

**СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА СВЯЗИ,
ТЕЛЕВИДЕНИЯ И РАДИОВЕЩАНИЯ**
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

В номере:

- Информация с Форумов
- Инновационная экономика
- Системы и средства телекоммуникаций
- Перспективные технологии

СТР

2012

№ 1, 2



СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА СВЯЗИ, ТЕЛЕВИДЕНИЯ И РАДИОВЕЩАНИЯ

Выпуск 1,2

2012 год

СОДЕРЖАНИЕ

Информация с Форумов

Егоров Г.Н., Петров С.К. XIII Международный форум «Высокие технологии ХХI века».....	4
Егоров Г.Н., Петров С.К. 24-я Международная выставка «Связь-Экспокомм-2012».....	10

Инновационная экономика

Егоров Г.Н., Тедеев Э.К., Умнов А.Н. Что показал комплексный сопоставительный анализ мирового опыта и отечественной практики регулирования инновационной деятельности в оборонно-промышленном комплексе России?	14
Умнов А.Н. Интеграционная модель экономического роста и понимание национальных проблем перехода к инновационному развитию.....	20
Умнов А.Н., Тедеев Э.К. Компоненты системы управления инновационным развитием	24

Системы и средства телекоммуникаций

Вилкова Н.Н., Евстигнеев В.Г., Лебедев В.Д., Сухачев А.Б., Шапиро Б.Л. Некоторые аспекты информационного обмена в комплексе управления беспилотным летательным аппаратом	28
Морозов В.Н., Безуглый М.П. Совершенствование нормативной базы обеспечения единства измерений в системе менеджмента качества.....	32
Григорович Д.В. Опыт разработки архитектуры и программ для унифицированного модуля передней панели цифровых ТВ-приставок	34
Аминев Д.А., Кондрашов А.В. Анализ и классификация методов преобразования потоков цифровых данных для высокоскоростных систем обработки и регистрации	37
Похомов С.Н. Развитие привода систем специального телевидения	42
Гранкин Д.С. Проблемы измерения разрешающей способности экранов на современном этапе развития телевидения	45
Гребеников Е.П., Курбангалиев В.Р., Орлов Ю.С., Мальшев П.Б., Порошин Н.О., Шмелев П.С., Адамов Г.Е. Конструктивно-технологические решения и экспериментальная оценка достижимых параметров перспективных оптических многослойных структур для информационных систем	47
Сызранцев Г.В., Лукин К.И. Отечественные разработки для построения автоматических первичных сетей связи на технологии NGPDH	54
Сахнин А.А., Корзухин И.С. Каталогизация продукции- эффективный инструмент обеспечения государственных заказов	62
Симонов П.И. Предложения по увеличению числа доступных приборов в виртуальных измерительных системах с ограниченным числом измерительных трактов	65
Симаков В.В., Зеркаль А.Д., Серегин Г.М. Контрольно-индикационный прибор для определения толщины и структуры льда	67
Белоусов Е.Л., Брянцев В.Ф., Войткевич К.Л., Кейстович А.В., Сайфетдинов Х.И. Современное оборудование сети авиационной электросвязи	70
Митрофанова Т.В. Исследование влияния отражающей поверхности земли на несимметричную проволочную антенну НЧ-ОНЧ диапазона	74
Кузнецов А.В. Оптимизация межкадровой фильтрации в телевизионном пирометре	79
Кузнецов А.В., Смирнов Н.И. Универсальное пирометрическое программное обеспечение «ГЕФЕСТ»	82
Ермиков С.И., Васильева Т.Н. Система мониторинга на базе программно-аппаратного комплекса оповещения, мониторинга и локализации аварий (КТС КАСМО)	84
Монвиж-Монтивид И.Е. Особенности конструирования приборов позиционирования пешеходов с помощью инерциальных навигационных модулей	86

Перспективные технологии

Белянин А.Ф., Ламский А.Н., Пащенко П.В. Ненакаливаемые катоды на основе наноструктурированных слоистых структур	89
Барсуков А.Г., Дудко В.К. Формальное представление программного обеспечения автоматизированных систем сбора, обработки и распределения информации	96
Митрофанова Т.В. Расчет входных характеристик мобильной проволочной антенны на основе простой модели носителя	100
Бредихин Д.В., Валов В.А., Макаров А.В., Стародубровский А.С. Методика приема и анализа информационных сообщений, передаваемых ЛЧМ-ионозондами	102
Манахова М.С., Шорохова Е.А Компьютерное моделирование антенн при наличии в их конструкции искусственных композитных материалов	105
Кудряшов С.А. Методы расчета сверхузкополосного ПАВ фильтра для тракта промежуточной частоты приемника	108
Невзоров Ю.В. Концепция повышения помехозащищенности связных радиолиний с использованием сигналов ППРЧ	113
Михайлов В.А., Мырова Л.О., Царегородцев А.В. Структура интеллектуальной системы анализа и оценки устойчивости БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ	116
Серов В.В. Помехоустойчивость системы загоризонтной связи с автовыбором оптимальной частоты	120
Михайлов В.А., Мырова Л.О., Царегородцев А.В. Модель интеллектуальной системы анализа и оценки устойчивости БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ	124
Ольшевский Н.А. К вопросу о нормативно-методологических основах управления профессиональными рисками	128
Грибанов А.С. Помехозащищенность систем радиосвязи с ППРЧ	131
Васильев О.В., Милигуда А.В., Казак О.И. Развитие методов исследования операций в задачах оценки эффективности сложных систем	136
Милигуда А.В., Гулидов А.А., Широков Д.В., Янкин А.И. Метод оценки устойчивости сети радиосвязи с ретранслятором в условиях априорной неопределенности координат источников помех	138
Корнишев Н.П., Лифар А.В. Повышение вероятности обнаружения телевизионного сигнала при априорно неизвестном числе его пространственно совпадающих реализаций в видеопоследовательности	142
Каракинов В.А., Казакова М.В., Торицин С.Б. Расчет углового поля зрения телевизионной эндоскопической системы при условии изгиба деформации термостойкого зеркала	145
Каракинов В.А., Ионов А.С., Каракинов Д.В., Петров А.В. Исследование оптически-прозрачных мембран телевизионным методом	148
Каракинов В.А., Петров А.В., Торицин С.Б., Ионов А.С. Тепловизионная диагностика тепловых труб методом локального кондуктивного нагрева	150
Селезнев Б.И., Осипов А.М., Платонов С.В. Защита СВЧ малошумящего усилителя от статического электричества и входной СВЧ мощности	153
Квашенников В. В., Трушин С.А. Расчет вероятности приема неискаженного участка рекуррентной последовательности в биномиальном канале	157
Зенькович А.В., Балло В.Л., Добровольский В.Б. Измерение нелинейных искажений аналоговых перемножителей сигналов	160

г. Москва, 2012 г

В.А. Михайлов, к.т.н.; Л.О. Мырова, д.т.н.; А.В. Царегородцев, д.т.н.

СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БЦВК К ДЕСТРУКТИВНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭМИ

Проводится анализ существующих подходов к анализу устойчивости бортовых вычислительных комплексов к деструктивному воздействию ЭМИ. Предлагается решение на основе использования интеллектуальной системы для обнаружения деструктивных электромагнитных воздействий на элементы и узлы бортового комплекса, что позволит учитывать априорные знания экспертов по проблемной области или данные экспериментальных исследований.

Ключевые слова: бортовой цифровой вычислительный комплекс, электромагнитное воздействие, интеллектуальная система, нейронная сеть.

Analysis of existing approaches to the analysis of onboard computer systems's resistance to the destructive electromagnetic effects is performed. It is proposed the decision of using an intelligent system for the detection of the destructive electromagnetic effects on the elements and components of the onboard computer systems. Such approach will take into account a priori knowledge of subject area experts, and data of experimental studies.

Keywords: onboard digital computer system, electromagnetic effect, intelligent system, neural network.

Одним из показателей современного общества является насыщенность электрическим, электронным и радиоэлектронным оборудованием. Радиоэлектронные технологии вошли в системы управления и навигации как наземных, так и аэрокосмических комплексов. Сегодня уже немыслимо функционирование подвижных комплексов без систем радиосвязи, навигации, наведения, охранных систем и т.д. Однако, с одной стороны, работа технических средств создает в большей или меньшей степени различные электромагнитные помехи. С другой стороны, само радиоэлектронное оборудование чувствительно к разного рода электромагнитным воздействиям. В результате действия таких помех возникают различные нарушения в работе оборудования, приводящие к выходу его из строя, авариям и сбоям. Последствия их могут быть катастрофическими для населения и окружающей среды. Это и породило такую проблему, как электромагнитная совместимость (ЭМС) и электромагнитная безопасность.

Наиболее характерными примерами проявлений проблемы ЭМС могут быть такие явления, как сбои в каналах связи, потери информации в бортовых вычислительных комплексах, отказы систем контроля и управления подвижными комплексами, отказы бортовых систем самолетов и аэродромных систем наведения и т.п.

Оценка устойчивости бортовых цифровых вычислительных комплексов (БЦВК) к действию электромагнитных полей (ЭМП) включает в себя определение параметров электромагнитных полей, действующих на подсистемы БЦВК и последующую оценку воздействия этих ЭМП на работоспособность отдельных элементов и узлов БЦВК и системы в целом.

Анализ методов и средств оценки воздействия электромагнитных импульсов (ЭМИ) на подсистемы БЦВК показал, что для достоверной оценки устойчивости БЦВК к воздействию ЭМИ требуется разработка новых расчетных моделей оценки воздействия ЭМП на элементы и узлы БЦВК с возможностью их интеграции в рамках единого комплекса, позволяющего проводить интеллектуальный анализ и оценку параметров искажений ин-

формационного потока в системе для предотвращения деструктивного действия ЭМИ на БЦВК.

1. Проблема электромагнитной совместимости и электромагнитной безопасности бортовых систем

Проблему электромагнитной совместимости (ЭМС) и электромагнитной безопасности элементов и устройств БЦВК принято разделять на две части: анализ ЭМС и проектирование с учетом ЭМС и электромагнитной безопасности. При анализе ЭМС решаются следующие задачи:

- определение источников электромагнитных помех, описание их физических принципов работы, теоретическое и экспериментальное определение их параметров и параметров генерируемых ими помех;
- теоретическое и экспериментальное определение путей проникновения и распространения электромагнитных помех в конструкции подвижного комплекса и в электрических цепях элементов и устройств бортовых систем;
- построение алгоритмов работы элементов и устройств бортовых систем при воздействии ЭМП;
- разработка методов анализа погрешностей дискретных алгоритмов работы элементов и устройств при воздействии ЭМП;
- разработка методов и технических средств для автономных и комплексных испытаний элементов и устройств бортовых систем на электромагнитную совместимость и электромагнитную безопасность;
- исследование восприимчивости бортовой кабельной сети, помехоустойчивости и помехозащищенности элементов и устройств бортовых систем к воздействию электромагнитных помех;
- разработка теоретических и экспериментальных методов диагностирования отказов и сбоев элементов и устройств бортовых систем при воздействии электромагнитных помех.

Проектирование с учетом ЭМС, обеспечение электромагнитной безопасности, заключается в разработке алгоритмов работы, электрических схем, конструкций и т.п. обеспечивающих помехоустойчивость элементов и устройств бортовых систем при воздействии электромагнитных помех, а также в применении аппаратно-программных и технических средств повышения их помехозащищенности.

Определению источников электромагнитных помех, исследованию характеристик и параметров как самих источников так и создаваемых ими помех посвящено значительное количество публикаций [1-8].

Исторически, проблема ЭМС возникла и исследовалась как проблема сохранения приемлемой работоспособности приемопередающих радиоустройств атмосферных летательных аппаратов в условиях воздействия радиопомех [4]. Внутренние источники и параметры создаваемых ими электромагнитных помех во многом зависят от особенностей бортовых систем, их электрических цепей и конструктивных особенностей летательных аппаратов. Определение внутренних источников и параметров внутренних электромагнитных помех проводится для каждого аппарата в отдельности.

Определение путей проникновения и распространения электромагнитных помех в конструкции летательного аппарата определяется экспериментальным путем при испытаниях на конструкционно-технологическом макете, но может быть достигнуто на более раннем этапе путем предварительного построения топологических моделей. Теоретическое исследование путей распространения электромагнитных помех с помощью построения топологических моделей, позволяет получить количественные результаты, характеризующие наиболее "опасные" пути распространения помех и более эффективно решать проблему ЭМС на этапах схемотехнического и конструкторского проектирования [1].

