

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Метрологическая ассоциация промышленников и предпринимателей
Технический комитет по стандартизации
ТК 30 «Электромагнитная совместимость»
Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ
Группа компаний «ДИПОЛЬ»
Научно-испытательный центр «САМТЭС»

Всероссийская
научно-техническая конференция

**ТЕХНОЛОГИИ, ИЗМЕРЕНИЯ И ИСПЫТАНИЯ
В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
СОВМЕСТИМОСТИ**



ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ

г. Москва
19 – 20 ноября 2013 г.

ББК 32.811.7
Т 384

Т 384

Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости. Труды Всероссийской НТК «Техно-ЭМС 2013», Москва 19-20 ноября 2013 /Под ред. А.С. Кривова. – М.: ЗАО «НПФ «Диполь», 2013. – 73 с.

В сборнике приведены материалы Всероссийской конференции «Техно-ЭМС 2013», посвященной технологии, измерениям и испытаниям в области электромагнитной совместимости.

Сборник предназначен для специалистов в области проектирования технических средств, электромагнитной совместимости, а также занимающихся испытаниями и измерениями в этой области.

Редакционная коллегия: д.т.н., проф. Кривов А.С.
д.т.н. Смирнов А.П.
д.т.н., проф. Кечиев Л.Н.

Информационная поддержка: Журнал «Технологии ЭМС»
Журнал "Приборы"

ЗАО «Научно-производственная фирма «ДИПОЛЬ», Москва, 2013

ББК 32.811.7
© А.С. Кривов, составление,
редактирование

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

Пленарные доклады

Фонд национальных и межгосударственных стандартов в области ЭМС и задачи по его гармонизации и развитию Кармашев В.С. <i>Технический комитет по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств»</i>	6
Внутрисистемная ЭМС: состояние проблемы и тенденции Кечиев Л.Н. <i>МИЭМ НИУ «Высшая школа экономики»</i>	8
Информационно-технологический подход к решению задач обеспечения качества электроэнергии, энергоэффективности и энергетической безопасности Тухас В.А. <i>ООО «НПП «ПРОРЫВ»</i>	10
Развитие требований к показателям электромагнитной совместимости и методам их оценки Смирнов А.П. <i>ЗАО «НПФ «ДИПОЛЬ»</i>	12
Секция 1	
Организационные, схемотехнические и технологические мероприятия обеспечения ЭМС технических средств	
Обеспечение защищённости технических средств обнаружения от молниевых разрядов Боткин А.А., Косяков С.И., Пчелинцев И.А., Терентьев Р.А., Чернопродов Д.М. <i>ФГКУ «12 ЦНИИ» МО РФ</i>	16
Разработка проекта национального стандарта «Совместимость космической техники электромагнитная. Общие требования и методы испытаний» А.Н.Дементьев, Ю.В.Маслов, М.Е.Смирнов <i>ФГУП «ЦНИИ МАШ»</i>	19
Разработка проекта национального стандарта «Совместимость космической техники электромагнитная. Программа обеспечения ЭМС» А.Н.Дементьев, Ю.В.Маслов, М.Е.Смирнов <i>ФГУП «ЦНИИ МАШ»</i>	21
Разработка электронной базы данных по электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств космического назначения А.Н.Дементьев, Ю.В.Маслов, Ю.В. Иваненко, М.Е.Смирнов <i>ФГУП «ЦНИИ МАШ»</i>	23
Перспективные способы повышения эффективности систем молниезащиты Ермаков К.В., Сибилькова М.И. <i>ООО «Энергодиагностика»</i>	26

Исследование электризации кабелей, жгутов и проводов в ходе технологического процесса монтажа РЭА Кузнецов В.В. <i>МИЭМ НИУ ВШЭ</i>	27
Технология обеспечения комплексной электромагнитной безопасности на сложных технических объектах морской инфраструктуры Лазарев Д. В. <i>ОАО «ЦНИИ «Курс»</i>	29
Современное состояние НТД, касающейся электромагнитной обстановки и электромагнитной совместимости Матвеев М.В., Кузнецов М.Б. <i>ООО «ЭЗОП»</i>	33
Особенности подтверждения соответствия технических средств объектов использования атомной энергии требованиям электромагнитной совместимости Сарылов В.Н., Сарылов О.В. <i>ОАО «ВНИИАЭС»</i>	36
Особенности применения методов испытаний на соответствие требованиям технического регламента Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств» и метрологического обеспечения испытаний Смирнов Ю. Н. <i>ФБУ «КВФ «Интерстандарт»</i>	40
Анализ требований и сложности оценки внутрифюзеляжной электромагнитной совместимости крупных бортовых радиоэлектронных комплексов Тяпкин Л.Н., Черкасов А.И. <i>ОАО «Концерн «Вега»</i>	41
Секция 2	
Методы и средства испытаний технических средств на ЭМС	
О порядке построения системы средств измерений для диагностического контроля качества электроэнергии в узлах электрической сети Баранов И.Л., Чемборисова Н.Ш. <i>ФГБОУ ВПО НИУ МЭИ</i>	42
Актуальные проблемы обеспечения электромагнитной совместимости стационарных и подвижных объектов и пути их решения Вишневский А.М., Свядоц Е.А., Блинков П.В., <i>ФГУП «Крыловский государственный научный центр»</i>	46
Мобильный аппаратный комплекс ЭМС и опыт его использования на стационарных и подвижных объектах Вишневский А.М., Свядоц Е.А., Блинков П.В., Янкин В.Н. <i>ФГУП «Крыловский государственный научный центр»</i>	48
Метрологическое обеспечение измерений кондуктивных помех Гиниятуллин И.А., Сергеев С.Р. <i>ООО «НПП Марс-Энерго»</i>	51

Калибровка токосъемников и инжекторов тока, применяемых при испытаниях по ЭМС Ескин А. Е. ФГУП «ВНИИФТРИ»	53
Измерение мощности передатчиков систем связи по электромагнитному полю Ефанов В.И., Вожаев Д.В. ФГБОУ ВПО «ТУСУР»	56
Особенности аттестации установки для испытаний на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю по МЭК 61000-4-3 Жеруль О.Б. ЗАО НИЦ "САМТЭС"	58
Современные измерительные средства для комплексов испытаний на электромагнитную совместимость Иванников Д.А. ОАО «СКБ РИАП»	60
Методы испытаний средств защиты электронных устройств от воздействия электростатических разрядов Кривов А.С. ЗАО «НПФ «Диполь»	63
Методы измерения ЭМС фазированных СВЧ устройств в широкополосном диапазоне частот и рабочих температур Кукушкин Е. М. ООО «НПП «НИФРИТ»	66
Варианты построения квазиизотропных антенн для измерения полей в ближней зоне Никитин Е.А., Устинова М.В., Истомина М.И. ФГУП "ЦНИИ МАШ"	67
Программно-методический комплекс планирования и анализа радиосетей «Эфир» Скляр В.А., Митченков С. Г. ООО НПФ «Радиян-М»	68
Метрологическое обеспечение испытаний технических средств на электромагнитную совместимость Шкуркин М.С., Черняев К.С. ФБУ «ГНМЦ Минобороны»	71

Кармашев В.С.

Технический комитет по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств», г. Москва

Тел. +7(499)235-92-07, e-mail: vkarmash@rambler.ru

**ФОНД НАЦИОНАЛЬНЫХ И МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ
СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ ЭМС И ЗАДАЧИ ПО ЕГО
ГАРМОНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЮ**

Технический комитет по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств» создан в 1993 г. в соответствии с приказом Госстандарта России от 19 июля 1993 г. № 155 для подготовки национальных стандартов в области ЭМС и обеспечения работ по международной и межгосударственной стандартизации в этой области.

До 1985–1990 гг. проблема ЭМС применительно к народнохозяйственной продукции рассматривалась как проблема обеспечения функционирования без взаимных помех различных радиосредств, использующих радиочастотный спектр, с учетом возможных помех радиоприему, которые могут быть созданы определенными техническими процессами и устройствами (индустриальных радиопомех). После 1985–1990 г. данная концепция ЭМС была на международном уровне кардинально изменена. Основную роль в изменении содержания понятия ЭМС сыграли европейская директива 89/336 «О согласовании законодательных актов государств–членов, касающихся электромагнитной совместимости» (издана в 1989 г.) и международный терминологический стандарт МЭК 60050-161 «Электротехнический словарь. Гл. 161. Электромагнитная совместимость» (издан в 1990 г.).

В соответствии с МЭК 60050-161:1990 под ЭМС понимают «способность оборудования или системы удовлетворительно функционировать в своей электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам в этой обстановке» (термин 161-01-07). Таким образом, ЭМС в современном понимании – это совместимость оборудования и систем с окружающей электромагнитной средой.

В свою очередь, в Директиве 89/336 были впервые введены в качестве норм обязательные требования по ограничению электромагнитной эмиссии, т. е. по исключению загрязнения электромагнитными помехами окружающей среды и по обеспечению устойчивости к воздействию внешних электромагнитных помех любых технических средств, способных создавать электромагнитные помехи и/или зависящих от их воздействия. После этого, начиная с 1992 г. происходит процесс устойчивого принятия новых международных и европейских региональных стандартов в области ЭМС, соответствующих принципам, установленным в МЭК 60050-161 и Директиве 89/336. Эти стандарты, в основном, разрабатываются и принимаются международными организациями по стандартизации – МЭК, СИСПР, ИСО и европейскими организациями – СЕН, СЕНЕЛЕК, ЕТСИ.

Требования по электромагнитной совместимости в международных стандартах представляют собой, в общем случае, требования устойчивости функционирующего по назначению аппарата к воздействию на его порты электромагнитных помех конкретных видов и, с другой стороны, нормы электромагнитных помех конкретных видов, создаваемых функционирующим аппаратом на его портах. Под портами аппарата понимают границы (интерфейсы) аппарата с внешней электромагнитной средой. В качестве портов рассматривают в общем случае, порты корпуса, порты электропитания переменного и постоянного тока, а также порты ввода-вывода, сигнализации, управления, заземления и др.

Требования устойчивости аппарата к электромагнитным помехам включают степени жесткости испытаний (уровни испытательных воздействий) и критерии качества функционирования при воздействии электромагнитных помех на различные порты. Нормы создаваемых электромагнитных помех представляют собой предельные значения измеряемых параметров электромагнитных помех в установленных полосах частот измерений.

Основной задачей вновь созданного российского технического комитета по стандартизации ТК 30 стало введение этих новых международных и региональных стандартов в области ЭМС в качестве национальных стандартов Российской Федерации и межгосударственных стандартов. За 20 лет с 1993 г. по 2013 г. специалистами, работающими в составе ТК 30, было подготовлено свыше 200 гармонизированных национальных и межгосударственных стандартов.

