

Технологии ЭМС

В номере

- Испытания бортовой системы управления космического аппарата KazSat-2 на помехоустойчивость к электростатическим разрядам
- Зависимость эффективности экранирования кабелей от переходного сопротивления при воздействии электростатического разряда
- Накопительный принцип имитации разрушающего воздействия мощных электромагнитных импульсов на электронную аппаратуру через кабельные линии
- Расчет наводок в бортовой кабельной сети космических аппаратов с помощью макро моделирования на основе методов Эйлера
- Тестирование коммерческого программного обеспечения для моделирования и анализа эквивалентных электрических схем космических аппаратов
- Расчетная оценка надежности электронных модулей аппаратуры космических аппаратов
- Способ повышения эффективности функционирования радиолинии в условиях сложной электромагнитной обстановки
- Метод определения местоположения наземного ретранслятора в условиях сложной помеховой обстановки
- Оценка излучения помех неоднородностями корпуса электронной аппаратуры при воздействии импульса электростатического разряда
- Электромагнитная совместимость по колебаниям напряжения на шинах питания параллельных ДСП
- Системный подход к созданию методологии анализа и оценки устойчивости ИКС к деструктивному воздействию ЭМИ
- Современные требования к защите электронных устройств от электростатических разрядов
- Особенности национальных систем обязательной сертификации в период становления системы технического регулирования в России в едином Таможенном союзе ЕврАзЭС в 2011–2013 году
- Широкополосные электропроводящие и магнитные радиопоглощающие материалы для обеспечения электромагнитной совместимости
- Усилитель с гальванической развязкой с дифференциальным входом

Технологии электромагнитной совместимости *Technologies of electromagnetic compatibility* 2011. № 1(40).

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ».

Зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Регистрационное свидетельство ПИ № 77-9669 от 24 августа 2001 года

Оформить подписку можно

по объединенному каталогу «Пресса России»:

10362 — полугодовой индекс;

в издательстве (предпочтительно) (8-985-134-4367).

Главный редактор журнала, председатель редакционного совета

КЕЧИВ ЛЕОНИД НИКОЛАЕВИЧ, д.т.н., проф.

Зам. главного редактора журнала

КАРМАШЕВ ВИКТОР СЕРГЕЕВИЧ

АЛЕШИН АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, к.т.н.

Редакционный совет:

АКБАШЕВ БЕСЛАН БОРИСОВИЧ, д.т.н.

БАЛЛОК НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, д.т.н., проф.

ВОРШЕВСКИЙ АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ, д.т.н., проф.

КИРИЛЛОВ ВЛАДИМИР КОРЬЕВИЧ, д.т.н., проф.

КОСТРОМИНОВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ,

д.т.н., проф.

КРИВОВ АНАТОЛИЙ СЕРГЕЕВИЧ, д.т.н., проф.

МЫРОВА ЛЮДМИЛА ОШЕРОВНА, д.т.н., проф.

НЕФЕДОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, д.т.н., проф.

НИКИТИНА ВАЛЕНТИНА НИКОЛАЕВНА, д.мед.н., проф.

НИКИФОРОВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ, к.т.н.

ОЛЬШЕВСКИЙ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, к.т.н.

ПОЖИДАЕВ ЕВГЕНИЙ ДМИТРИЕВИЧ, д.т.н., проф.

ПУГАЧЕВ СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

САРЫЛОВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ

САХАРОВ КОНСТАНТИН ЮРЬЕВИЧ, д.т.н., с.н.с.

СТЕПАНОВ ПАВЕЛ ВЛАДИМИРОВИЧ, д.т.н., проф.

СУХОРУКОВ СЕРГЕЙ АРСЕНЬЕВИЧ, к.т.н., доцент

ТУХАС ВЯЧЕСЛАВ АНАТОЛЬЕВИЧ, д.т.н., проф.

ФОМИНИЧ ЭДУАРД НИКОЛАЕВИЧ, д.т.н., проф.

ЧЕРМОШЕНЦЕВ СЕРГЕЙ ФЕДОРОВИЧ, д.т.н., проф.

ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ».

Издается при содействии кафедры РТУиС

МИЭМ-НИУ ВШЭ.

Главный редактор СТАСЬ Константин Николаевич

Исполнительный директор

ЛЕОНТЬЕВА Анна Анатольевна

Адрес: 105005, Москва, Наб. академика Туполева, 15,

стр. 29, оф. 117.

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ»

Редакция: тел./факс (495) 917-9090,

e-mail: kln1940@gmail.com.

Статьи рецензируются. Статьи опубликованы в авторской редакции. Мнение членов редакционного совета может не совпадать с точкой зрения авторов публикаций. Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции. Рукописи не возвращаются.

Журнал включен в перечень ведущих журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии (ВАК).

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory».