Построение моделей дискретных алгоритмов работы элементов и устройств при воздействии электромагнитных помех является составной частью решения задачи ЭМС. Адекватные модели могут быть использованы на начальных этапах проектирования элементов и устройств при проверке помехоустойчивости разработанных алгоритмов. Помимо этого они могут быть использованы при уточнении параметров, например, интервала дискретности, алгоритмов работы.

Для исследования электромагнитной восприимчивости и электромагнитной совместимости, в рамках решения задачи анализа, возникает необходимость в разработке методов и технических средств проведения исследований и испытаний. Испытательные технические средства состоят из имитаторов и измерителей преобразователей параметров электромагнитной обстановки. Параметры электромагнитной обстановки и условия проведения испытаний регламентируются международными и национальными государственными и отраслевыми стандартами.

Существующие стандарты не охватывают все разнообразие электромагнитных помех от существующих и вновь появляющихся источников. В связи с этим необходимо разрабатывать и использовать при испытаниях и исследованиях универсальные имитаторы, позволяющие создавать практически все виды помех, с широким интервалом перестраиваемых параметров и позволяющие реализовывать нестандартные методы исследований и испытаний для различных типов бортовых систем.

При проведении испытаний важно не только установить факт работоспособности элементов и устройств бортовых систем, но и диагностировать причины отказа или выхода из строя. До настоящего времени практически не разработаны теоретические и экспериментальные методы диагностирования причин отказов (сбоев, нарушения работоспособности), возникающих вследствие воздействия электромагнитных помех. Установление причин отказов требует значительных временных и экономических затрат. Поэтому в настоящее время, в связи с усложнением

испытываемых бортовых систем возрастает актуальность разработки методов диагностирования бортовых систем в условиях адекватной электромагнитной обстановки.

2. Предпосылки к созданию интеллектуальной системы анализа и оценки устойчивости БЦВМ к воздействию ЭМИ

Анализ состояния проблемы по теоретическим и экспериментальным методам исследования воздействия ЭМИ на БЦВМ и методам оценки их стойкости выявил следующие закономерности:

1. БЦВМ подвергаются широкому спектру воздействия лестабилизирующих электромагнитных факторов. В общем случае БЦВМ должны функционировать в условиях воздействия динамически изменяемых в зависимости от траектории движения или явлений окружающей среды; электрических, магнитных, электромагнитных полей; непрерывного и импульсного ионизирующего излучения, широкого спектра механических и климатических воздействий.
2. В состав бортовых систем входят как цифровые устройства (устройства автоматики, телеметрии, цифровой обработки сигналов и т.п.), так и аналоговые и гибридные устройства (устройства электропитания, приемопередающие устройства, устройства навигации, усиительные и измерительные устройства и т.д.), которые работают в широком интервале частот (от единиц Гц до ГГц), напряжений (от десятых долей вольт до киловольт) и токов (от мА до сотен ампер).
3. Существующие методы и средства обеспечения стойкости в основном ориентированы на решение проблемы ЭМС, электромагнитных факторов природного и техногенного происхождения, ЭМИ ВЯВ и не затрагивают сложнейший комплекс задач устойчивости БЦВМ в условиях воздействия СКИ ЭМП, изложенных в стандартах МЭК.
4. К моменту постановки темы диссертации в известной автору литературе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению физических механизмов поражающего действия на технические средства однократных электромагнитных импульсов, гармонических полей и получены исходные данные для построения математических моделей процессов воздействия. Требования к БЦВМ по стойкости к электромагнитным полям наносекундного диапазона не задавались.
5. Информация по исследованиям критериив поражения БЦВМ, экспериментальным работам по определению эффектов и физических механизмов поражающего действия многократных, преднамеренных СКИ ЭМП на функционирование БЦВМ в широком диапазоне изменения параметров воздействия в открытой литературе отсутствовала.
6. Реальные образцы БЦВМ не подвергались воздействию СКИ ЭМП в рабочем состоянии.
7. На основе результатов анализа состояния проблемы стойкости БЦВМ к воздействию электромагнитных полей можно констатировать, что существующие методы оценки стойкости разработаны применительно к объектам (ракеты, самолеты, блоки различных систем и т.д.) и представляют собой заключительный этап оценки стойкости к мощным импульсным и гармоническим полям, а именно, испытания на подтверждение заданных требований при наличии определенной априорной информации. В известной литературе изложен общий подход к оценке стойкости сложных систем и носит постановочный характер.
8. Существующие численные методы расчета эффективности экранирования и методики расчета токов и напряжений, действующих на типовые элементы БЦВМ требуют совершенствования и разработки на их основе инженерных методик, которые можно использовать на этапах проектирования БЦВМ для определения основных параметров воздействия.

9. Оценить воздействие ЭМИ на БЦВМ и получить достоверные данные одними аналитическими методами невозможно из-за многообразия принципов их построения и действия, а также из-за сложности учета реальных электромагнитных связей с окружающим пространством.

Поэтому основным методом исследований в работе должен быть расчетно-экспериментальный, основанный на сочетании математических моделей взаимодействия ЭМИ с БЦВМ и экспериментальных данных, полученных с учетом современного состояния ЭИБ и средств метрологического обеспечения испытаний.

10. Наконец, при исследовании стойкости БЦВМ следует учитывать существующие методы и средства защиты БЦВМ.

11. Анализ состояния проблемы испытаний показывает, что, несмотря на достигнутые результаты в исследованиях стойкости технических систем к ЭМП, эта большая комплексная научно-техническая проблема требует дальнейшего теоретического и экспериментального развития применительно к БЦВМ по следующим направлениям исследований:

- обоснование требований к методам и средствам испытаний на стойкость БЦВМ в условиях воздействия СКИ ЭМП;
- совершенствование численных методик расчета воздействия СКИ ЭМП на БЦВМ;
- разработка методических положений по экспериментальной оценке стойкости БЦВМ.

Анализ проблемы анализа и оценки устойчивости БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ показал, что для достоверной оценки устойчивости БЦВК к воздействию ЭМИ требуется разработка нового методологического подхода, позволяющего проводить интеллектуальный анализ и оценку параметров искажений информационного потока в системе для предотвращения деструктивного действия ЭМИ на БЦВК.

3. Структура интеллектуальной системы анализа и оценки устойчивости БЦВК к воздействию ЭМИ

При постановке проблемы исследования будем отталкиваться от предлагаемого представления интеллектуальной системы анализа устойчивости (ИСАУ) БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ (рисунок 1).