Гармонизированными стандартами являются те, которые обеспечивают взаимозаменяемость продукции и/или взаимное понимание результатов ее испытаний. К гармонизированным стандартам относят идентичные и модифицированные по отношению к международным стандартам.

В 1995–1998 гг. специалистами ТК 30 был подготовлен и введен комплекс из 30 новых национальных стандартов ЭМС, модифицированных по отношению к действующим в то время международным стандартам ЭМС, в частности введена серия стандартов ГОСТ Р 51317 (на основе применения стандартов ТК 77 МЭК 61000-4-1, -4-2, -4-3, -4-4, -4-5, -4-6, -4-11, 4-12, -4-15, -3-2, -3-3, -6-1, -6-2, -6-3, -6-4) и серия ГОСТ Р 51318 (на основе стандартов СИСПР 11, 12, 13, 14-1, 14-2, 15, 20, 22). Этот комплект национальных стандартов широко применялся при установлении требований ЭМС к различным техническим средствам, а также при создании и аккредитации испытательных лабораторий ЭМС и органов по сертификации во многих системах обязательной сертификации («ГОСТ Р», «Электросвязь», «ОИТ» и др.).

В 2003-2010 гг. данный комплекс национальных стандартов ЭМС, был актуализирован и дополнен с учетом новых изданий международных и европейских стандартов ЭМС и затем использован при разработке и введении в действие технического регламента Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств» (ТР ТС 020/2011) (введен в действие с 15 февраля 2013 г.).

В настоящее время специалистами ТК 30 завершена работа по переоформлению 43-х основных национальных стандартов, входящих в этот комплекс, в межгосударственные стандарты с их одновременной актуализацией. Эта работа выполнена в связи с развитием технического регулирования в Таможенном союзе и формированием Евразийского Экономического союза. Национальные стандарты ЭМС (ГОСТ Р) подлежат в ближайшее время отмене в связи с принятием в качестве национальных стандартов новых межгосударственных стандартов (ГОСТ).

С использованием новых межгосударственных стандартов ЭМС будут внесены изменения в **Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР ТС 020/2011 и в Перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований ТР ТС 020/2011 и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции.**

Значительное внимание при развитии существующего фонда национальных и межгосударственных стандартов в области ЭМС уделяется введению новых стандартов на основе международных стандартов в области ЭМС, устанавливающих:

- требования и методы достижения функциональной безопасности технических средств в условиях электромагнитных помех;
- методы защиты технических средств от преднамеренных электромагнитных воздействий;
- требования ЭМС к техническим средствам радиосвязи (на основе стандартов ЕТСИ);
- требования к качеству электрической энергии в электрических сетях.

С 2013 г. в соответствии с Программой национальной стандартизации предусматривается разработка ТК 30 только межгосударственных стандартов (ГОСТ), идентичных международным и европейским стандартам ЭМС.

Кечиев Л.Н.

МИЭМ НИУ «Высшая школа экономики»
Тел. +7(917)572-27-27, e-mail: kln1940@gmail.com

ВНУТРИСИСТЕМНАЯ ЭМС: СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ

Обеспечение совместной работы различных систем относится к одной из наиболее актуальных проблем техники, так как продолжающийся процесс развития электротехники и радиоэлектроники усиливает зависимость результатов применения новых средств от условий их совместного функционирования.

На ранних этапах развития техники обеспечение совместной работы средств решалось в основном путем совершенствования отдельных схемных и конструкторских решений и планирования распределения радиочастот, используемых отдельными радиосредствами. В настоящее время принятия отдельных частных мер уже недостаточно, а проблема в целом имеет ярко выраженный системный характер. Учет требований ЭМС необходим на всех стадиях жизненного цикла любого радиоэлектронного и телекоммуникационного оборудования. Неправомерно отделение во времени вопросов разработки и создания конкретного устройства и обеспечения его совместимости с другими аппаратами и системами в процессе эксплуатации. Если аспекты ЭМС игнорируются до тех пор, пока они не приведут к нарушению совместимости аппаратуры, обеспечение ЭМС будет дорогостоящим и неудовлетворительным.

Исторически наибольшее внимание уделялось вопросам межсистемной ЭМС. Это определялось относительно низкими частотами работы аналоговой аппаратуры связи, уровнем подготовки специалистов в области конструирования аппаратуры, бурным развитием разнообразных радиосистем, что требовало акцентировать внимание на межсистемных аспектах ЭМС. По мере развития техники, внедрения цифровых методов обработки информации и, главное, постоянно повышающегося быстродействия, акценты сместились на внутрисистемные вопросы проектирования аппаратуры. Предпосылки для этого заключаются в введении обязательной сертификации продукции по показателям ЭМС, в возрастающем объеме проектных работ в области создания аппаратуры различного применения, непрерывном росте быстродействия, что усугубляет проблему ЭМС. Кроме этого изменилась электромагнитная обстановка, в которой работают современные радиоэлектронные средства. К мощным источникам помех в настоящее время можно отнести: электромагнитный импульс высотного ядерного взрыва, молнии, геомагнитные бури, высоковольтные линии электропередачи, контактные сети железных дорог, высоковольтные установки, мощные радиопередающие средства и радиолокационные станции, генераторы сверхширокополосных электромагнитных импульсов, генераторы микроволнового излучения.

В этих условиях при проектировании радиоэлектронной аппаратуры можно отметить следующие тенденции и новые задачи в области обеспечения внутрисистемной ЭМС. Для формирования обоснованных требований к уровню электромагнитной защиты аппаратуры необходимо проанализировать источники мощных электромагнитных излучений с целью выявления интенсивностей генерируемых ими полей. Расширение спектра воздействующих помех и частот функционирования аппаратуры требует моделей процессов и аппаратуры, более адекватно отражающих высокочастотные процессы, и пригодных для верификации проектных решений; на основе подобных моделей необходимы проблемно ориентированные программные средства для оценки таких факторов как целостность сигнала, эффективность экранирования с учетом реальных неоднородностей в экранах, оценка уровня излучения от аппаратуры на стадии проектирования, развитие виртуальных сертификационных испытаний для отладки проектов и т.п.

Для решения перспективных задач в области внутрисистемной ЭМС необходим пересмотр программ подготовки бакалавров, магистров и аспирантов по направлению конст-

руирования и технологии электронных средств и другим направлениям, смежным к нему, с целью включения ряда дисциплин, относящихся к проблеме межсистемной ЭМС. Работа в этом направлении была начата А.Д. Князевым еще несколько десятилетий назад, но до настоящего времени решение не найдено. В ряде учебных планов имеется дисциплина ЭМС, но большая часть времени посвящается вопросам межсистемной ЭМС. Низкая квалификация инженеров-конструкторов радиоэлектронной аппаратуры в области внутрисистемной ЭМС заставляет их искать пути повышения квалификации, поскольку новые задания и требования к аппаратуре вынуждают проектировщиков обращаться к проблеме внутрисистемной ЭМС, от решения которой во многом зависят сроки и стоимость разработки, но будущая функциональная безопасность объекта при электромагнитных воздействиях на него. Проблема функциональной безопасности становится одной из узловых для критически важных объектов, подверженных электромагнитным воздействиям, и решения в этой области только сейчас находят свое теоретическое обоснование.

С целью интеграции в мировой процесс подготовки и сертификации кадров в области ЭМС Московский институт электроники и математики НИУ «Высшая школа экономики» и Международная организация RABQSA 9 сентября 2013 г. подписали Соглашение об организации в МИЭМ НИУ ВШЭ Аккредитованного учебного центра в области ЭМС, Уполномоченного центра тестирования (сертификации) персонала в области ЭМС и Представительства RABQSA в России. Их деятельность будет включать проведение экзаменов, проводимых iNARTE для инженеров, работающих в области ЭМС, их сертификацию и другие соответствующие процедуры. Международная организация RABQSA является крупнейшим в мире глобальным аккредитованным некоммерческим органом по сертификации персонала, предлагающим широкий диапазон профессиональных сертификатов. Организация iNARTE, которая волилась в RABQSA, была самой признанной некоммерческой профессиональной ассоциацией, которая сертифицирует компетентных инженеров и технический персонал в области телекоммуникаций, ЭМС, безопасности продукции, электростатического разряда и беспроводных систем. Сертификация персонала проводится для профессиональных инженеров и технического персонала, работающих в сфере ЭМС, и охватывает направления электрических соединений, экранирования, заземления, прогнозирования и анализа электромагнитных помех, кондуктивных помех, помехоэмиссии, защиты от молний и другие направления. Для дипломированных инженеров, не имеющих опыта работы, существует сертификат ассоциированного инженера ЭМС.



На снимке (слева направо): д.т.н., проф. кафедры РЭТ МИЭМ НИУ ВШЭ Кечиев Л.Н., д.т.н., зам. директора МИЭМ НИУ ВШЭ по научной работе Азаров В.Н., Президент RABQSA International Inc. Peter Holtmann, ст. преподаватель кафедры РЭТ МИЭМ НИУ ВШЭ, Руководитель проекта Котельников Д.С.

Межсистемная ЭМС, как показывает мировая практика, становится одной из основополагающих дисциплин при создании радиоэлектронной и электротехнической аппаратуры, и важнейшей (кроме электробезопасности) для допуска продукции на рынок. Технический регламент по ЭМС Таможенного союза подвел законодательную базу под проблему ЭМС в РФ, что в еще большей мере требует внимания к проблеме ЭМС.

Тухас В.А.

**ООО «НПП «Прорыв», г. Петрозаводск
+7(8142) 76 13 49, e-mail: proryv@karelia.ru**

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В мировой практике вопросы качества электроэнергии встраиваются в задачу обеспечения энергетической безопасности, которая включает в себя:

- непрерывное снабжение достаточным количеством электроэнергии надлежащего качества,
- энергосбережение и энергоэффективность, противодействие техногенным и природным воздействиям и минимизация потерь при их возникновении.

Современные информационно-измерительные системы в электроэнергетике разрабатываются для целей прогноза, обеспечения превентивных мер и самовосстановления при событиях в электросети. Указанные тенденции в полной мере отражены в требованиях Федерального закона № 382-ФЗ от 03.12.2011 г. «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса», статья 10: «Виды информации, подлежащей включению в государственную информационную систему топливно-энергетического комплекса (ТЭК): информация о характеристиках энергетических ресурсов, в том числе об их качестве, (п.7); информация в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, (п.15); информация о ЧС природного и техногенного характера, об инцидентах или авариях, создающих угрозу безопасности на объектах ТЭК (п.20)».