ISSN 1729-2670

Содержание

<i>Кириллов В.Ю., Малистин А.И., Марченко М.В.</i> Испытания бортовой системы управления космического аппарата KazSat-2 на помехоустойчивость к электростатическим разрядам.....	3
<i>Кириллов В.Ю., Марченко М.В.</i> Зависимость эффективности экранирования кабелей от переходного сопротивления при воздействии электростатического разряда.....	10
<i>Парфенов Е.В., Резников С.Б., Бочаров В.В.</i> Накопительный принцип имитации разрушающего воздействия мощных электромагнитных импульсов на электронную аппаратуру через кабельные линии.....	15
<i>Востриков А.В., Абрамешин А.Е., Борисов Н.И.</i> Расчет наводок в бортовой кабельной сети космических аппаратов с помощью макромоделирования на основе методов Эйлера.....	19
<i>Востриков А.В., Абрамешин А.Е.</i> Тестирование коммерческого программного обеспечения для моделирования и анализа эквивалентных электрических схем космических аппаратов.....	25
<i>Абрамешин А.Е., Жаднов В.В., Жаднов И.В.</i> Расчетная оценка надежности электронных модулей аппаратуры космических аппаратов.....	29
<i>Янкин А.И., Широков Д.В., Милигула А.В.</i> Способ повышения эффективности функционирования радиолинии в условиях сложной электромагнитной обстановки.....	34
<i>Янкин А.И., Широков Д.В., Милигула А.В.</i> Метод определения местоположения наземного ретранслятора в условиях сложной помеховой обстановки.....	38
<i>Комнатный Д.В.</i> Оценка излучения помех неоднородности корпуса электронной аппаратуры при воздействии импульса электростатического разряда.....	42
<i>Салтыков А.В.</i> Электромагнитная совместимость по колебаниям напряжения на шинах питания параллельных ДСП.....	47
<i>Воскобович В.В., Михайлов В.А., Мырова Л.О., Царгородцев А.В.</i> Системный подход к созданию методологии анализа и оценки устойчивости ИКС к деструктивному воздействию ЭМИ.....	51
<i>Кривов А.С., Трегубов Д.В.</i> Современные требования к защите электронных устройств от электростатических разрядов.....	59
<i>Котельников Д.С.</i> Особенности национальных систем обязательной сертификации в период становления системы технического регулирования в России в едином Таможенном союзе ЕвразЭС в 2011–2013 году.....	68
<i>Бибикова С.Б., Смольникова О.Н., Меньшова С.Б., Прокофьев М.В., Орлов В.В.</i> Широкополосные электропроводящие и магнитные радиопозиционные материалы для обеспечения электромагнитной совместимости.....	73
<i>Кузнецов В.В., Кечиев Л.Н.</i> Усилитель с гальванической развязкой с дифференциальным входом.....	80

УДК 621.37/39

В.В. Воскобович, В.А. Михайлов, Л.О. Мырова, А.В. Царегородцев

Системный подход к созданию методологии анализа и оценки устойчивости ИКС к деструктивному воздействию ЭМИ

Рассматривается проблема оценки устойчивости ИКС к деструктивному воздействию ЭМИ на этапах жизненного цикла системы. Предлагается методология анализа и оценки деструктивного воздействия ЭМИ на элементы и узлы ИКС, позволяющая не только оценивать уровень устойчивости сети к деструктивному воздействию ЭМИ, но и достигать его требуемого значения путем изменения конфигурации анализируемой сети или иными организационно-техническими методами и средствами.

инфокоммуникационная система, электромагнитное воздействие, деструктивные факторы, оценка устойчивости, показатели стойкости, сценарии ЭМИ воздействий, интеллектуальная система

Введение

Проблема оценки воздействия ЭМИ на элементы и узлы инфокоммуникационных систем (ИКС) стала особенно актуальной в связи с разработкой нового поколения национальных и международных стандартов по электромагнитным явлениям и новых типов источников электромагнитной энергии, которые характеризуются более высокими значениями электромагнитных полей и более короткими временными характеристиками, лежащими в наносекундной и субнаносекундной областях.

Деструктивные воздействия (ДВ) весьма многообразны и внутри каждого вида в основном различаются по интенсивности, режимам и времени воздействия. Все виды ДВ могут действовать на объект независимо друг от друга, либо комплексно с различной степенью корреляции. В свою очередь, объекты избирательно воспринимают различные воздействия в зависимости от их структуры. Одновременно с усложнением структуры инфокоммуникационной системы усложняется и задача определения последствий влияния воздействующих факторов и тех мер, которые необходимо предпринять с целью сохранения работоспособности системы в реальных условиях окружающей среды.

Все это требует пересмотра традиционных подходов к обеспечению работоспособности ИКС при воздействии на ее элементы ЭМИ в рамках новой методологической системы, позволяющей не только оценивать уровень устойчивости сети к деструктивному воздействию ЭМИ, но и достигать его требуемого значения путем реализации ряда мер, таких как изменение конфигурации анализируемой сети и т.п.

Особенности воздействия ЭМИ на элементы и узлы ИКС

С точки зрения оценки воздействия на элементы и узлы ИКС ЭМИ могут быть разбиты на отдельные составляющие. Это обусловлено следующими причинами:

- ограниченными возможностями существующих методов оценки воздействия ЭМИ на ИКС в целом;
- различием требований к ИКС по защищенности от воздействия ЭМИ;
- отсутствием в подавляющем большинстве случаев гальванической связи между всеми элементами ИКС.