ИСАУ должна проводить анализ и оценку устойчивости БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ на этапе проектирования и эксплуатации. Для удовлетворения данного требования предполагается использовать подход, при котором проводится анализ модели БЦВК. Данная модель строится на базе спецификаций, описывающих конфигурацию бортовой сети (топологию, состав программного обеспечения (ПО) и аппаратных средств (АС)) и реализуемую в ней политику безопасности. На этапе проектирования БЦВК спецификации формируются проектировщиком, на этапе эксплуатации – в автоматическом режиме при помощи программных агентов, функционирующих на узлах БЦВК.

Во время работы ИСАУ должна формировать сценарии электромагнитных воздействий на элементы и узлы БЦВК, учитывать модели ЭМИ на элементы и узлы БЦВК на всем диапазоне частот, производить расчет множества показателей, характеризующих устойчивость БЦВК в целом и ее отдельных подсистем к воздействию ЭМИ, учитывать топологию анализируемой сети, состав аппаратных средств и программного обеспечения, реализуемой политики безопасности. Результатом работы ИСАУ являются множество обнаруженных уязвимостей, сценарии ЭМИ воздействий, наиболее критичные компоненты сети, вероятность выхода из строя которых наивысшая, множество показателей устойчивости, комплекс мер по повышению уровня стойкости БЦВК.

Для реализации анализа устойчивости БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ на этапах проектирования и эксплуатации необходимо разработать модели воздействий ЭМИ на элементы и узлы анализируемой БЦВК, построения сценариев электромагнитных воздействий на элементы и узлы БЦВК и оценки уровня стойкости БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ.

Заключение

В статье предложен новый подход к созданию интеллектуальной системы анализа устойчивости БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ, позволяющей проводить интеллектуальный анализ и оценку параметров искажений информационного потока в системе для предотвращения деструктивного действия ЭМИ на БЦВК.

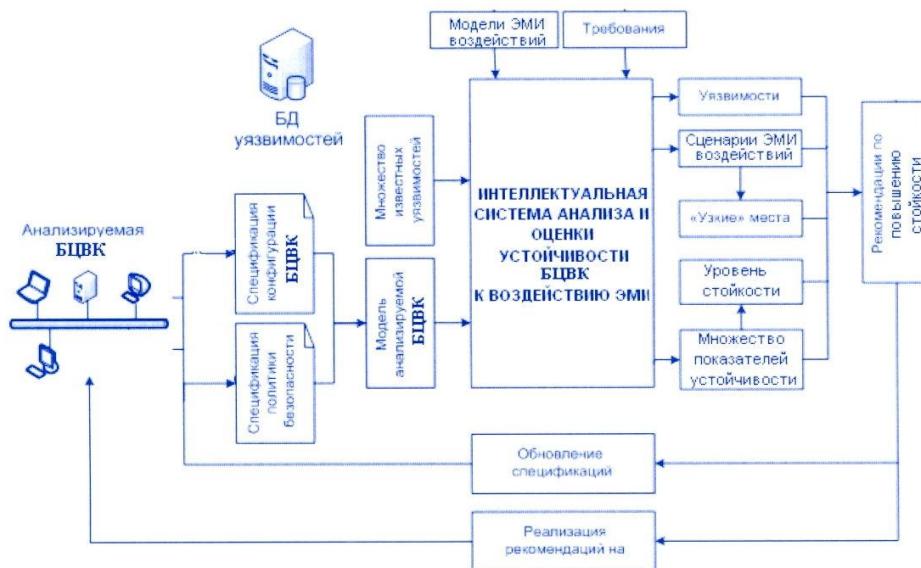


Рис. 1 Представление интеллектуальной системы анализа устойчивости БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ

Литература

1. Баум К.И., Кисталло Дж.П., Дарра Л.Х. Справочник. Воздействие ЭМИ: прин-ципы, методы и справочные данные. - Hemisphere Publishing Company, 1986.
2. Гурвич И.С. Защита ЭВМ от внешних помех. - М.: Энерготомиздат, 1984.
3. Дональд Р.Ж. Уайт Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. / Вып. 3, Измерение электромагнитных помех и измерительная аппаратура. - М.: Советское радио, 1979.
4. Князев А.Д. Элементы теории и практики электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. - М.: Радио и связь, 1983.
5. Кравченко В.И., Болотов Е.А., Летунова Н.И. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи. - М.: Радио и связь, 1987.
6. Князев А.Д., Кечиев Л.Н., Петров Б.В. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости. - М.: Радио и связь, 1989.
7. Кечиев Л.Н. Кузьмин В.И. Введение в электромагнитную совместимость электронного оборудования. - М.: МГИЭМ, 1996.
8. Кечиев Л.Н., Кузьмин В.И. Электростатический разряд и электронное оборудование. - М.: МГИЭМ, 1996.
9. Восковович В.В., Мырова Л.О. Некоторые вопросы создания систем связи, устойчивых к воздействию МЭМП // Технология ЭМС. - №2. - 2002.
10. Акбашев Б.Б., Михеев О.В., Ольшевский А.Н., Степанов П.В. Основные направления исследований по проблеме ЭМС устройств телекоммуникаций // Сборник научных трудов МИЭМ / Под ред. Кечиева Л.Н. - 2006.
11. Царегородцев А.В. Электромагнитный терроризм и обеспечение безопасности критически важных объектов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. - №22(79). - 2010.

Михайлов Виктор Алексеевич - директор ОАО НИИ «АРГОН», 117587, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125, тел.(495) 319-78-67, ОАО «МНИРТИ»;

Мырова Людмила Ошеровна - ООО «НИИИСТ», 109028, г. Москва, Б. Трехсвятительский пер., д. 2/1, стр. 2, тел. 626-25-57, ОАО «МНИРТИ»;

Царегородцев А.В. – ОАО «МНИРТИ», 109028, г. Москва, Б. Трехсвятительский пер., д. 2/1.

В.А. Михайлов, к.т.н.; Л.О. Мырова, д.т.н.; А.В. Царегородцев, д.т.н.

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БЦВК К ДЕСТРУКТИВНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭМИ

Проводится анализ существующих подходов применения интеллектуальных методов для решения задачи обнаружения деструктивных ЭМВ. Предлагается использовать интеллектуальные системы на основе нейронных сетей интегрированные со средствами нечеткой логики для обнаружения деструктивных электромагнитных воздействий на бортовой вычислительный комплекс.

Ключевые слова: бортовой цифровой вычислительный комплекс, электромагнитное действие, интеллектуальная система, нейронная сеть.