Таким образом, наряду с собственно показателями качества электроэнергии важно на основе измерений энергетических характеристик в режиме реального времени диагностировать техническое состояние энергетического оборудования, давать прогноз его остаточного ресурса и выявлять события в электросети, повышающие риск техногенных аварий. Для получения такой информации нужно решать измерительные задачи и создать технологии получения новых знаний.

1. К измерительным задачам относятся:

- 1.1. Измерение, оценка, анализ качества электроэнергии и индексов энергоэффективности электросетевых объектов.
- 1.2. Измерение электроэнергетических величин для поиска источников искажения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) и определения вклада в искажения показателей качества электроэнергии участников рынка электрической энергии.
- 1.3. Измерение электроэнергетических величин для решения вопросов диагностики и прогноза остаточного ресурса электросетевого оборудования.
- 1.4. Измерение электроэнергетических величин для раннего обнаружения источников помех.

2. К задачам разработки технологий получения новых знаний относятся:

- 2.1. Разработка алгоритмов прогноза режимной надежности энергосистем,
- 2.2. Разработка критериев энергоэффективности электросетевых объектов и методов их измерения в режиме реального времени,
- 2.3. Разработка методов поиска источников помех в электрических сетях.

Инструментом решения указанных задач является автоматизированная информационно-измерительная система безопасности электрической энергии, связанной с ее качеством (АИИС БЭЭ). Система АИИС БЭЭ изначально нацелена на решение задач диагностики энергооборудования, оценки ресурса и поиска источников помех, и в то же время, проводит

обработку и вывод информации по требованиям стандартов качества электроэнергии и показателей энергоэффективности.

Необходимая информация в системе появляется за счет регистрации быстропротекающих процессов в режиме реального времени. Так, если классифицировать измерительные системы в электроэнергетике по характерным временам усреднения энергетических характеристик, то получим ряд : АИИС КУЭ – 30 минут, АИИС КЭЭ – 0.2 с – 10 минут, СМПП – 0.02 с, АИИС БЭЭ – 50 нс – 10 минут.

АИИС БЭЭ также обеспечивает сбор и расчет данных о надежности и качестве электроснабжения по международным индексам SAIFI и SAIDI, которые вводятся для всех электросетевых организаций России как показатели энергоэффективности.

Смирнов А.П.

ЗАО «Научно-производственная фирма «ДИПОЛЬ», г. Москва

Тел+7(495)645-20-02, smirnov@dipaul.ru

РАЗВИТИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ И МЕТОДАМ ИХ ОЦЕНКИ

Высокая пространственная и частотная плотность занятости технических средств (ТС) обуславливает проблему обеспечения их электромагнитной совместимости (ЭМС). Продолжающаяся актуальность проблемы ЭМС ТС обуславливается следующими обстоятельствами:

- внедрение Технического регламента Таможенного союза “Электромагнитная совместимость технических средств”;
- наличие развитой системы международных, национальных, отраслевых, корпоративных стандартов на промышленную, бытовую, оборонную и другую продукцию;
- внедрение единых требований к методам испытаний ТС по характеристикам ЭМС, а также регламентация характеристик испытательного оборудования и средств измерений, используемых для оценки характеристик ЭМС; наличие сети аккредитованных испытательных лабораторий по ЭМС;
- существование потенциальной угрозы преднамеренных электромагнитных воздействий, электромагнитного терроризма, обеспечение сохранности жизненно важных объектов, гарантированной работоспособности технических средств обеспечения жизнедеятельности людей;
- обеспечение информационной безопасности, сохранности средств создания, сохранения, передачи и приема и носителей информации.

Особенности обеспечения ЭМС в различных отраслях привели к тому, что к настоящему времени документы, регламентирующие требования к характеристикам и методам оценки ЭМС, могут быть разделены на следующие основные группы:

- документы требований к продукции общепромышленного применения, устройствам бытового назначения, научным и медицинским приборам на основе стандартов МЭК, МСКРП, отчасти МСЭ;
- стандарты для продукции оборонного и специального назначения, основанные на материалах документов MIL STD 461, 462 и т.д. различных версий;
- стандарты на продукцию гражданского авиастроения, к числу которых в первую очередь относится документ квалификационные требования КТ – 160D, имеющий фактически статус стандарта;
- документы для продукции автомобилестроения, к числу которых относятся документы SAE, в частности, стандарт ISO 7637-X;
- отдельные стандарты на специализированную продукцию.

Несмотря на разделение стандартов на группы, основные тесты на помехоустойчивость и методики измерений эмиссии как видно из материалов таблицы аналогичны. Различия касаются в количественных значениях уровней создаваемых воздействий и частотном диапазоне оценки устойчивости и измерений эмиссии.

Актуализация этих стандартов по выделенным группам происходит разными темпами. Так в развитии отечественных стандартов серии ГОСТ Р 51317.X.XX, 51318.X.XX отмечены два этапа их пересмотра: 1999 год и 2006-2007 годы. Документ RTCA/DO160 за последние 10 лет менялся 4 раза (версии G, F, E, D), а стандарт MIL STD 461 имел четыре версии (F, E, D, C), начиная с 1997 года.

Табл. 1. Содержание испытаний в стандартах, регламентирующих ЭМС

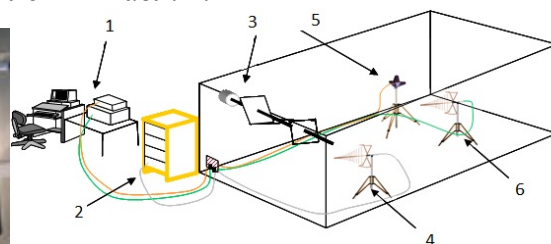
Виды испытаний (воздействие)	Общепромышленная продукция, ГОСТ Р, МЭК	Оборонная продукция, стандарт XXXX-XXX-2008	Бортовое авиационное оборудование, документ DO KT 160G	Оборонная продукция, стандарт MIL STD
Постоянное магнитное поле			Раздел 15	
Искажения сети питания	51317.4.11, .4.14, 4.17, 4.27, 4.28	54073	Раздел 16	704
Импульсные помехи	51317.4.4, 4.5 До 4 кВ		Раздел 17 600 В, 5-6 мкс	461F, CS106 400 В, 3 мкс
Кондуктивные низкочастотные (звуковые) помехи	51317.4.16 До 100 В, 0-150 кГц	ВП1, До 5 В, 80 Вт, 30 Гц-150 кГц	Раздел 18 0-200 кГц, 6-8 % от напряжения питания	461F, CS101, До 5 В, 80 Вт, 30 Гц-150 кГц
Кондуктивные импульсные помехи		ВП3 До 5 А, Время 2/30 нс		461F, CS115, До 5 А, Время 2/30 нс
Затухающие синусоидальные помехи	51317.4.12, До 4 кВ, 0,1, 1 МГц	ВП4, До 10 А, 0.01-100 МГц		461F, CS116 До 10 А, 0.01-100 МГц
Магнитные и электрические поля промышленной частоты	50648, Магнитное поле 50 Гц		Раздел 19. Магнитное поле 400 Гц; Магнитные поля 0.4-15 кГц; Электрические поля 0.4-15 кГц;	461F, RS101 (0.03-100 кГц) CS109 (0.06-100 кГц)
Пачки остроконечных импульсов			Раздел 19 600 В, период 0.2-10 мкс, длительность пачки 50-1000 мкс	
Кондуктивные высокочастотные помехи	51317.4.6, До 30 В, 0.15-80 МГц	ВП2, До 0.3 А, 0.01-400 МГц	Раздел 20, До 0.3 А, 10 кГц -400 МГц	461F, CS114, До 0.3 А, 0.01-400 МГц
Излучаемые высокочастотные помехи	51317.4.3 До 30 В/м, 0.08-6 ГГц	ВИ1 До 200 В/м 0.002-18 ГГц	Раздел 20, До 300 В/м (НГ), 7 кВ/м (ИМ) 100 МГц-18 ГГц	461F, RS103 До 200 В/м, 10 кГц-40 ГГц
Импульсное электромагнитное поле			Раздел 20, До 300 В/м (НГ), 7 кВ/м (ИМ) 100 МГц-18 ГГц	461F, RS105 (две экспоненты), 50 кВ/м, 0.03 мкс
Электростатический разряд	51317.4.2		Раздел 25	1686

Анализ изменений различных групп стандартов по ЭМС показал, что в основном их очередные редакции касаются методических аспектов испытаний или измерений, уточнение и конкретизация конфигурации оборудования. Тем не менее, важными тенденциями развития стандартов являются расширение частотного диапазона и увеличение жесткости испытательных воздействий. В частности, основными изменениями являются:

- расширение частотного диапазона испытательных воздействий для общепромышленной продукции до 6 ГГц, оборонной продукции – 18 ГГц;
- повышение верхнего уровня испытательных воздействий до 30 В/м для общепромышленной продукции, до 200 В/м для специальной продукции, до 7200 В/м для продукции авиационного назначения;

- введение импульсной других видов модуляции в дополнение к ранее используемой амплитудной модуляции;
- внедрение методик измерений порогов помехоустойчивости. Важность этих изменений объясняется тем обстоятельством, что попытки реализации испытательных установок традиционными схемно-конструктивными решениями с помощью излучающих антенн становятся чрезвычайно дорогостоящими. В частности, только для обеспечения выполнения требований ГОСТ 51317.4.3 требуется усилитель мощностью до 400 Вт в диапазоне частот до 1 ГГц и до 80-90 Вт для диапазона частот 1-18 ГГц. с помощью рупорных антенн требует входная мощность 80-90 Вт. Кроме того, данные установки обладают рядом недостатков, основные из которых следующие:
- необходимость экранировки персонала и оборудования и связанная с этим потребность в экранированной камере;
- существенная частотная зависимость однородности облучающего поля.

Поэтому актуальным является поиск альтернативных систем для создания сильных электромагнитных полей. Среди таких систем все большее применение находят реверберационные камеры (РК) (см. рис). Использование подобных устройств уже нашло отражение в международных стандартах МЭК 61000-4-21, а также международных отраслевых нормативных документах SAE J1113/27 (для продукции автомобилестроения), MIL 461F (для оборонной продукции, в диапазоне 200 МГц–40 ГГц), RTCA DO 160 D/E (для частот выше 100 МГц). В настоящее время потенциальная возможность использования РК для испытаний отдельных видов продукции предусмотрена отечественными стандартами, но они серийно не выпускаются. Дополнительным преимуществом реверберационных камеры является возможность их применения для оценки эмиссии. В настоящее время РК разрабатываются многими зарубежными компаниями. Среди них ведущее место занимает компания TESEQ. Их основные характеристики представлены в табл. 2.