В результате воздействия ЭМИ на элементы ИКС могут иметь место следующие повреждения и отказы:

- нарушение функционирования отдельных подсистем или всей системы в целом в результате ложных срабатываний импульсных схем во входных и выходных цепях блоков аппаратуры;
- выход из строя пультов, щитов из-за пробоя изоляции входных или выходных элементов этих блоков;

- выход из строя источников питания ИКС в результате пробоя изоляции трансформаторов во входных цепях блоков питания, что приводит к отказу аппаратуры автоматики, связанных с данным блоком питания;
- полная потеря работоспособности отдельных подсистем ИКС в результате пробоя изоляции и выхода из строя кабелей.

Состояние проблемы оценки устойчивости ИКС к деструктивному воздействию электромагнитного излучения

Проведенные отечественные и зарубежные оценки и экспериментальные исследования воздействия ЭМИ на ИКС показали, что уровни наводимых напряжений в элементах системы и кабельных линиях могут превышать значения их импульсной прочности, либо напряжения ложного срабатывания. Это обстоятельство требует проведения комплекса исследований по оценке поражающего действия ЭМИ на данные системы и разработки моделей и сценариев ЭМИ воздействий на элементы и узлы ИКС. Однако, здесь возникает ряд проблем, которые не получили своего решения и по настоящее время.

В ряде теоретических работ при решении дифракционных задач сделаны попытки привести их к интегральным уравнениям. Так сформулировано точное интегральное уравнение, связывающее векторный потенциал на поверхности цилиндра с током при любом способе возбуждения колебаний, однако и здесь решение может быть получено для тел простейших форм. В ряде научных работ приведены данные по развитию методов решения электродинамических задач в строгой постановке. Однако приведенные в них данные относятся в основном к дифференциальным полям приемных и передающих антенн. Оценки токов, наводимых в элементах антенн, приведены для гармонически изменяющихся однородных полей.

Широкое распространение для практических расчетов токов и напряжений, наводимых ЭМИ в кабельных линиях, получили методы, использующие теорию цепей с распределенными параметрами – метод линий передачи. Строго говоря, данный метод базируется на решении систем телеграфных уравнений и физически обоснован для линий с обратным проводом. В линиях, где обратный провод отсутствует или его положение установить затруднительно, как это имеет место в случае полевого воздействия на кабельные линии, применение этого метода требует осторожного подхода, так как при этом возникает неопределенность в выборе эквивалентных параметров линии и источников распределенной ЭДС, входящих в телеграфные уравнения. Аналитические выражения удельных продольных сопротивлений R , индуктивности L , поперечных проводимости G и емкости C для любой заданной системы достаточно точно могут быть рассчитаны только на основе применения теории ЭМ поля.

При решении системы телеграфных уравнений используются различные методы. В качестве одного из методов решения системы телеграфных уравнений применяется метод цепочечных схем замещения с сосредоточенными параметрами. Данный метод позволяет решить задачу, учитывающую изменение по длине кабеля проводимости грунта и электрофизические характеристики самого кабеля, а также учесть подключение различных типов защитных устройств и заземлителей по трассе. Основным недостатком данного метода являются большие затраты времени счета с ростом числа ячеек.

Наибольшее распространение при решении систем телеграфных уравнений, описывающих взаимодействие кабельных линий с полями ЭМИ, получили численные методы и частотные методы, основанные на применении математического аппарата прямого и обратного преобразования Фурье. Численные методы решения телеграфных уравнений позволяют учитывать изменения параметров линии по длине, распространения волны, параметры заземлителей и защитных устройств, в том числе с нелинейными характеристиками. При этих способах решения исходные данные параметров воздействующих полей могут быть заданы в любом виде (аналитически, в виде таблиц). Область применения численных методов ограничивается тем, что при таком подходе электрофизические характеристики кабелей (ЭФХ) ($R, L, C, G, Z_{св}$) принимаются независимыми от частоты, что может привести к некоторым погрешностям в расчетах для времен, характерных действию ЭМИ.

В ряде литературных источников были использованы комбинированные методы. Расчеты наводок проводились в два этапа. На первом этапе временным методом рассчитывался ток в металлопокрове кабеля, а затем с помощью интеграла свертки (с учетом частотной зависимости передаточной функции металлопокрова) определяется напряженность электрического поля на внутренней

стенке металлопокрова. Токи и напряжения в цепи «жила-металлопокрыв» определялись численными методами во временной области. Данный подход позволяет учесть частотную зависимость сопротивления связи металлопокрова и использовать преимущества численных методов расчета. Однако следует заметить, что при этом зависимость первичных параметров кабелей от частоты (кроме $Z_{св}$) не учитывается.

Использование математического аппарата преобразования Фурье позволяет учесть зависимости первичных и вторичных параметров кабелей от частоты, что наиболее важно при расчетах воздействия электромагнитных полей на кабельные коммуникации. Недостатком указанных методов является необходимость задания временных форм воздействующих полей в аналитическом виде. В случаях же табличного задания исходных данных по воздействующим полям, прямое преобразование Фурье необходимо проводить численными методами, что приведет к существенному усложнению программ расчета и увеличению времени счета.