Analysis of existing approaches to the use of intelligent methods for solving the problem of de-structive electromagnetic effects' detection is performed. It is proposed to use an intelligent systems based on neural networks integrated with the means of fuzzy logic to detect the destructive electromagnetic effects on the onboard computer systems.

Keywords: onboard digital computer system, electromagnetic effect, intelligent system, neural network.

В последнее десятилетие учет требований по обеспечению защищенности элементов и узлов инфокоммуникационных систем от высокоеффективных электромагнитных излучений становится неотъемлемой частью проектирования сложных радиотехнических комплексов. Это объясняется новейшими достижениями в области генерации сверхмощных широкополосных электромагнитных полей повышением требований к защищенности ответственной информации, наличием значительных по протяженности распределенных кабельных сетей.

Особенно это относится к современным бортовым цифровым вычислительным комплексам (БЦВК), которые занимают особое место в системах управления и контроля и все в большей степени оснащаются электронными элементами, чувствительными к электромагнитным воздействиям. Повышение степени интеграции элементной базы электроники, и, как следствие, снижение электрической прочности отдельных компонентов аппаратуры приводят к снижению устойчивости БЦВК к воздействию электромагнитных факторов различного происхождения.

Анализ методов и средств оценки воздействия электромагнитных импульсов (ЭМИ) на элементы и узлы БЦВК показал, что для достоверной оценки устойчивости БЦВК к воздействию ЭМИ требуется разработка новых расчетных моделей оценки воздействия полей ЭМИ на элементы и узлы БЦВК с возможностью их интеграции в рамках единого комплекса, позволяющего проводить интеллектуальный анализ и оценку параметров иска-зажений информационного потока в системе для предотвращения деструктивного действия ЭМИ на БЦВК.

Для осуществления интеллектуального анализа устойчивости БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ необходимо разработать систему обнаружения деструктивных электромагнитных воздействий (ЭМВ), позволяющую осуществлять интеллектуальный анализ сценариев электромагнитных воздействий на элементы и узлы БЦВК и оценку уровня стойкости БЦВК к деструктивному воздействию ЭМИ. Результатом работы системы должны являться множество обнаруженных уязвимостей, сценарии ЭМИ воздействий, наиболее критичные компоненты сети, вероятность выхода из строя которых наивысшая, множество показателей устойчивости и мер по повышению уровня стойкости анализируемой сети.

1. Гибридные средства обнаружения деструктивных ЭМВ на БЦВК

Анализ публикаций о применении интеллектуальных средств для решения задач оценки устойчивости элементов и узлов БЦВК к деструктивному действию ЭМИ, в частности, посвященных адаптивным системам обнаружения деструктивных воздействий различной природы на БЦВК, показал, что в качестве интеллектуального инструмента обычно используются основанные на правилах экспертные системы (ЭС), нейронные сети (НС), системы нечеткой логики (НЛ) и гибридные интеллектуальные системы, объединяющие в различных сочетаниях вышеизложенные подходы.

Одним из самых сложных компонентов системы обнаружения деструктивных ЭМВ является модуль выявления ЭМВ. Именно от него зависит успешное функционирование системы в целом, а также стойкость сети. Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что одним из наиболее перспективных направлений деятельности в области обнаружения деструктивных ЭМВ на БЦВК является развитие интеллектуальных методов.

В гибридных средствах, используемых для решения задач интеллектуального анализа данных и поиска скрытых закономерностей, сочетаются достоинства отдельных интеллектуальных механизмов. В каждом из подходов имеются свои достоинства и недостатки (табл. 1).

Слабыми сторонами НС считаются не вполне «прозрачное» с точки зрения пользователя представление знаний в информационном поле НС и неочевидность процесса формирования результатов работы нейронной сетью. Для устранения отмеченных недостатков целесообразно сочетание инструментария НС либо с подходом нечеткой логики, либо с экспертными системами.

2. Нейросетевые экспертные системы в задачах обнаружения деструктивных ЭМВ

Можно выделить следующие варианты применения НС в системах обнаружения деструктивных ЭМВ. Дополнение нейронной сетью существующих экспертных систем для снижения числа ложных срабатываний, присущих экспертной системе. Так

как экспертная система получает от НС данные только о событиях, которые рассматриваются в качестве подозрительных, чувствительность системы возрастает. Если обученная НС получила возможность идентифицировать новые воздействия, то экспертную систему также следует обновить. Иначе новые воздействия будут игнорироваться экспертной системой, прежние правила которой не описывают данную угрозу.

Таблица 1
Сравнительная характеристика интеллектуальных методов

	Экспертные системы	Нечеткие системы	Нейронные сети	Генетические алгоритмы
Представление знаний	○	•	◊	◆
Нечеткие выводы	◊	•	•	•
Адаптируемость	◊	◆	•	•
Способность обучения	◊	◊	•	•
Описание результата	•	•	◊	◆
Искусственный интеллект	◊	◆	•	○
Простота обслуживания	◊	○	•	○

Используемые обозначения

◊ - плохо, ◆ - скорее плохо, ○ - скорее хорошо, • - хорошо.

Если НС представляет собой отдельную систему обнаружения ЭМВ, то она обрабатывает трафик и анализирует информацию на наличие в нем искажений. Любые случаи, которые идентифицируются с указанием на ЭМВ, перенаправляются к ЛПР или используются системой автоматического реагирования на ЭМВ. Этот подход обладает преимуществом в скорости по сравнению с предыдущим подходом, т.к. существует только один уровень анализа, а сама система обладает свойством адаптивности.

При этом следует иметь ввиду, что нейронные сети и экспертные системы существенно различаются по способам представления и обработки информации. НС ориентированы на распределенную обработку данных, в ходе которой сложно найти аналог рассуждений, процесс решения задачи логически «не прозрачен», а накопленные в процессе обучения знания распределены по всему информационному полю НС, что затрудняет объяснение их конкретного местоположения и делает трудно выполнимым отражение в информационное поле необученной нейронной сети априорного опыта квалифицированных специалистов по ЭМС.

Априорный опыт в экспертных системах представляется в «прозрачной» для пользователя иерархии правил IF-THEN, например, в виде дерева решений, а процесс логического вывода сведен с последовательным характером человеческих рассуждений.