1-средства измерений и управления, 2 - источники сигнала
3-смеситель, 4- излучающая антенна, 5 - 3-х компонентный зонд,
6-приемная антенна

Внешний вид (изнутри) и схема РК

Табл. 2. Основные характеристики реверберационных камер TESEQ

Модель камеры	Габариты, м ³	Диапазон, ГГц	Рабочий объем, м ³	Е при P _{вх} =1 Вт, В/м
2XS	1.5x0.8x1.0	0.8-18	0.5x0.3x0.5	130-180
XS	2.7x1.5x1.3	0.5-18	1.2x1.0x0.8	130-180

Поскольку РК является испытательным оборудованием, то необходима ее аттестация. Проведение аттестации предполагает проведение следующих операций:

- проверка однородности электрического поля в пределах рабочего объема при вращении смесителя;
- проверка разброса значений ортогональных компонент вектора поля в выбранной точке рабочего объема при вращении смесителя;
- оценка калибровочных коэффициентов, определяющих связь между мощностью, подводимой к излучающей антенне, и создаваемой напряженностью электрического поля.

Требования к допустимому разбросу компонент вектора поля и его модуля определяются стандартами МЭК и составляют 3–4 дБ в зависимости от частотного диапазона. По уровню разброса характеристик поля РК TESEQ соответствует требованиям стандарта МЭК 61000-4-21 практически до частоты 150 МГц.

Несмотря на многочисленные преимущества РК, активное использование их в нашей стране в настоящее время не достигнуто. Отчасти это связано с отсутствием соответствующих стандартов, регламентирующих порядок их применения. Поэтому в настоящее время в рамках национального комитета по стандартизации в области ЭМС целесообразно введение соответствующего гармонизированного стандарта по применению РК для оценки характеристик устойчивости и эмиссии ТС. Ожидается, что с внедрением данного стандарта в распоряжение производителей и испытателей поступит новое альтернативное экономичное эффективное средство для проведения испытаний на ЭМС.

**Боткин А.А., Косяков С.И., Пчелинцев И.А.,
Терентьев Р.А., Чернопродов Д.М.,**
ФГКУ «12 ЦНИИ» Минобороны России, г. Сергиев Посад,
Тел.: +7-985-196-32-15, E-mail: ksi1972.02@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИЩЁННОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОТ МОЛНИЕВЫХ РАЗРЯДОВ

Вопросам электромагнитной совместимости технических средств обнаружения (СО) нарушителей, а также их защиты от действия токов и внешних электромагнитных полей (ЭМП) молниевых разрядов в настоящее время уделяется повышенное внимание. Недостаточная стойкость к ЭМП молниевых разрядов технических средств обнаружения, кабельных линий связи и электропитания к ним может приводить к нарушениям функционирования или повреждению СО — снижению вероятности обнаружения нарушителя, ложным срабатываниям СО, выходу из строя их электронных блоков.

В целях обеспечения защищённости технических средств обнаружения от молниевых разрядов целесообразно разделить их на две группы по сходным условиям функционирования, поскольку требования по стойкости к внешним ЭМП для них могут значительно различаться. Первая группа, это периметровые средства обнаружения (ПСО) размещаемые на периметре охраняемой территории, вторая — объектовые средства обнаружения (ОСО), размещаемые в охраняемых зданиях и сооружениях.

Защищённость технических средств обнаружения от молниевых разрядов может быть обеспечена в рамках зонной концепции защиты, изложенной в стандартах МЭК серии 62305. Эти стандарты определяют зоны молниезащиты радиоэлектронной аппаратуры с точки зрения прямого и непрямого воздействия молнии (рис. 1):

- зона 0_A: Зона на прилегающей территории к охраняемому зданию или сооружению, в которой ПСО могут подвергаться воздействию прямого удара молнии и возникающему при этом электромагнитному полю;
- зона 0_B: Зона на прилегающей территории к охраняемому зданию или сооружению, в которой ПСО не подвергаются воздействию прямого удара молнии, так как находятся в пространстве, защищенном системой внешней молниезащиты. Однако в данной зоне имеется воздействие неослабленного ЭМП;
- зона 1: Зона внутри здания или сооружения, ОСО в которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии. В этой зоне токи во всех токопроводящих частях, а также ЭМП имеют значительно меньшие значения по сравнению с зонами 0_A и 0_B.

Если требуется дополнительное снижение разрядных токов или ЭМП в местах размещения ОСО, то необходимо проектирование так называемых последующих зон (зона 2 и т.д.). Критерий для этих зон определяется общими требованиями по ограничению внешних воздействий. Имеет место общее правило, по которому с увеличением номера защитной зоны уменьшаются влияние ЭМП молниевых разрядов на ОСО. Таким образом, для периметровых и объектовых средств обнаружения разница в применяемых методах защиты определяется зоной их размещения.

Существенных проблем с организацией молниезащиты ОСО не возникает. Молниеотвод обеспечивает защиту здания и размещённых в нём ОСО от прямого удара молнии, уменьшение токов растекания по металлическим конструкциям здания, корпусам установленного внутри оборудования и подключенным к ним кабельным линиям. **Достигается это за счет создания путей отвода токов молнии к заземляющему устройству по специально проложенным токоотводам.**

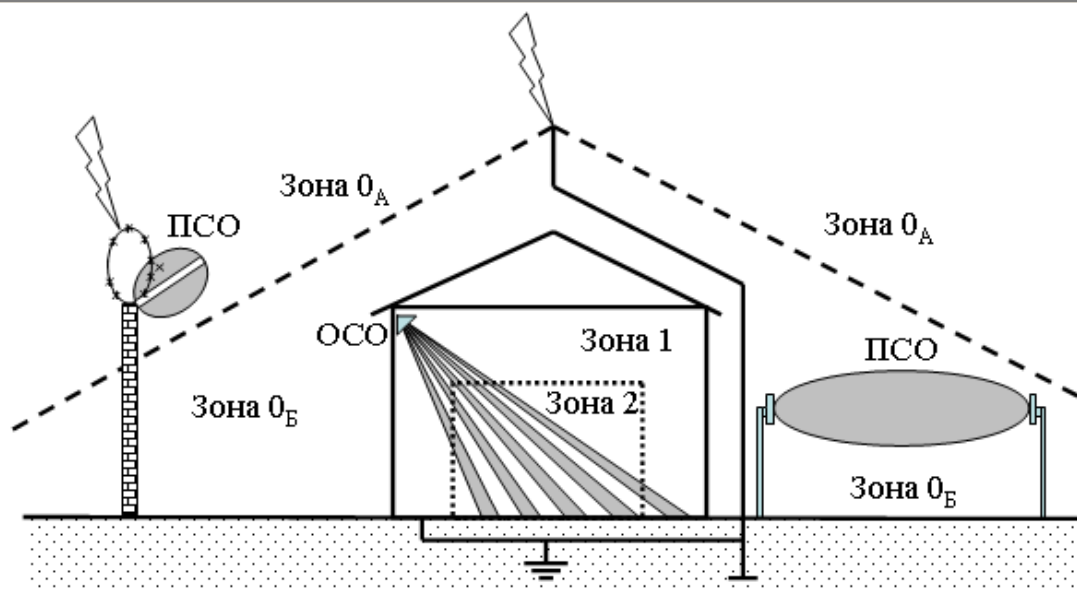


Рис. 1. Разделение охраняемого здания и прилегающей к нему территории на зоны

Возникающее при ударе молнии ЭМП также существенно ослабляется, в первую очередь различными строительными конструкциями здания. При этом на распределение энергии ЭМП внутри здания или сооружения оказывают влияние различные отверстия или щели в конструкциях стен и перекрытий, например, окна, двери, а также места ввода-вывода кабелей электропитания, связи и других коммуникаций. Однако и в этом случае необходима защита ОСО от воздействия ЭМП молнии, которая обеспечивается:

- экранированием средств обнаружения, а также линий связи и электропитания к ним от воздействия ЭМП, возникающих при протекании токов молнии по металлическим элементам системы молниезащиты, строительным металлоконструкциям и другим проводникам при близком размещении оборудования к ним;
- заземлением ТСО, его линий электропитания и связи;
- созданием системы уравнивания потенциалов путем присоединения к главной заземляющей шине всех металлических элементов и частей оборудования;
- применением устройств защиты от импульсных перенапряжений в линиях электропитания и связи с целью уравнивания потенциалов токоведущих или сигнальных проводников относительно заземленных элементов и конструкций объекта.

Особенно важное значение приобретает молниезащита для ПСО, чьи чувствительные элементы (кабельные чувствительные элементы на сигнальных ограждениях и в грунте, геофоны, радиоволновые и радиолучевые чувствительные элементы) могут быть размещены в зонах 0_A и 0_B . Повреждения ПСО происходят как при ударе молнии непосредственно в чувствительный элемент (ЧЭ), так и при ударах в землю, в находящиеся рядом деревья, опоры линий электропередачи или связи и т. п.

Опыт эксплуатации и испытаний на электромагнитную совместимость вибрационных и радиоволновых ПСО, размещаемых на сигнальных ограждениях, показывает, что наиболее вероятны следующие повреждения, возникающие в результате протекания индукционных токов в ЧЭ ПСО:

- пробой изоляции между жилами кабельных ЧЭ;
- обрыв или короткое замыкание жил кабельных ЧЭ;
- оплавление оболочки кабельных ЧЭ.

Повреждения могут возникать на расстояниях до 10 км от места удара молнии, в том числе и в случаях пробоя молнии между грозовыми облаками.

Эти же повреждения, возникающие в геофонах, кабельных сейсмических или радиоволновых ЧЭ, размещаемых в грунте, зависят от ряда дополнительных факторов:

- конструкции ЧЭ и его грозостойкости;
- удельного сопротивления грунта и его геологического строения;
- рельефа местности и наличия вблизи ЧЭ водоёмов, деревьев и других естественных молниеотводов.

Снизить вероятность поражения периметровых ТСО от ударов молнии можно следующим образом:

- путем прокладки специальных грозостойких кабельных ЧЭ с повышенной проводимостью оболочки;
- заземлением корпусов блоков электронных и участковых шкафов, а также металлических кабельных коробов и полотна сигнального ограждения;
- создание системы уравнивания потенциалов,
- применением в участковых шкафах устройств защиты от импульсных перенапряжений в линиях электропитания и связи посредством использования искровых разрядников и варисторов.