Таким образом, в настоящее время разработаны и применяются методы оценок, позволяющие рассчитывать токи и напряжения, наводимые электромагнитными излучениями в микро и миллисекундном временном диапазоне в кабельных линиях с учетом целого ряда влияющих факторов (нелинейности характеристик защитных устройств, разветвленности кабельных линий, частотной зависимости электрических характеристик кабелей и т.п.).

Однако в связи с появлением в последнее время новых источников, таких как СКИ ЭМИ, особую актуальность приобрели вопросы, связанные с защитой инфокоммуникационных систем от поражающих наносекундных ЭМИ перспективных генераторов, характеризующихся большими амплитудными значениями напряженностей электромагнитных полей при малых длительностях. Воздействие этого поражающего фактора особенно актуально для таких объектов, как системы ИКС, в связи с тем, что:

а) временные параметры СКИ ЭМИ (время нарастания до максимума - τ_f , время до полуспада - $\tau_{0,5}$) существенно короче. В связи с этим возникает проблема применимости телеграфных уравнений так как:

- существующая модель не учитывает собственное излучение кабеля, весьма существенное на частотах более 10 МГц (спектральный состав включает частоты до 10 ГГц);
- при выводе телеграфных уравнений предполагается, что ток в проводнике обладает цилиндрической симметрией, это допущение может быть не верно для высоких частот, входящих в состав частотного спектра СКИ ЭМИ;

б) для определения частотно-зависимых электрофизических характеристик кабельных линий применяются различные приближенные методы (приближения Карсона, Зунде и др.), применимость которых на этих частотах не обоснована;

в) при рассмотрении воздействия ЭМП на кабельные линии с неоднородными экранами (сетчатыми) вводилось упрощение, и экраны рассматривались как сплошные. Это допущение корректно пока длина волны воздействующего ЭМП много больше поперечных размеров неоднородностей (щелей) экрана. Однако в частотном спектре СКИ ЭМИ есть частоты с длинами волн соизмеримыми с поперечными размерами неоднородностей некоторых типов экранов.

Кроме того, все рассмотренные работы при определении параметров линии основываются на поперечной квазистационарности электрического поля, т.е. не учитывается скорость распространения волны между проводом и землей. В этом случае получение характеристик наводимых токов и напряжений в линии в наносекундном диапазоне обоснованы недостаточно. Все эти обстоятельства привели к необходимости разработки новых и уточнения существующих расчетных моделей оценки воздействия полей ЭМИ на ИКС.

Анализ процессов, протекающих в ИКС, при воздействии ЭМИ

Оценка устойчивости инфокоммуникационной системы к действию ЭМП включает в себя определение параметров электромагнитных полей, воздействующих на подсистемы ИКС и последующую оценку воздействия этих ЭМП на работоспособность отдельных элементов и узлов ИКС и системы в целом.

В процессе предварительного анализа учитываются и определяются:

- назначение системы и её составных частей, решаемые задачи и их особенности;
- сведения о режимах работы системы (ее подсистем), о размещении подсистем с анализом особенностей экранирования, прокладки кабельных и проводных линий, антенно-фидерных устройств,

контуров заземления; основные параметры подсистем, связь их с характеристиками аппаратных средств, определяющими работоспособность;

- критерии работоспособности ИКС и её подсистем с учетом воздействия полей ЭМИ;
- чувствительные к воздействию ЭМИ подсистемы ИКС и возможные виды их отказов, приводящие к нарушению функционирования аппаратных средств.

При анализе используются: технические условия и технические описания на систему и её составные части; функциональные и принципиальные схемы аппаратуры; конструкторские и монтажные чертежи; справочные данные о стойкости к ЭМП комплектующих изделий; результаты испытаний аналогов элементов и узлов ИКС.

Для идентификации воздействия ЭМИ на элементы и узлы ИКС очень важно зафиксировать начало воздействия электромагнитного импульса и принять своевременные меры по предотвращению его разрушительных для ИКС последствий. Необходимо отметить, что отличительной чертой воздействия ЭМИ на современные ИКС является не физическое разрушение элементной базы ИКС и каналов связи, а нарушение логической целостности информации, передаваемой по линиям связи и обрабатываемой вычислительными средствами.

Одной из основных задач, решаемых при оценке воздействия ЭМИ на ИКС, является определение наиболее уязвимых мест системы. На основе проведенного анализа можно сформулировать основные положения по определению уязвимых элементов в различных электронных устройствах, используемых в ИКС:

- анализ наблюдаемых эффектов воздействия и логики работы устройства;
- использование помодульного отключения либо замены отдельных устройств системы при проведении экспериментов;
- измерение сигналов в контрольных точках устройства и токов потребления элементов при штатной работе устройства;
- измерение параметров реакции устройства в его контрольных точках и токов потребления отдельных элементов при СКИ-воздействии.

Следующим этапом после обнаружения фактов воздействия ЭМИ на элементы и узлы ИКС является предотвращение процессов искажения передаваемой информации в ИКС. При этом определение параметров наводок на внешнем детектирующем элементе и проведение анализа параметров искажений информационного потока являются основными исходными данными для проведения расчетов и формирования сигнала о начале воздействия ЭМИ.