В отличие от экспертных систем НС обладают свойством адаптивности, причем сам процесс обучения достаточно прост и формализован. В то же время, задача приобретения знаний экспертными системами в значительной мере трудоемка, т.к. основана на создании непротиворечивой системы логического вывода, основанной на личном опыте отдельных экспертов. Кроме того, ориентированная на четкие достоверные данные иерархия правил экспертной системы не обладает гибкостью и элементами самоорганизации. В то время как биологический мозг и его модель – искусственная НС выявляют зависимости и делают выводы в условиях неопределенности и неполной достоверности данных.

Основанная на правилах экспертная система состоит из базы знаний, информационной базы, механизма логического вывода, средств объяснения результатов и пользовательского интерфейса.

Знания в экспертной системе организованы в виде системы правил вида: IF (условие) THEN (следствие). Система логического вывода осуществляет сравнение данных из информационной базы с полем базы знаний и в случае четкого совпадения активизируются заданные полем действия. Результаты работы экспертной системы доступны пользователю через диалоговый интерфейс, который позволяет ознакомиться также с ходом логических «рассуждений» системы, повлекших получение данного результата.

Нейросетевая экспертная система имеет во многом аналогичную организацию. Однако принципиальное отличие заключается в том, что база знаний нейросетевой экспертной системы организована в виде нейронной сети, знания в которой представлены в форме нечеткого адаптивного распределенного информационного поля.

Если используется специализированная НС, то ее топология ориентирована на реализуемую систему правил (занесение априорного опыта экспертов в информационное поле НС), а взвешенные связи настраиваются в процессе предэксплуатационного обучения, например по обучающим образцам. В процессе обучения НС автоматически уточняется сформулированная экспертами система правил, устраняются выявленные противоречия. То есть при загрузке системы правил распределяется по структуре НС, формируя базу знаний нейросетевой экспертной системы, а процесс обучения адаптирует информационное поле по обучающим образцам, выявляя скрытые в них закономерности. Использование нейросетевой базы знаний позволяет устранить один из основных недостатков основанных на правилах экспертных систем – невозможность оперирования с не вполне достоверной информацией.

На самом деле нейросетевая база знаний корректирует зашумленную и частично искаженную входную информацию (new data), что эквивалентно в IF-THEN правиле активации заданных полем действий даже в случае нечеткого выполнения условия. Активация нейросетевой базы знаний аналогична извлечению правила IF-THEN (rule extraction) из информационного поля нейронной сети.

Видоизменяются также и функции блока логического вывода, который оперирует уже нечеткими рассуждениями исходя из потока данных в нейро-экспертной системе.

3. Нейро-нечеткие методы для обнаружения деструктивных ЭМВ

Объединение возможностей нейронных сетей и нечеткой логики является наиболее перспективным подходом к организации интеллектуальных систем обнаружения деструктивных ЭМВ на БЦВК.

Согласно табл. 1 именно системы НЛ, которые компенсируют две основные «непрозрачности» НС: в представлении знаний и объяснений результатов работы интеллектуальной системы, наилучшим образом дополняют нейронные сети. Нечеткая логика позволяет формализовать качественную информацию, полученную от экспертов в данной области знаний, и овеществить их в системе нечетких правил, позволяющих трактовать результаты работы системы.

Нейронные сети дают возможность отобразить алгоритмы нечеткого логического вывода в структуре НС, вводя тем самым в информационное поле сети априорную информацию, которая в процессе предэксплуатационного обучения может корректироваться аналогично случаю нейросетевой экспертной системы, рассмотренному выше.

В нечетких НС свойство адаптивности позволяет решать не только отдельно взятые задачи идентификации ЭМВ с имеющимися в системе шаблонами, но и автоматически формировать новые правила при изменении поля ЭМВ.

Нейро-нечеткая система представляет собой НС (рисунок 1), которая является адаптивным функциональным эквивалентом нечеткой модели вывода, например, алгоритма Mamdani.

Основные этапы нечеткого логического вывода непосредственно отражены в распределении специализации по слоям НС:

- a) введение нечеткости (fuzzification) выполняется слоем входных функций принадлежности A1-A3 B1-B3 (input membership functions), осуществляющих преобразование каждого из четких входных значений и crisp inputs в степень истинности соответствующей предпосылки для каждого правила $\mu_{Ai}, \mu_{Bi}, i=1,2,3$;
- b) нечеткому логическому выводу соответствует слой нечетких правил R1-R6 (fuzzy rules), который по степени истинности предпосылок $\mu_{Ai}, \mu_{Bi}, i=1,2,3$ формирует заключения по каждому из правил $\mu_{Ri}, i=1-6$ – соответствующие нечеткие подмножества;
- c) композиция нечетких подмножеств $\mu_{Ri}, i=1-6$ производится слоем выходных функций принадлежности C_1, C_2 (output membership functions) с целью формирования нечетких подмножеств $\mu_{Ci}, i=1,2$;
- d) объединение (aggregation) нечетких подмножеств $\mu_{Ci}, i=1,2$ и приведение к четкости (defuzzification) выполняется в выходном слое и приводит к формированию выходного четкого значения y .

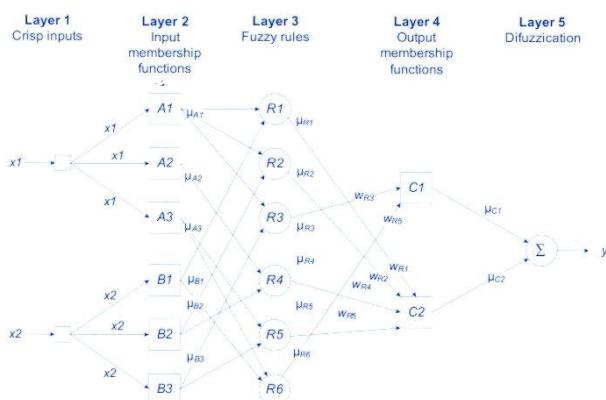


Рис. 1. Нейро-нечеткая сеть

Как и в случае нейросетевых экспертизных систем существует необходимость коррекции информационного поля нейро-нечеткой системы путем предэксплуатационного обучения.

Знания экспертов по проблемной области или данных экспериментальных исследований, представленные в форме нечетких переменных и нечетких правил, могут быть прозрачным способом отражены в структуре нейро-нечеткой сети. Последующее обучение нечеткой НС позволяет не только настроить веса связей (т.е. откорректировать достоверность отдельных нечетких правил), но и устранить противоречивость системы нечетких правил в целом.

В случае отсутствия априорной информации по данной предметной области, но при достаточном объеме обучающей выборки нейро-нечеткая сеть автоматически преобразует скрытые в данных обучающей выборки закономерности в систему правил нечеткого логического вывода.