Описанная выше зональная концепция позволяет на практике эффективно решать вопросы защиты периметровых и объектовых средств обнаружения от токов молнии и внешнего ЭМП. Представленные выше технические решения могут значительно повысить надежность работы как объектовых, так и периметровых ТСО и снизить вероятность их повреждения.

**Дементьев А.Н., Маслов Ю.В., Смирнов М.Е.,
ФГУП «ЦНИИмаш», г. Королев
Тел. (495) 513-54-12, факс (495) 513-34-40
e-mail: corp@tsniimash.ru**

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА НАЦИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА «СОВМЕСТИМОСТЬ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ»

Создаются научно-технический и производственно-технологический заделы для обеспечения электромагнитной совместимости перспективной космической техники, конкурентоспособной космической продукции и услуг. Разрабатывается национальный стандарт по электромагнитной совместимости (ЭМС) космической техники, гармонизированный с международными и европейскими стандартами, устанавливающими требования помехоустойчивости, помехоэмиссии и соответствующие методы испытаний, и позволяющий адаптировать требования нормативных документов по ЭМС к конкретным изделиям космической техники с учетом их состава, компоновки и технических характеристик.

Основанием для разработки стандарта является Программа Союзного государства «Разработка интегрированной системы стандартизации космической техники, создаваемой в рамках программ и проектов Союзного государства» на 2011-2014 г.г.

Разрабатываемый проект стандарта является модернизируемым международным стандартом ISO 14302 с дополнительными требованиями и методами, отражающими особенности Российской космической техники научного и социально-экономического назначения. Стандарт должен распространяться на космические комплексы научного и социально-экономического назначения и их составные части, разрабатываемые предприятиями Российской Федерации, и устанавливать требования и правила обеспечения электромагнитной совместимости космических комплексов.

Учитывая широкую номенклатуру изделий космической техники от наземного оборудования до ракет-носителей и КА, невозможно и нецелесообразно решить все отраслевые вопросы в области электромагнитной совместимости в рамках одного стандарта. Целесообразно в перспективе разработать систему стандартов, структура которой должна охватывать различные аспекты отраслевых особенностей этой проблемы, а также матрицы требуемых испытаний для изделий различного уровня (прибор, сборка, станция, изделие, комплекс), в которых определить необходимость конкретных проверок (испытания) на соответствие заданным требованиям.

Стандарт не содержит испытательных норм электромагнитных помех. Испытательные нормы должны разрабатываться исходя из электромагнитной обстановки, требований к качеству электроэнергии и эксплуатационных требований. Нормы электромагнитных помех, создаваемых при работе радиоэлектронных, электронных и электротехнических средств космической техники, и требования по устойчивости этих средств к воздействию электромагнитных помех приводятся в соответствующих технических заданиях (технических условиях).

В стандарте предполагается:

- определить общие требования к комплексу, задать требования к разработке Программы обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств космических систем и комплексов, гарантирующей совместимость на уровне комплекса при минимальном влиянии на стоимость программы и эксплуатационные характеристики, катего-

рии критичности и коэффициенты безопасности;

- сформулировать специальные требования к комплексу, к внешней электромагнитной обстановке и внутрисистемной ЭМС, к конструкции заземления и электропроводки, к металлизации и устойчивости к электростатическому разряду, к радиочастотной совместимости, молниезащите и электробезопасности;
- задать требования к электромагнитным помехам на уровне оборудования: к кондуктивным и излучаемым помехам, к коммутационным переходным процессам, к устойчивости оборудования к этим помехам;
- определить общие и специальные требования к верификации электромагнитной совместимости комплекса: 1) План верификации электромагнитных эффектов на уровне комплекса, 2) Отчет о верификации электромагнитных эффектов, 3) Подтверждение выполнение специальных требований к ЭМС комплекса;
- задать методы испытаний электромагнитных помех на уровне оборудования с применением отечественных и международных стандартов.

Разрабатываемый стандарт позволит:

- обосновывать требования по ЭМС на уровне лучших мировых образцов;
- адаптировать требования нормативных документов по ЭМС к конкретным изделиям космической техники с учетом их состава, компоновки и технических характеристик.

В разрабатываемом стандарте приведены следующие виды и условия испытаний на соответствие требованиям по ЭМС:

- измерение наводимых источником кондуктивных помех на шине питания во временной и частотной областях;
- измерение кондуктивных помех в проводах питания в диапазоне от 30 Гц до 10 кГц (метод CE101);
- контроль подавления наводимых нагрузкой быстрых коммутационных процессов;
- измерение пульсаций во временной области, наведенных на шине питания;
- измерение излучаемых помех в виде магнитного поля (метод RE101);
- измерение излучаемых помех в виде электрического поля (метод RE102);
- измерение устойчивости к пульсациям звуковой частоты в линии питания;
- измерение устойчивости к импульсам напряжения;
- испытание восприимчивости к кондуктивным помехам в виде наводок в кабелях (метод CS114);
- измерение восприимчивости к излучаемым помехам в виде магнитного поля с помощью катушки Гельмгольца (альтернативный метод RS101);
- измерение восприимчивости к излучаемым помехам в виде электрического поля (метод RS103);
- измерение восприимчивости к магнитным полям, наводимым в оборудовании;
- измерение восприимчивости к магнитным полям, наводимым в соединительных кабелях.

В стандарте определены методики измерений, планируемый набор измерительной аппаратуры, типовые схемы измерительных установок и представляемые данные измерений, а также даны рекомендации по мерам обеспечения ЭМС на уровне комплекса и содержанию отчета о верификации электромагнитных эффектов.

Литература:

1. ISO 7137:1995 Воздушные суда. Внешние воздействия и методы испытаний бортовой аппаратуры;
2. ISO 14302:2002 Космические комплексы - требования к электромагнитной совместимости;
3. ECSS-ST-20-07C Космическая техника – Электромагнитная совместимость.

**Дементьев А.Н., Маслов Ю.В., Смирнов М.Е.,
ФГУП «ЦНИИмаш», г. Королев
Тел. (495) 513-54-12, факс (495) 513-34-40
e-mail: corp@tsniimash.ru**

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА НАЦИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА «СОВМЕСТИМОСТЬ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ. ПРОГРАММА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ»

Создаются научно-технический и производственно-технологический заделы для обеспечения электромагнитной совместимости перспективной космической техники, конкурентоспособной космической продукции и услуг. Разрабатывается национальный стандарт по электромагнитной совместимости (ЭМС) космической техники, гармонизированный с международными и европейскими стандартами, устанавливающий требования к разработке документа «Программа обеспечения электромагнитной совместимости», структуру документа, требования к содержанию и оформлению, порядок реализации проводимых работ по обеспечению электромагнитной совместимости космической техники.

Основанием для разработки стандарта является Программа Союзного государства «Разработка интегрированной системы стандартизации космической техники, создаваемой в рамках программ и проектов Союзного государства» на 2011-2014 г.г.

Объектом стандартизации в данном стандарте являются: определение вида технического документа - «Программа обеспечения электромагнитной совместимости космической техники», а также описаны процессы разработки, согласования и утверждения Программы. Первый объект стандартизации регламентируется в части структуры документа и требований к содержанию и оформлению, а вторая группа объектов стандартизации - в части порядка реализации указанных процессов.

Данный стандарт распространяется на программу обеспечения электромагнитной совместимости космической техники научного и социально-экономического назначения и устанавливает структуру этой программы, требования к ее содержанию, а также порядок разработки, согласования и утверждения программы.

Программа обеспечения электромагнитной совместимости космической техники (ПОЭМС КТ) - документ, устанавливающий комплекс взаимосвязанных требований и мероприятий, направленных на выполнение установленных в техническом задании на разработку изделия космической техники требований по электромагнитной совместимости этого изделия и его составных частей.

В качестве изделий космической техники могут рассматриваться космические комплексы, их основные структурные элементы такие, как космические аппараты, ракеты-носители, разгонные блоки, ракетно-космические комплексы, а также объекты космической инфраструктуры.

С учетом специфики изделий КТ, относящихся к изделиям единичного или мелкосерийного производства, ПОЭМС на них должна охватывать главным образом этапы разработки изделий, имеющие отношение к проблеме обеспечения ЭМС КТ. Этапы разработки изделий КТ и их содержание принимаются в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. Программа обеспечения электромагнитной совместимости должна быть увязана с работами, проводимыми на различных стадиях и этапах жизненного цикла по проверке характеристик изделия КТ по программам или планам проверок (испытаний). Мероприятия, предусмотренные ПОЭМС для КТ и его элементов, должны быть

включены в рабочие документы сквозного планирования на комплекс в целом и его элементы соответственно.

Актуальность разработки данного стандарта обуславливается практической необходимостью и возможностью решения проблем обеспечения электромагнитной совместимости космической техники и отсутствием такого стандарта для космических комплексов научного и социально-экономического назначения.

Требования данного стандарта в основных, принципиальных его положениях гармонизированы с разрабатываемым стандартом «Совместимость космической техники электромагнитная. Общие требования и методы испытаний» и международным стандартом ИСО 14302:2002 «Космические комплексы - требования к электромагнитной совместимости».

Стандарт разработан на основе обобщения и развития опыта применения подобных документов в смежных областях деятельности, в частности, опыта применения Программ обеспечения надежности ракетно-космической техники.

Литература:

1. ISO 14302:2002. Космические комплексы - требования к электромагнитной совместимости;
2. ОСТ 134-1017-98 Совместимость космической техники электромагнитная. Программа обеспечения электромагнитной совместимости.

Дементьев А.Н., Маслов Ю.В., Смирнов М.Е., Иваненко Ю.В.
ФГУП «ЦНИИмаш», г. Королев
Тел. (495) 513-54-12, факс (495) 513-34-40
e-mail: corp@tsniimash.ru

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Анализ электромагнитной совместимости космической техники и объектов космической инфраструктуры необходим на всех этапах их жизненного цикла. При этом необходим одновременный учет очень большого количества факторов внутрисистемной электромагнитной совместимости в пространстве и во времени, что требует обработки огромных потоков информации. Анализ электромагнитной совместимости космической техники и объектов космической инфраструктуры должен быть достаточным по полноте и точности результатов, занимать мало времени при использовании приемлемого количества материальных и человеческих ресурсов. В связи с этим создание электронной базы данных по электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств космических комплексов и руководства по его применению представляет собой научно-техническую проблему, требующую для своего решения специфических научных и технических подходов.

Создание электронной базы данных по электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств космических комплексов (ЭБД ЭМС РЭС КК) и руководства по его применению представляет собой научно-техническую проблему, требующую для своего решения специфических научных и технических подходов.