Анализ современных программных средств управления инфокоммуникационными системами показывает отсутствие эффективных механизмов, обеспечивающих возможность определения и исправления периодических искажений в потоке обрабатываемой информации в реальном режиме времени. Как следствие, возникает вероятность нарушения работы системного программного обеспечения (в частности, операционных систем), правильности выполнения машинных команд вычислительными подсистемами, что может приводить к «зависанию», временной или полной остановке функционирования вычислительных комплексов, серверов обработки и хранения информации, коммуникационного оборудования (маршрутизаторов, коммутаторов и других устройств). В связи с этим становится мало предсказуемым дальнейшее функционирование сетевых сервисов, таких как, управление электронным документооборотом, цифровая пакетная передача голосовой или видеoinформации и т.п. Это приводит к необходимости аварийного отключения или проведения процедуры завершения работы подсистем ИКС в нештатных режимах, проведения перезагрузки операционных систем, программных средств управления в режимах, не предусмотренных установленным алгоритмом их работы.

По результатам исследований установлено, что временные затраты на повторный запуск отказавшего оборудования после сбоя и восстановление его функционирования увеличиваются в несколько раз. Это обусловлено увеличением набора тестовых программ проверки достоверности кода системного программного обеспечения и функций самотестирования, программ проверки целостности информации в системах хранения данных и соответственно возрастанием времени на их выполнение.

В случае обнаружения начала воздействия ЭМИ на элементы и узлы ИКС появляется возможность своевременной выдачи команд управления о прекращении или приостановке работы коммуникационного оборудования, что позволяет минимизировать количество отказов и сбоев в работе

ИКС или вовсе их исключить, существенно сократить временные затраты на восстановление работы отдельных подсистем ИКС после возникновения сбоев и, как следствие, повысить качество функционирования ИВС в целом.

Таким образом, анализ методов и средств оценки воздействия ЭМИ на ИКС показал, что для достоверной оценки устойчивости ИКС к воздействию ЭМИ требуется разработка новых расчетных моделей оценки воздействия полей ЭМИ на элементы и узлы ИКС с возможностью их интеграции в рамках единого комплекса, позволяющего проводить интеллектуальный анализ и оценку параметров искажений информационного потока в системе для предотвращения деструктивного действия ЭМИ на ИКС.

Постановка задачи

При постановке задачи исследования будем отталкиваться от предлагаемого представления интеллектуальной системы анализа устойчивости (ИСАУ) ИКС к деструктивному воздействию ЭМИ.

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

Во время работы ИСАУ должна формировать сценарии электромагнитных воздействий на элементы и узлы ИКС, учитывать модели ЭМИ на элементы и узлы ИКС на всем диапазоне частот, производить расчет множества показателей, характеризующих устойчивость ИКС 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, рекомендации по повышению уровня стойкости анализируемой сети. Полученные результаты гарантируют выработку обоснованных рекомендаций по повышению устойчивости ИКС в целом.

На содержательном уровне задачу можно сформулировать следующим образом: разработать методологию анализа и оценки устойчивости ИКС к деструктивному воздействию ЭМИ на этапах проектирования и эксплуатации. Реализация данной методологии должна позволять не только оценивать уровень устойчивости сети к деструктивному воздействию ЭМИ, но и достигать его требуемого значения путем изменения конфигурации анализируемой сети или иными организационно-техническими методами и средствами.

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

Обозначим G – множество рекомендаций, формируемых системой анализа устойчивости и направленных на повышение стойкости ИКС (Network) к воздействию ЭМИ. Пусть $Network_G$ – исходная ИКС с реализованным в ней множеством рекомендаций G , $SecurityLevel(Network_G) \rightarrow \max$ – функция, результатом которой является уровень стойкости сети Network к деструктивным воздействиям ЭМИ.

Тогда целевой функцией метода анализа устойчивости ИКС к воздействию ЭМИ является повышение общего уровня стойкости сети $SecurityLevel(Network_G) \rightarrow \max$ (в частном случае целевая функция может быть задана в виде:

$$SecurityLevel(Network_G) \rightarrow SL^{ТРЕБ},$$

где $SL^{ТРЕБ}$ – требуемый уровень стойкости), при соблюдении требований к остальным свойствам ИСАУ:

- к своевременности: $P_{св}(t \leq T^{доп}) \geq P_{св}^{доп}$, где $P_{св}^{доп} = 0,99$ и допустимом времени проведения анализа за $T_{сп}^{доп} = T_{сп}^{тр}$, где при анализе сетей размером до 40 хостов на этапе проектирования $T_{сп}^{тр} = 45$ мин. и

на этапе эксплуатации $T_{\text{эк}}^{\text{TP}} = 25$ мин ($T_{\text{эк}}^{\text{TP}} > T_{\text{пр}}^{\text{TP}}$, так как на этапе эксплуатации возможна частичная автоматизация подготовленного этапа методологии);