4. Анализ инструментария проектирования средств интеллектуального анализа информации

Существующие инструментальные средства для проектирования средств интеллектуального анализа информации в совокупности позволяют использовать:

- 1) механизм нечеткого логического вывода для представления логической взаимосвязи между посылками и заключениями для каждого из правил логического вывода;
- 2) экспертные системы для описания баз знаний специалистов по электромагнитной совместимости и информационной безопасности в виде систем правил логического вывода;
- 3) нейронные сети (НС) для отражения баз знаний в топологии (информационном поле) НС;
- 4) принципы подобия биосистемам для обеспечения реализации механизмов адаптации, самоорганизации и защиты бортовых систем (генетические алгоритмы);
- 5) методы адаптации интеллектуальных компонентов бортовых систем и, прежде всего, информационных полей НС к динамике окружения с целью последующей адаптации информационного поля НС и автоматической коррекции базы знаний в процессе обучения НС;
- 6) средства анализа откорректированной базы знаний с целью извлечения знаний посредством инструментария интеллектуального анализа данных.

Анализ инструментария проектирования показал, что на рынке информационных технологий отсутствуют средства, реализующие весь перечень операций анализа данных, перечисленный выше. Возможно взаимное использование результатов работы отдельных программных пакетов, например, нейропакетов и эволюционных средств оптимизации, но возникают трудности, связанные с конверсией форматов представления данных, интерфейсом и средствами визуализации результатов.

Для преодоления существующих противоречий предлагается инструментальную реализацию нейросетевых средств интеллектуальной системы анализа устойчивости (ИСАУ) БЦВК осуществлять на базе нейросетевой программной среды (НПС). Предлагается следующая формальная модель процессов, протекающих в информационных полях нейросетевых средств ИСАУ БЦВК в основных режимах работы.

Нейросетевая программная среда – это ориентированный граф, задаваемый кортежем:

$$N = \langle V_p, V_d, F, L, M \rangle,$$

где $v \in V_p$ – операторная вершина (ОВ), $v \in V_d$ – вершина объекта-данного (ОД), F – отношение инцидентности графа, $F \in V_p \times V_d$, L – разметка дуг, заданных отношением F , M – разметка состояний вершин ориентированного графа N (N -графа), представляющего НПС.

НПС конечна, если она содержит конечные множества вершин и дуг. Объединение множеств V_p и V_d образует множество всех вершин НПС $V = V_p \cup V_d$. Данные в НПС представляются множествами текущих вершин ОД V_{do} и долговременных вершин ОД V_{dl} . Первые, V_{do} , соотносятся со значениями оперативных данных, участвующих в обработке, вторые, V_{dl} – со значениями данных, подлежащих долговременному хранению и соответствующими информационному полю средств анализа устойчивости элементов и узлов БЦВК.

В основе метода построения НПС лежат следующие 16 утверждений.

Утверждение 1. Для параллельной активации ОВ $v||w$, совместных по условиям готовности, $v, w \in V_p, v \neq w$, достаточно истинности строгого предиката готовности хотя бы одной из вершин, связанных отношением $v:w$:

$$v||w \Rightarrow v\Diamond w \cap ((\phi_s(v)=TRUE) \vee (\phi_s(w)=TRUE))$$

Утверждение 2. При истинности строгого предиката готовности одной из вершин, входящих в кластер совместности, готовы к активации все ОВ данного кластера, причем все ОВ данного кластера соединены с вершинами рецепторных окрестностей только дугами с пометкой t_r .

Утверждение 3. В НПС разделяемые вершины $Sh(v,w)$ могут быть только входными для ОВ v и w вершинами ОД.

Утверждение 4. В НПС операторные вершины v и w , относящиеся к одному кластеру совместности, являются разделяемыми вершинами $Sh(v,w)$.

Утверждение 5. В НПС разделяемые вершины $Sh(v,w)$ при параллельной трансформации $P(N,Fi)$ отмечаются меткой d_e только в случае асинхронного срабатывания всех вершин кластера совместности.

Утверждение 6. Влияние трансформации $L(T,N,v)$ на разметку НПС N ограничивается локальной областью трансформации $LAT(N,v)$.

Утверждение 7. Взаимное влияние трансформаций $L(T,N,v)$ и $L(T,N,w)$ от одновременного срабатывания операторных вершин v , $w \in V_p$, $v \neq w$, возможно только на пересечении их локальных областей трансформаций $LAT(N,v)$ и $LAT(N,w)$.

Утверждение 8. Разделяемая вершина $x \in Sh(v,w)$ для любой пары ОВ, входящих в кластер совместности, а также в списки важности обеих ОВ, $x \in Imp(v) \cap Imp(w)$ может быть связана с вершинами v и w только дугами с пометкой t_e .

Утверждение 9. Сетевые трансформации в виде частных трансформаций T_1 , связанные с обновлением информационного содержания отдельных полей в записях информационного поля нейросетевых средств интеллектуального анализа устойчивости БЦВК, не приводят к частным трансформациям T_2 – изменениям структуры ориентированного графа N .

Утверждение 10. Сетевые трансформации в виде частных трансформаций T_1 , связанные с добавлением/удалением отдельных записей информационного поля нейронной сети, соответствующих долговременным вершинам ОД некоторого слоя НС, приводят к частным трансформациям T_1 , заключающимся в добавлении/удалении отдельного поля в записи информационного поля НС, соответствующие долговременным вершинам ОД последующего слоя НС.

Утверждение 11. Сетевые трансформации в виде частных трансформаций T_1 , связанные с добавлением/удалением отдельных записей или включением/изъятием отдельных полей из записей нечеткого аддитивного информационного поля нейросетевых средств интеллектуального анализа устойчивости, соответствующими долговременным вершинам ОД некоторого слоя НС, приводят к частным трансформациям T_2 и T_3 , заключающимся в изменении структуры и разметок графа N данном и последующем слоях НС.

Утверждение 12. Если на некотором шаге i процесса $PC(N, N_0)$ для НПС N , множество $R = \emptyset$, то НПС N_{i+1} будет тождественно равна НПС N_i .

Утверждение 13. Для нормального завершения нейросетевого процесса $PC(N, N_0)$, соответствующего НПС N , необходимо и достаточно, чтобы на некотором шаге i процесса параллельная трансформация $P(N, F)$ вызывала наступление события V при условии, что множество R пусто.