Появление и быстрое развитие компьютерной техники позволяет создавать на ее базе новые технологии. Использование новейших компьютерных технологий для создания ЭБД ЭМС РЭС КК, как показывает опыт применения разработанного в ЦНИИмаш макета программно-аппаратного комплекса для анализа внутрисистемной электромагнитной совместимости космической техники и объектов космической инфраструктуры, открывает новые возможности для решения данной проблемы.

Электронная база данных по электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств космических комплексов (далее ЭБД ЭМС РЭС КК) предназначена для анализа внутрисистемной электромагнитной совместимости космической техники и объектов космической инфраструктуры, следующих видов:

- космических платформ (КП),
- космических аппаратов (КА),
- разгонных блоков (РБ),
- ракет-носителей (РН),
- ракет космического назначения (РКН),
- космических головных частей (КГЧ),
- космических ракетных комплексов (КРК),
- объектов космической инфраструктуры,
- ракетно-космических комплексов в окружающей группировке электронных средств на космодроме.

Обобщенная схема функциональной структуры ЭБД ЭМС РЭС КК изображена на рис. 1.

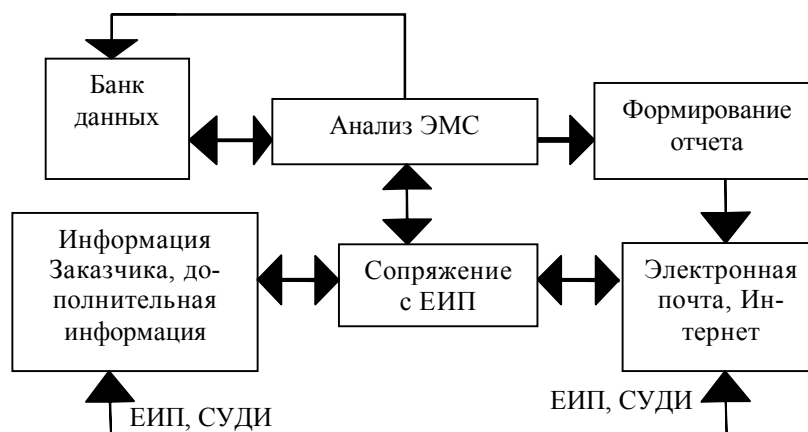


Рисунок 1 Обобщенная схема функциональной структуры ЭБД ЭМС РЭС КК

Проиллюстрировано модульное строение ЭБД ЭМС РЭС КК и основные функциональные связи модулей ЭБД ЭМС РЭС КК. Информация от заказчика является основной исходной информацией для проведения расчетов. В случае ее недостаточности для проведения анализа ЭМС в полном объеме используется банк данных, а также нормативная, проектная документации, и др. Для обеспечения быстрого доступа к информации используется электронная почта и интернет.

Схема функциональной структуры ЭБД ЭМС РЭС КК с членением процесса анализа ЭМС на этапы, указанием информационных связей и содержанием сообщений, передаваемых по связям, изображена на Рисунке 2.

Как видно из схемы Рисунка 2, анализ ЭМС космической техники и объектов космической инфраструктуры состоит из следующих этапов:

- компьютерное моделирование внутрисистемной ЭМС конкретных изделий космической техники и объектов космической инфраструктуры и проведение расчетов;
- разработка (при необходимости) рекомендуемых мер обеспечения внутрисистемной ЭМС конкретных изделий космической техники и объектов космической инфраструктуры и оценка их эффективности;
- формирование (при необходимости) норм параметров ЭМС конкретных изделий космической техники и объектов космической инфраструктуры;
- компьютерное моделирование внутрисистемной ЭМС конкретных изделий космической техники и объектов космической инфраструктуры с учетом рекомендуемых мер и сформированных норм;
- формирование отчета.

В ЦНИИмаш к настоящему моменту накоплен значительный опыт проведения анализа ЭМС. Машинно-ориентированная технология анализа и обеспечения внутрисистемной ЭМС нашла применение:

- при разработке и экспертизе эскизных проектов на КА («Монитор-Э», «Диалог-Э», «Ресурс-ДК», «ЭКСПРЕСС-АМ33/44, -МД1», «Муссон (14Ф31)», «KazSat», «БелКА»);
- при изготовлении и наземной отработке КА и РН («Ямал», «Союз-2» и др.);
- при летных испытаниях РКН («Союз-2»-«Фрегат», «Протон-М»-«Бриз-М»);
- при эксплуатации (ФГБ и СМ МКС);
- при оценке ЭМС РКН, разрабатываемых по программам конверсии («Рокот», «Волна», «Старт»);
- при анализе ЭМС международных миссий запуска, проведенных успешно (КА «Amos», «PanamSat», «Corot», «Measat», «MetOp», «Радарсат», «Венера-Экспресс», «Галилео», «Глобалстар», «Горизонт», «Гэлакси» и др.).

В ЭБД ЭМС РЭС КК с этой целью созданы банк данных, система управления банком и базами данных, необходимые аппаратные средства, что вместе с обученным оператором

составляют информационную часть ЭБД ЭМС РЭС КК, которая позволяет заносить исходные данные, обрабатывать их, хранить и по необходимости извлекать необходимые детали-ные знания об ЭМС конкретного изделия.

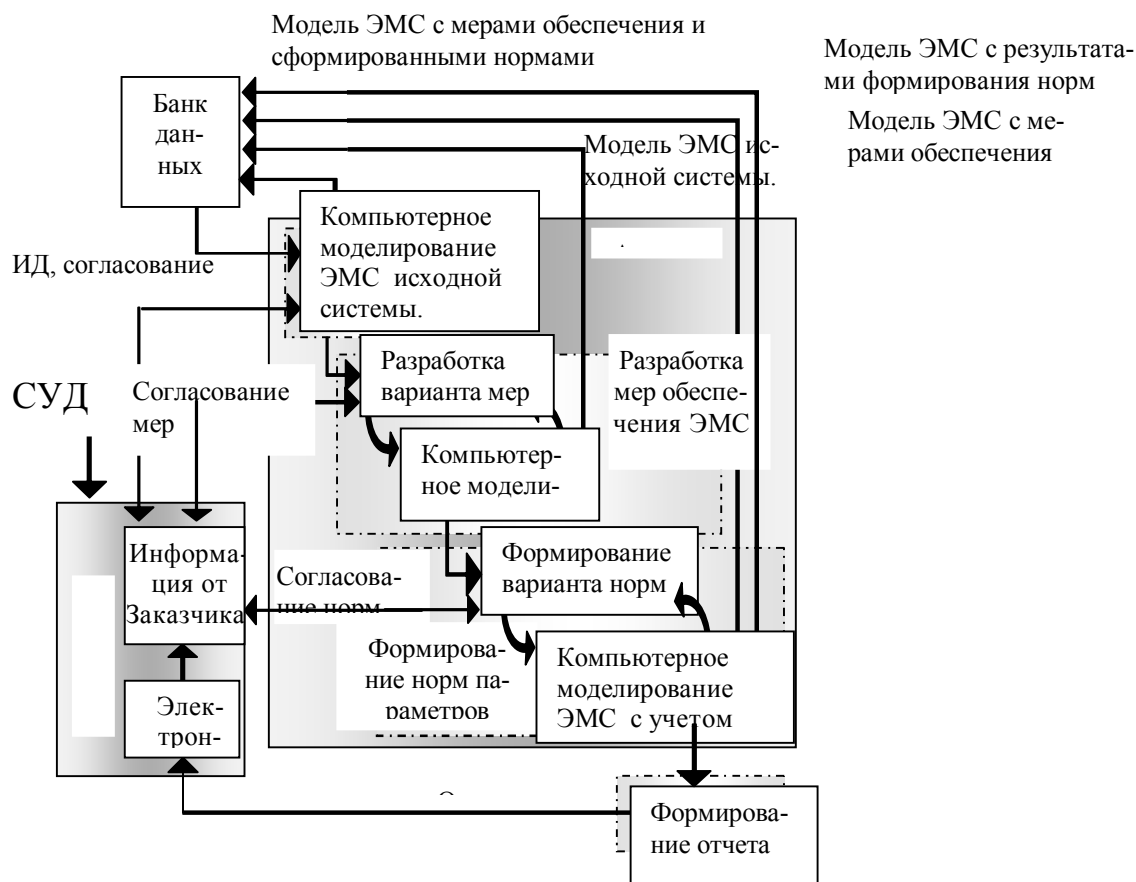


Рис. 2. Схема функциональной структуры ЭБД ЭМС РЭС КК

Опыт работы с предприятиями космической отрасли в части ЭМС показывает, что программно-аппаратные комплексы, удовлетворяющие выше названным принципам достаточности, отсутствуют. В тоже время известно, что подобные программно-аппаратные комплексы успешно и выгодно используются некоторыми зарубежными фирмами для анализа электромагнитной совместимости, однако доступ к этим технологиям и их использование на предприятиях отрасли предоставляется проблематичным.

Таким образом, существуют потребности в ЭБД ЭМС РЭС КК с реализованными в них современными компьютерными технологиями обеспечения анализа электромагнитной совместимости РКТ и объектов космической инфраструктуры, с одной стороны, и недостатков специальных ЭБД ЭМС РЭС КК, отсутствие единого научного подхода к их созданию, отсутствие методик их применения в практике проведения анализа электромагнитной совместимости РКТ и объектов космической инфраструктуры, с другой стороны. Указанное противоречие и определило актуальность разработки предложений по созданию и поддержанию электронной базы данных по электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств космических комплексов.

Ермаков К.В., Сибилькова М.И.
ООО «Энергодиагностика», г. Москва
Тел. (499)124-25-37, факс: (499)124-74-66, e-mail: Ermkon@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Многолетние наблюдения за грозопоражаемостью высотных объектов показали, что с увеличением высоты молниеотвода резко снижается его эффективность защиты от прямых ударов нисходящих молний.

Имеется множество фактов, когда после первого разряда молнии, устройство молниезащиты (МЗ) или его часть блокируется и не воспринимает последующие разряды.

В докладе рассматривается новый взгляд на защитные свойства токоотводов (ТОТ) МЗ, на основании которого разработаны предложения по повышению эффективности систем МЗ опасных производственных объектов.

Предлагается рассматривать модель протекания импульса тока молнии в качестве длинной линии с учетом переходных процессов (например, отражения от конца длинной линии) применяя телеграфные уравнения.

Предлагается рассмотреть новые методики молниезащиты на базе принципов блокирования или отражения энергии молниевых разрядов.