- к обоснованности: $N_C \geq \max_{s \in S} N_C^S$, $N_Y \geq \max_{s \in S} N_Y^S$ и $N_{\Pi} \geq \max_{s \in S} N_{\Pi}^S$, и, где N_C, N_Y, N_{Π} – количество анализируемых сценариев воздействий ЭМИ на элементы и узлы ИКС, число обнаруженных уязвимостей и число учитываемых параметров разработанным прототипом ИСАУ, S – множество существующих систем, N_C^S, N_Y^S, N_{Π}^S – количество анализируемых сценариев воздействий ЭМИ на элементы и узлы ИКС, обнаруженных уязвимостей и учитываемых параметров разрабатываемой ИСАУ. Множество учитываемых параметров состоит из следующих элементов:
 - а) учет конфигурации анализируемой сети (хосты, концентраторы, различные ОС, сетевые сервисы, топология и др.);
 - б) учет политики безопасности (правил фильтрации, аутентификации, экранирования, зондирования и др.);
 - в) учет параметров ЭМИ (место воздействия, временных, частотных, энергетических характеристик и т.д.);
 - г) общие параметры (обновление БД ЭМИ воздействий, сценариев ЭМИ воздействий, возможность задания множества анализируемых хостов);
- к ресурсопотреблению: $P_{\text{рес}}(r \leq R^{\text{доп}}) \geq P_{\text{рес}}^{\text{доп}}$, где $P_{\text{рес}}^{\text{доп}} = 0.99$, $R^{\text{доп}} = 0.15$ (15% от общего ресурса, доступного для решения задач) для критических ресурсов ИКС.

Исходя из вышеизложенного, проблему разработки методологии анализа и оценки устойчивости ИКС к деструктивному воздействию ЭМИ на этапах проектирования и эксплуатации можно декомпозировать на следующие основные задачи:

- 1) Разработка модели анализируемой ИКС, в достаточной степени описывающей аспекты, влияющие на процесс анализа стойкости к воздействию ЭМИ.
- 2) Разработка метода формирования сценариев ЭМИ воздействий на элементы ИКС, отражающего возможные варианты реализации таких воздействий с учетом места воздействия, временных, частотных и энергетических характеристик ЭМИ воздействия.
- 3) Разработка основных алгоритмических и вычислительных процедур анализа устойчивости ИКС к деструктивным ЭМИ воздействиям на этапах проектирования и эксплуатации и последовательности их реализации.

Взаимосвязь решаемых задач в рамках поставленной задачи представлена на рис. 1.

Методологическую систему анализа и оценки устойчивости ИКС к деструктивному воздействию ЭМИ воздействий на этапах проектирования и эксплуатации можно представить следующим образом:

$$Met_{\text{АОУ}} = MP_{\text{АОУ}} \cup \{M_{\text{АС}}, M_{\text{ЭМИВ}}, M_{\text{ФСВ}}, M_{\text{ОУС}}\},$$

где $MP_{\text{АОУ}}$ – множество методов и правил по выполнению основных этапов методологии и интеграции отдельных моделей и методов анализа устойчивости ИКС в методологическую систему, $M_{\text{АС}}$ – модель анализируемой ИКС, $M_{\text{ЭМИВ}}$ – множество моделей ЭМИ воздействий на элементы и узлы ИКС, $M_{\text{ФСВ}}$ – модель формирования сценариев ЭМИ воздействий, $M_{\text{ОУС}}$ – модель оценки уровня стойкости.

Исходные данные для анализа и оценки устойчивости, реализующей разрабатываемую методологию, представляются в виде шестерки:

$$(SDL, SPL, VDB, P_{\text{ЭМИ}}, P_{\text{АУ}}, R),$$

где SDL – спецификация анализируемой ИКС, SPL – спецификация реализуемой в сети политики безопасности, VDB – внешняя база данных ЭМИ воздействий, $P_{\text{ЭМИ}}$ – множество параметров, характеризующих ЭМИ воздействия, $P_{\text{АУ}}$ – множество параметров, характеризующих процесс анализа устойчивости, R – требования к уровню стойкости ИКС.