Утверждение 14. При параллельной трансформации НПС отсутствуют коллизии, связанные с активацией разделяемых вершин графа.

Утверждение 15. В модели НПС все кластеры совместности ОВ функционируют асинхронно.

Утверждение 16. В модели НПС совокупность нейросетевых программных сред функционирует асинхронно.

Тогда, модель интеллектуальной системы анализа устойчивости БЦВК – иерархическая многоуровневая модель, содержащая аддитивные средства классификации на каждом из уровней системы анализа устойчивости – можно представить в следующем виде

(рис. 2). Моделирование интеллектуальных средств анализа устойчивости может производиться как по отдельным уровням иерархии, так и для ИСАУ БЦВК в целом с оптимизацией распределения механизмов обеспечения устойчивости по ряду критериев.

Для обучения нейронечеткого классификатора предлагается использовать метод обратного распространения ошибки, согласно которого отыскивается решение математической задачи многопараметрической оптимизации целевой функции – ошибки обучения НС, для которой необходимо найти глобальный минимум с заданной точностью.

Кроме того, обучение нейронечеткого классификатора не требует выполнения сложных математических расчетов для коррекции значений весов связей и параметров нелинейных преобразователей в составе формального нейрона, что позволяет снизить трудоемкость решения задачи обучения интеллектуальных средств анализа устойчивости.

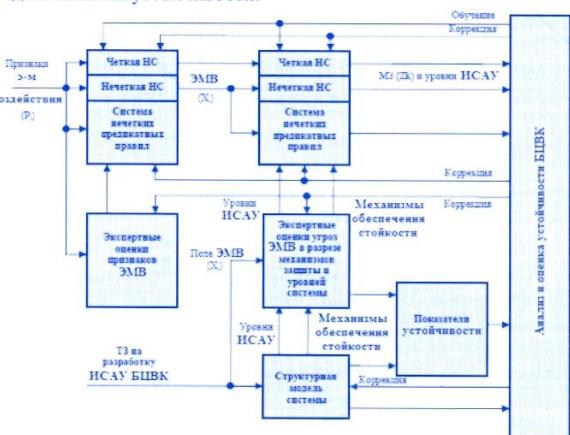


Рис. 2 Модель интеллектуальной системы анализа устойчивости БЦВК

Заключение

Проведенный анализ существующих подходов применения интеллектуальных методов для решения задачи обнаружения деструктивных ЭМВ на БЦВК показал, что наиболее эффективным подходом при разработке аддитивных средств обнаружения деструктивных воздействий на БЦВК является использование нейронных сетей или гибридных систем на их основе.

Модельные эксперименты по обучению нейронных и нейронечетких сетей по методу обратного распространения ошибки в составе интеллектуальных средств классификации для интеллектуальных систем анализа устойчивости БЦВК при различном сочетании числа формальных нейронов в слоях логического вывода и композиции нейронечеткой сети, показали, что НС с прямыми и инверсными связями обучаются быстрее (почти на порядок), чем НС только с прямыми связями, а, как известно, оперативность обучения и возможность последующего анализа информационного поля НС являются первостепенными атрибутами аддитивной системы анализа устойчивости БЦВК.

Литература

1. Михайлов В.А., Мырова Л.О., Царегородцев А.В. Концептуальный подход к разработке интеллектуальной системы анализа и оценки устойчивости ИКС к деструктивному воздействию мощных ЭМИ // Технологии ЭМС. – № 1. – 2012.

Михайлов Виктор Алексеевич - директор ОАО НИИ «АРГОН», 117587, г. Москва, Варшавское шоссе, д.125, тел.(495) 319-78-67, ОАО «МНИРТИ»;
Мырова Людмила Ошеровна - ООО «НИИСТ», 109028, г. Москва, Б. Трехсвятительский пер., д. 2/1, стр. 2, тел. (495) 626-25-57, ОАО «МНИРТИ»;
Царегородцев А.В. – ОАО «МНИРТИ», 109028, г. Москва, Б. Трехсвятительский пер., д. 2/1.

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Главный редактор

А.С. Якунин

Заместители главного редактора

Г.Н. Егоров

В.Г. Спицын

Ответственный секретарь

Л.Н. Каприз

Члены редколлегии

Е.Л. Белоусов

В.И. Борисов

А.А. Сахнин

И.М. Гуляев

В.В. Гаршин

А.Д. Кухарев

К.И. Куцк

И.А. Лукин

В.Г. Немудров

Е.В. Титаренко

А.С. Багдасарян

Уважаемые читатели!

В этом номере мы продолжаем публикацию материалов по актуальным проблемам развития телекоммуникаций.

В опубликованных статьях рассмотрены:

- Итоги XIII Международного Форума «Высокие технологии ХХI века».
- Материалы 24-ой Международной выставки «Связь-Экспокомм-2012».
- Некоторые аспекты информационного обмена в комплексе управления беспилотным летательным аппаратом. Приведены результаты исследований по улучшению характеристик кодеков в каналах передачи видовой информации.
- Условия применения заградительной и прицельной помехи системам передачи информации с ППРЧ.
- Практические аспекты разработки архитектуры и программного обеспечения унифицированного модуля «передней панели» на базе 8-битного контроллера для приставок цифрового телевидения.
- Проблема преобразования потоков цифровых данных для высокоскоростных систем обработки и регистрации.
- Отечественные разработки для построения автоматических первичных сетей связи на технологии NGPDH.
- Каталогизация продукции – эффективный инструмент обеспечения государственных заказов.
- Исследование влияния отражающей поверхности земли на несимметричную проволочную антенну НЧ-ОНЧ диапазона.
- Современное оборудование сети авиационной электросвязи.
- Повышение вероятности обнаружения телевизионного сигнала при априорно неизвестном числе его пространственно совпадающих реализаций в видеопоследовательности.
- Концепция повышения помехозащищенности связных радиолиний с использованием сигналов ППРЧ.
- Помехоустойчивость системы загоризонтной связи с автовыбором оптимальной частоты.
- Измерение нелинейных искажений аналоговых приемоусилителей сигналов.
- Условия формирования и строение правильных кубических упаковок на носферах SiO₂, пленок алмаза и алмазоподобных материалов, используемых при изготовлении слоистых ненакаливаемых катодов.
- Функциональные параметры и технические решения устройства записи и считывания данных в перспективных 3D оптических многослойных флуоресцентных носителях информации.

Системы и средства связи,
телевидения и радиовещания 2012