ru — это работа в России и работа за рубежом, вакансии для выпускников вузов и специалистов с опытом. Это работа с полной занятостью и вакансии для тех, кто готов работать по совместительству.

Мы неустанно заботимся о репутации портала и ценим время всех тех, кто обращается к нам за помощью, поэтому каждое резюме и каждая вакансия подвергаются тщательной проверке.

Superjob.ru — это не только поиск работы. Портал приносит пользу и тем, кто уже нашёл работу своей мечты. Специалисты различного профиля могут общаться и обмениваться опытом в профессиональных Сообществах. На нашем портале можно найти полезные материалы по трудоустройству, получить помощь в составлении резюме, а также оформить подписку на горячие вакансии, что сделает поиск работы более эффективным.

Для тех, кто ищет разовую работу и подработку или специалистов по оказанию разного рода услуг, мы открыли раздел «Подработка».

Помимо резюме и вакансий на сайте ежедневно публикуются свежие опросы, проводимые специалистами нашего Исследовательского центра.

Более 8 миллионов человек уже разместили свои резюме на нашем портале. Более 600 000 компаний-работодателей, публикуя вакансии и просматривая резюме кандидатов, подбирают с нашей помощью нужных специалистов. И мы уверены, что это не предел, ведь Superjob.ru и дальше будет помогать людям найти отличную работу, а значит, стать счастливее!

Мы знаем, как помочь Вам найти работу Вашей мечты!

SuperJob



**Научно-техническая конференция студентов,
аспирантов и молодых специалистов МИЭМ НИУ ВШЭ.
Тезисы докладов.**

ISBN 978-5-94768-066-9



Подписано в печать 14.02.2013г. Формат 60x84/8. Бумага офсетная №2.
Печать ризография. Усл.печ.л. 39,5. Уч.-изд.л. 35,6. Тираж 100 экз.
Европейский центр по качеству
109028, Москва, Б.Трехсвятительский пер., д.3