Кузнецов В.В.
МИЭМ НИУ ВШЭ, г. Москва
Тел.: 8(962)179-21-94; E-mail: ra3xdh@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ КАБЕЛЕЙ, ЖГУТОВ И ПРОВОДОВ В ХОДЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МОНТАЖА РЭА

Целью данной работы является исследование электризации кабелей, жгутов и проводов во время их монтажа в составе радиоэлектронной аппаратуры. С данной целью были произведены измерения статических потенциалов и зарядов, накапливаемых кабелями и характеристик стекания статических зарядов. Для решения поставленной задачи применялась электрометрическая аппаратура оригинальной разработки МИЭМ НИУ ВШЭ.

Поставленная задача является актуальной, так как последующий контакт кабеля, несущего статический заряд с радиокомпонентами может вызвать особый вид ЭСР, называемый кабельным ЭСР. Механизм возникновения этого типа ЭСР описан в литературе.

Для исследования склонности кабеля к электризации был разработан специальный стенд, состоящий из электрометра, источника питания, устройства сопряжения и персонального компьютера. Для обработки результатов экспериментов использовалось исключительно ПО с открытым исходным кодом.

В качестве электрометра был использован прибор на электронных лампах в обращённом режиме оригинальной конструкции с повышенной устойчивостью к перегрузкам по входной цепи [2].

Структурная схема стенда показана на рис.1.

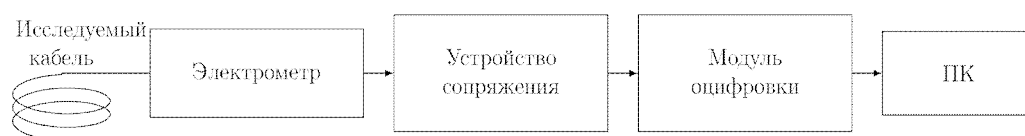


Рис. 1. Структурная схема стенда для записи результатов измерений на ПК

В качестве объекта тестирования выступают типы кабелей, имеющие наиболее широкое распространение:

1. Кабель «витая пара» UTP-4
2. Кабель коаксиальный с полиэтиленовой изоляцией RG-58
3. Кабель интерфейсный LPT с ПВХ - изоляцией
4. Шлейф 32-х жильный FRC с ПВХ - изоляцией
5. Провод МГТФ-0,12 с ПТФЭ - изоляцией
6. Провод МГШВ-0,35 с ПВХ изоляцией
7. Спецкабель 80-ти жильный из проводов МГТФ-0,12 с оболочкой из плёнки фторопластовой (длина 300 мм)

Проводились измерения статического потенциала, заряда и временных характеристик стекания заряда в контакте кабелей с различными материалами. Для каждого измерения строились графики процесса заряжения и разряда кабеля во времени. Типичный процесс заряда и разряда кабеля показан на рис. 2.

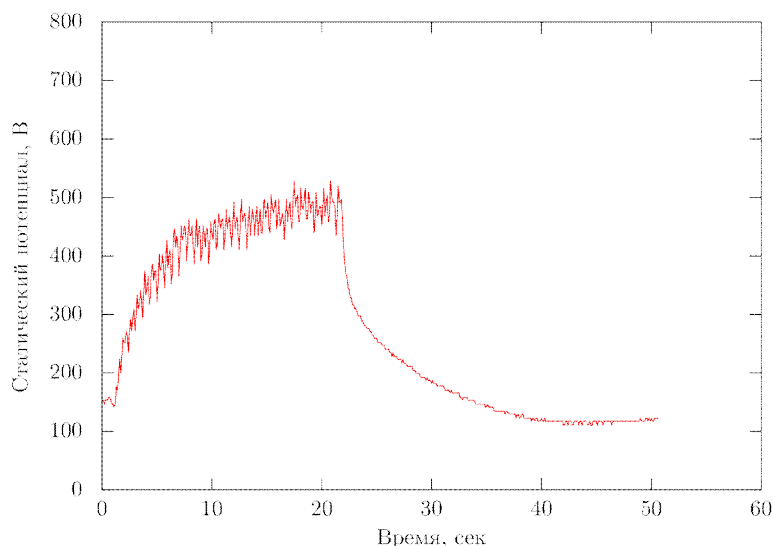


Рис. 2. Электростатический потенциал, наведённый на жиле кабеля коаксиального RG-58, при передвижении бухты кабеля по поверхности бумаги и процесс стекания заряда с кабеля.

По результатам исследований были получены следующие выводы и рекомендации:

1. При перекручивании кабеля заряд между его жилами не накапливается. Статический потенциал, измеренный между жилами кабеля не превышает находится в пределах погрешности измерения и является безопасным для ЭРЭ, применяемых в бортовой аппаратуре КА. Полученные данные соответствуют рекомендациям [1]. Опасность для ЭРЭ представляют статические заряды, приобретаемые кабелем при трении оболочки кабеля о полы, столы, упаковку и т.п.
2. Измерения статического потенциала, приобретаемого человеком, оператором при движении, показали, что человек может накапливать потенциал до 300 В, а особых условиях и до 800 В и выше. Полученные данные использованы для сравнения статического потенциала, накапливаемого человеком и кабелями.
3. Кабели с изоляцией из ВЧ диэлектриков (ПЭ, ПТФЭ) более склонны к накоплению и удержанию статических зарядов, так как диэлектрик данных кабелей имеет высокое удельное сопротивление. И время релаксации зарядов будет большим. Время стекания заряда для кабелей с ПЭ и ПТФЭ изоляцией 30-50 секунд, а для кабелей с ПВХ изоляцией 5-15 секунд. Потенциал, накапливаемый кабелями с ПЭ и ПТФЭ изоляцией может достигать 500 В и большие бухты кабеля могут накапливать значительный статический заряд, если не принято мер по его нейтрализации. Наибольшее значение статического потенциала получено при контакте оболочек кабеля с бумагой, а наименьшее — с деревом. Небольшие отрезки кабеля имеют малую ёмкость (много меньше, чем эквивалентная ёмкость тела человека) и не представляют опасности для ЭРЭ при их разряде.
4. Контроль электризации кабеля в контакте с антистатическими материалами показал, что применение антистатических материалов снижает статический потенциал, приобретаемый кабелем до безопасного уровня (менее 100 В). Таким образом, для предотвращения электризации кабелей и кабельного ЭСР необходимо, чтобы в ходе технологического процесса оболочка кабелей всё время контактировала только с антистатическими материалами (применять антистатические полы, столы, упаковку) [3].

Все исследования проводились на кафедре РЭТ МИЭМ НИУ ВШЭ.

Литература

1. Texas Instrument. — AN-1511 — Cable discharge event. Application report., 2006. — July.
2. Кузнецов В. В. Электронметр на электронных лампах в обращённом режиме // Патент на полезную модель №118066 от 10 июля 2012 года. — Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.
3. Кечиев Л. Н., Пожидаев Е. Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества. — М.: ИД «Технологии», 2005. — 352 с.

Лазарев Д.В.

ОАО «ЦНИИ «Курс», г. Москва

Тел.: 8(495)365-65-39, Факс: 8(495)365-43-14, E-mail: qsk@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Сложность электромагнитной обстановки (ЭМО), складывающейся на объектах морской инфраструктуры (ОМИ), укомплектованных с большой плотностью разнообразной радиоэлектронной аппаратурой, приводит к возрастанию рисков при проведении различных работ. Электромагнитная безопасность (ЭМБ) охватывает воздействие электромагнитного поля на ответственное оборудование, взрывчатые вещества и компоненты, легковоспламеняющиеся материалы, жидкости и газы, обслуживающий персонал. Комплексный характер проблемы ЭМБ является предпосылкой создания новых технических и организационных методов для её решения.



Рис. 1. Структура комплексной электромагнитной совместимости

Уровни электромагнитных полей на верхних палубах ОМИ достигают высоких значений, например, в диапазоне ВЧ достигают 100 В/м, в диапазоне СВЧ с учётом скважности импульсных сигналов уровни полей достигают 100 Вт/м². Это приводит к наводимым напряжениям на металлических конструкциях ОМИ до уровней 100 В. Таким образом, именно на ОМИ обеспечение ЭМБ является наиболее актуальной и острой проблемой. В соответствии с техническим регламентом «О безопасности объектов морского транспорта» (утв. постановлением Правительства РФ от 12 августа 2010 г. N 620) предусмотрены требования по обеспечению искробезопасности, взрывобезопасности, пожарной безопасности, а также безопасности излучений (электромагнитной безопасности) на объектах морского транспорта.

Интегральное электромагнитное поле, образующееся на ОМИ, является сложным пространственным, частотно-временным процессом, требующим детального исследования и описания. При этом ЭМО присущ зачастую вероятностный характер за счёт множества источников электромагнитных полей и меняющихся условий эксплуатации. Задача обеспечения ЭМБ на ОМИ напрямую зависит от качества оценки складывающейся на них ЭМО, поддающейся в той или иной мере прогнозированию.

В связи с принятием основополагающих законов, касающихся технического регулирования и комплексной электромагнитной совместимости (ЭМС) можно проблему обеспечения комплексной ЭМС представить в виде, отражённом на рис. 1.