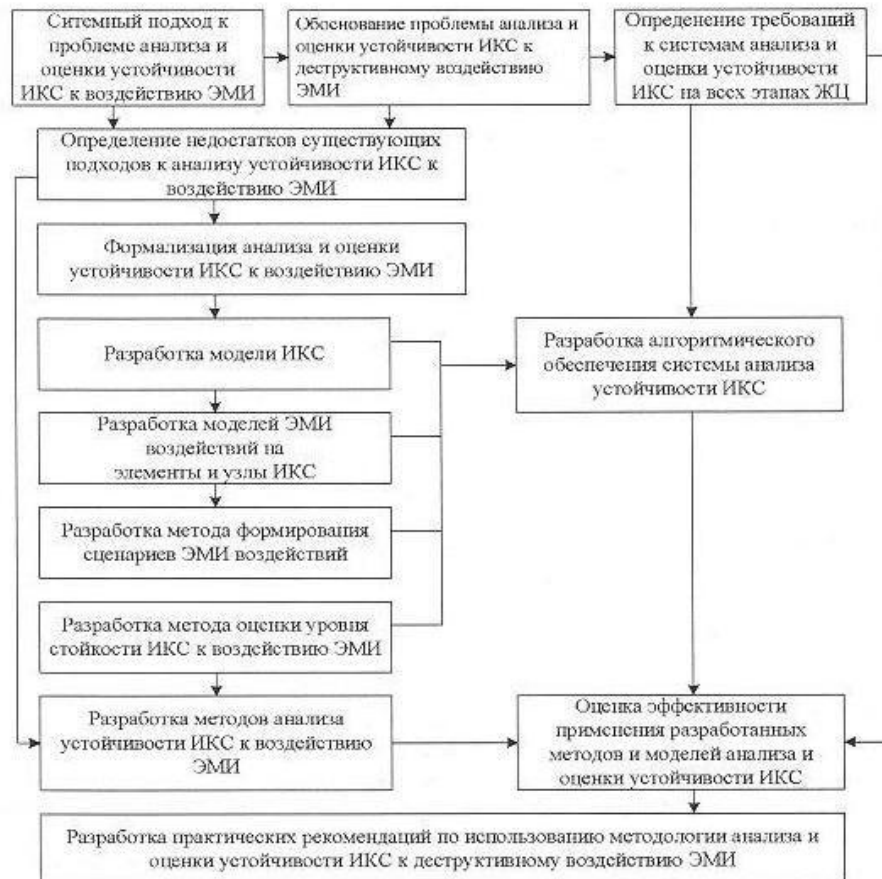


Рис. 1. Методология анализа и оценки устойчивости ИКС к деструктивному действию ЭМИ

В процессе анализа и оценки устойчивости ИКС необходимо определять множество рекомендаций, реализация которых позволит максимально возможно повысить стойкость анализируемой сети в условии заданных ресурсов обеспечения безопасности. Таким образом, ИСАУ должна позволять определять множество $\{V, AR, W, M, G\}$ при условии:

$$SecurityLevel(Network_G) \rightarrow \max \text{ (или } SecurityLevel(Network_G) \rightarrow SL^{ТРЕБ} \text{)},$$

где $Network_G$ – исходная инфокоммуникационная сеть $Network$ с реализованным в ней множеством рекомендаций G , V – множество обнаруженных уязвимостей, AR – сценарии ЭМИ воздействий, W – «узкие» места в безопасности анализируемой сети, M – множество показателей устойчивости, G – множество рекомендаций по повышению общего уровня стойкости сети, $SecurityLevel(Network)$ – функция, результатом которой является уровень стойкости сети $Network$.

Заключение

Проведенный анализ методов и средств оценки воздействия ЭМИ на ИКС показал отсутствие эффективных методов достоверной оценки устойчивости ИКС к воздействию ЭМИ, что выдвигает на первый план задачу разработки новых расчетных моделей оценки воздействия полей ЭМИ на элементы и узлы ИКС с возможностью их интеграции в рамках единого методологического подхода, позволяющего проводить интеллектуальный анализ и оценку параметров искажений информационного потока в системе для предотвращения деструктивного действия ЭМИ на ИКС.

Предложена структура интеллектуальной системы анализа устойчивости ИКС к деструктивному воздействию ЭМИ, позволяющей в режиме реального времени формировать сценарии электромагнитных воздействий на элементы и узлы ИКС, учитывать модели ЭМИ на элементы и узлы ИКС

на всем диапазоне частот, производить расчет множества показателей, характеризующих устойчивость ИКС 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 будут являться множество обнаруженных уязвимостей, наиболее критичные компоненты сети, вероятность выхода из строя которых наивысшая, множество показателей устойчивости и рекомендации по повышению уровня стойкости анализируемой сети.

Список литературы

1. Воскобович В.В., Мырова Л.О. Некоторые вопросы создания систем связи, устойчивых к воздействию МЭМП. – Технологии ЭМС. – № 2. – 2002. – С. 29–31.
2. 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. – С. 18–20.
3. Царегородцев А.В. Электромагнитный терроризм и обеспечение безопасности критически важных объектов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – № 22(79). – 2010. – С. 31–17.
4. Царегородцев А.В. Принципы построения защищенных распределенных информационно-управляющих систем. – Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – № 3. – С. 1–6.
5. Мырова Л.О., Сахаров К.Ю. Средства обеспечения стойкости информационных систем к воздействию излучений СШП ЭМИ. – Технологии ЭМС. – №2 (17). – 2006. – С. 59–70.

ФГУП «Московский научно-исследовательский радиотехнический институт» (МНИРТИ).
Статья поступила 12.12.2011.

Voskobovich V.V., Mikhailov V.A., Myrova L.O., Tsaregorodtsev A.V.

Systematic Approach to development of the Methodology of infocommunication system's Analysis and Evaluation of Resistance to Destructive electromagnetic effects

The problem of infocommunication system's evaluation of resistance to destructive electromagnetic effects during the life cycle of the system is considered. The methodology of analyzing and evaluating of resistance to destructive electromagnetic effects to elements and components of infocommunication system is proposed. Such approach allows to evaluate network's level of resistance to the destructive electromagnetic effects, and also to achieve its desired value by changing of network's configuration or by using of other organizational and technical methods.

infocommunication system, electromagnetic effect, destructive factors, evaluation of resistance to, performance stability, scenarios of electromagnetic effects, intelligent system.

State Unitary Enterprise «Moscow Radiotechnical Scientific Research Institute» («MNIRTI»).

АВТОРЫ НОМЕРА

Абрамшин Андрей Евгеньевич, к.с.н., доцент, докторант Московского государственного института электроники и математики (технического университета).

Бибиков Сергей Борисович, к.ф.м.н., Учреждение Российской академии наук Институт биохимической физики им. Н.М. Эммануэля РАН, заведующий лабораторией, тел. (495)939-74-45, sb@deom.chph.ras.ru.

Борисов Николай Иванович, д.т.н., доцент кафедры ИТАС, Московский государственный институт электроники и математики (технический университет), Тел.: 8(499)161-98-84; borisov@itac.miem.edu.ru.

Бочаров Владимир Владимирович, доцент кафедры Теоретической электротехники Московского Авиационного Института (Национального исследовательского университета) МАИ, к.т.н., доцент, тел. (499)158-4228, ka309@mai.ru.

Воскобович Владимир Викторович, к.т.н., проректор МТУСИ, т.р. (499) 192-85-51.

Востриков Александр Владимирович, аспирант, Московский государственный институт электроники и математики (технический университет), ассистент кафедры ИТАС МИЭМ, Тел.: 8-926-566-3550; sanchs@inbox.ru.

Жаднов Валерий Владимирович, к.т.н., доцент, доцент Московского государственного института электроники и математики (технического университета).

Жаднов Иван Валерьевич, директор группы компаний «Компьюлинк».

Кечнев Леонид Николаевич, д.т.н., профессор, зав. кафедрой РТУиС МИЭМ, kln1940@gmail.com.

Кириллов Владимир Юрьевич, д.т.н., профессор зав. кафедрой «Теоретическая электротехника», Московский Авиационный Институт (Государственный технический университет). Тел./факс. (499)1584901, emc@mai.ru.

Комнатный Дмитрий Викторович, к.т.н., доцент, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, кафедра «Теоретические основы электротехники», доцент, тел. (375-232) 48-06-91.

Котельников Дмитрий Сергеевич, ст. преподаватель каф. РТУиС МИЭМ.

Кривов Анатолий Сергеевич, д.т.н., профессор, ЗАО «Научно-производственная фирма «Диполь» (ЗАО «НПП «Диполь»), Технический комитет по стандартизации № 72 «Электростатика» (ТК 72 «Электростатика»), +7(495)645-2002.

Малистин Александр Иванович, ФГУП «Московское опытно-конструкторское бюро «Марс» начальник лаб. ВВФ. Раб. тел. (499)9789203, aimalstin@post.ru.

Кузнецов Вадим Вадимович, аспирант кафедры РТУиС МИЭМ, тел.: 8(962)179-2194, ga3xdh@mail.ru.

Марченко Михаил Владимирович, аспирант каф. «Теоретическая электротехника», МАИ (ГТУ), ФГУП «МОКБ «Марс» ст. инженер лаб. ВВФ, Тел./факс. (499)158-4901, m-fallout@yandex.ru.

Меньшова Светлана Борисовна, к.т.н., Кузнецкий институт информационных и управленческих технологий, г. Кузнецк Пензенской обл. (филиал Пензенского государственного университета), доцент, тел. (84157)3-73-98.

Милигула Александр Васильевич, заместитель директора ФГУП «МНИРТИ», тел. (495) 917-78-47, a.miliqula@mnirti.ru.

Михайлов Виктор Алексеевич, к.т.н., директор ФГУП НИИ «АРГОН», т.(495)319-78-67.

Мырова Людмила Ошеровна, д.т.н., профессор, академик МАН ИПП, т. 626-25-57.

Орлов Виктор Владимирович, к.т.н., ООО НПП «Радиострим», заместитель генерального директора по науке, (495)734-93-43, (499)158-47-79, rstr@mai.ru.

Парфенов Евгений Владимирович, аспирант очного отделения Московского Авиационного Института (Национального исследовательского университета) МАИ; Тел. 8-499-158-4228.

Прокофьев Михаил Владимирович, к.х.л., доцент, Московский авиационный институт (государственный технический университет), доцент, тел. (499)158-4650, mihail1953@post.ru.

Реznиков Станислав Борисович, профессор кафедры Теоретической электротехники Московского Авиационного Института (Национального исследовательского университета) МАИ, д.т.н., профессор; тел. 8(499)157-1378, rezn41@mail.ru.

Салтыков Александр Валентинович, к.т.н., доцент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы» Самарского государственного технического университета, докторант, 8 (846) 278-44-96, aees@rambler.ru, 89276195444, ar.saltykov@rambler.ru.

Смольникова Ольга Николаевна, к.т.н., Московский авиационный институт (государственный технический университет), старший преподаватель, тел. (499)158-46-50, aprilbreeze@rambler.ru.

Трегубов Дмитрий Владимирович, генеральный директор ООО «ЕСД Эксперт», тел./ф. +7(911)176-37-00.

Царегородцев Анатолий Валерьевич, д.т.н., профессор, т. 8.906-743-14-95.

Широков Денис Владимирович, к.т.н., МНИРТИ, Москва, S_d_v_79@mail.ru, т. (495)693-56-95.

Янкин Алексей Иванович, заместитель начальника отдела ФГУП «МНИРТИ», Москва, т. (495)917-11-08.

ВНИМАНИЕ! ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

«ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ»

Объединенный каталог «Пресса России» агентства «Книга-Сервис»

10362 – полугодовой индекс. Через редакцию – (на любой срок) по тел.: 8-985-134-4367.