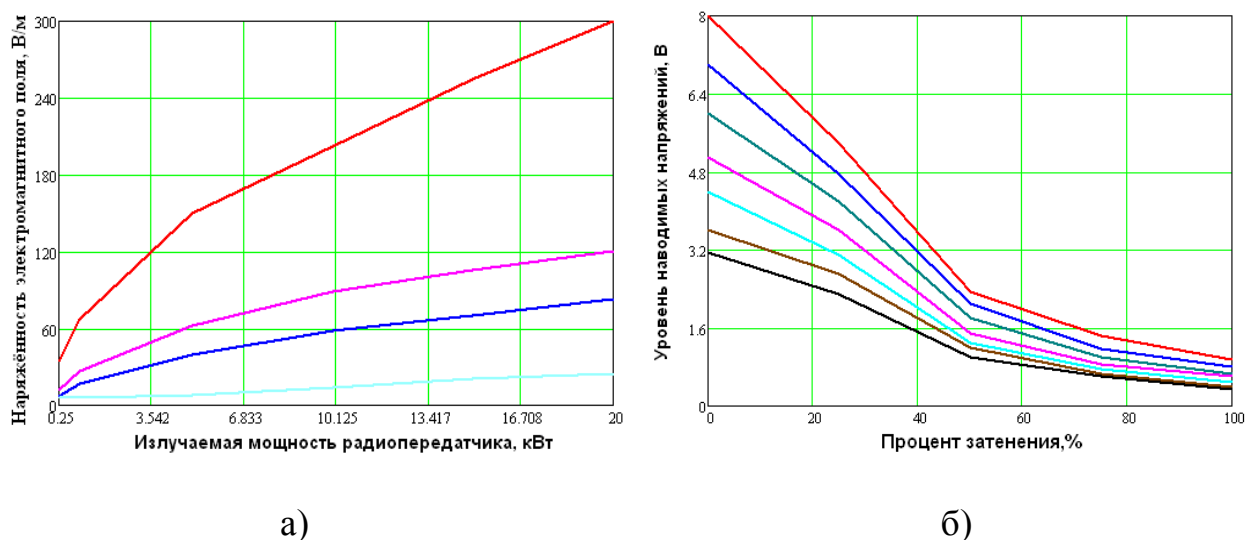


Рис. 2. Зависимость уровня электромагнитного поля от мощности радиопередающего устройства при различных расстояниях от излучающей антенны (а) и зависимость уровня наводимых напряжений от процента затенённости препятствиями между излучающей антенной и исследуемой контрольной точкой для различных значений мощности радиопередающего устройства (б)

В зарубежной практике применяют следующие устоявшиеся аббревиатуры в области электромагнитной безопасности: HERF (hazardous electromagnetic radiation to fuel) - опасное электромагнитное излучение по отношению к топливу; HERO (hazardous electromagnetic radiation to ordnance) - опасное электромагнитное излучение по отношению к оружию (потенциал для боеприпасов или взрывчатых веществ, активируемых электрическим способом, которым будут оказаны негативное влияние электромагнитным излучением); HERP (hazardous electromagnetic radiation to personnel) - опасное электромагнитное излучение по отношению к персоналу; HEMP (high-altitude electromagnetic pulse) - электромагнитный импульс большой энергии; HERE (hazards of electromagnetic radiation to equipment) - опасное электромагнитное излучение по отношению к оборудованию.

Возрастающие потенциальные риски на сложных технических ОМИ приводят к необходимости непрерывного сопровождения ОМИ на основных стадиях их жизненного цикла с точки зрения обеспечения ЭМБ при функционировании их радиотехнических систем. Такое сопровождение ОМИ от стадии аванпроекта до модернизации радиоэлектронного оборудования находящегося в эксплуатации ОМИ предполагает реализацию технологии обеспечения ЭМБ предполагающую несколько этапов и связывающую воедино процессы моделирования электромагнитных процессов; прогнозирования интегральной ЭМО; обоснование организационно-технических решений для обеспечения ЭМБ; проведение измерений и испытаний на ОМИ; уточнение принятых организационно-технических решений для обеспечения ЭМБ; уточнение применяемых моделей и расчётных методик прогнозирования ЭМО на основе полученных экспериментальных данных испытаний; сопровождение ОМИ на этапах его эксплуатации и выявление значимых дестабилизирующих факторов, влияющих на ЭМБ; контроль ЭМО при модернизации ОМИ.

Актуально создание доступной научно-технической инженерной методики по расчёту интегральной ЭМО и возможных наводимых напряжений на проводящих конструкциях при функционировании технических средств радиосвязного и радиолокационного профилей, расположенных на ОМИ, с целью обоснования технических решений по обеспечению ЭМБ. А также необходима её автоматизация для выполнения большого количества и с заданной

точностью трудоёмких расчётов различных вариантов размещения антенных устройств и анализ их зависимостей от различных параметров их эксплуатации.

На основе методики были рассчитаны графические зависимости уровня излучаемых электромагнитных полей и уровней наводимых напряжений на проводящих конструкциях от различных параметров (рис. 2).

В соответствии с сформированным алгоритмом был разработан программный комплекс расчётной оценки ЭМБ на ОМИ при функционировании технических средств радиосвязного и радиолокационного профилей.

В качестве примера расчёта с помощью разработанной программы был взят проект корабля, имеющего несколько радиосвязных и радиолокационных излучающих антенн. Контрольные точки, для которых проводилась оценка ЭМБ в отношении персонала, представлены красными флажками (рис. 3). В ходе проводимого расчёта строилась матрица рисков, представляющая собой оценку парного взаимодействия одного источника и одного рецептора электромагнитного поля и дающая парциальные вероятности возникновения рисков (рис. 4, б). Оценка рисков в указанных контрольных точках в отношении общего интегрального поля представлена на рис. 5.

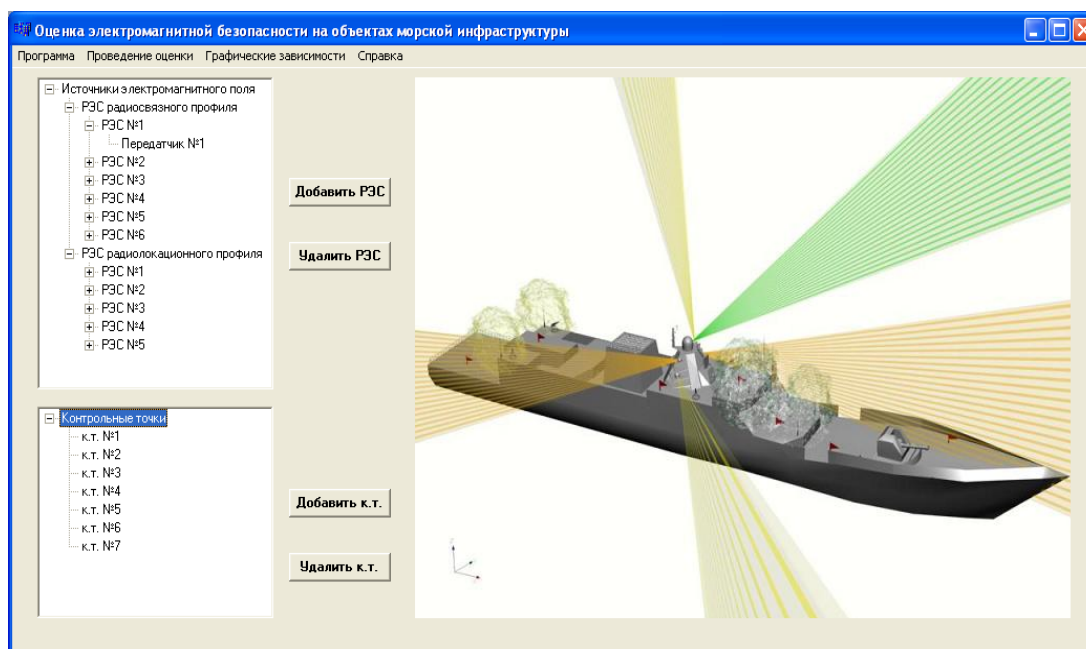


Рис. 3. Внешний вид программы задания функционирующих РЭС и контрольных точек на тестовой модели объекта морской инфраструктуры

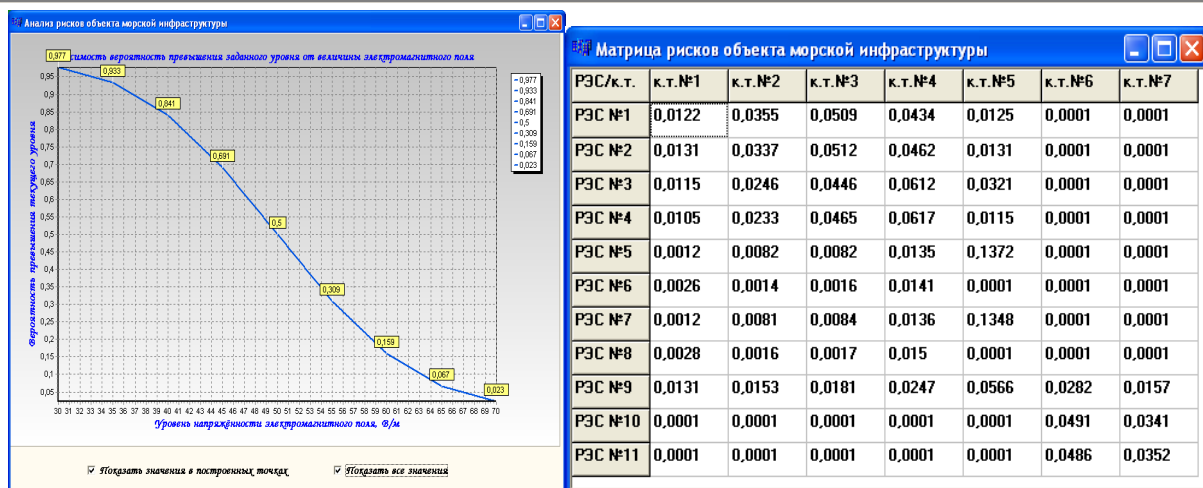


Рис. 4. Оценка рисков при нормальном законе распределения излучаемого электромагнитного поля (а) и результаты расчёта матрицы рисков для рассматриваемой модели взаимодействия на морском объекте (б)



Рис. 5. Оценка рисков в контрольных точках морского объекта при действии интегрального электромагнитного поля

Для реализации другого важного этапа технологии обеспечения ЭМБ на ОМИ был разработан и запатентован способ измерения параметров интегральных и парциальных электромагнитных полей в верхней полусфере ОМИ [1].

Литература

1. Патент РФ на изобретение RU 2481601 С1. СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВЕРХНЕЙ ПОЛУСФЕРЫ МОРСКОГО ОБЪЕКТА. Авторы: Клячко Лев Михайлович, Лазарев Дмитрий Владимирович, Седов Владимир Аркадьевич, Чуриков Алексей Юрьевич, Горчакова Евгения Александровна // Бюллетень изобретений № 13 от 10.05.2013 г., РОСПАТЕНТ.

Матвеев М.В., Кузнецов М.Б.

ООО «ЭЗОП -Электроэнергетика, Защита От Помех», г.Москва

Тел.: 8-499-613-33-18, факс: 8-499-613-33-18, E-mail: ezop@ezop.ru

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НТД, КАСАЮЩЕЙСЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Повсеместное внедрение микропроцессорной (МП) аппаратуры и, соответственно, необходимость решения проблем электромагнитной совместимости (ЭМС) МП аппаратуры требуют соответствующей поддержки в виде НТД, регламентирующей минимальные уровни помехоустойчивости МП аппаратуры, методы определения электромагнитной обстановки (ЭМО) и то, как решать проблемы ЭМС МП аппаратуры. В настоящем докладе мы стараемся дать краткий обзор НТД по ЭМС и ЭМО.

Обеспечение ЭМС МП аппаратуры сводится к двум основным направлениям:

1. МП аппаратура, устанавливаемая на том или ином объекте, должна иметь определённый уровень помехоустойчивости к различного рода электромагнитным помехам.
2. Электромагнитная обстановка на объекте (т.е. совокупность уровней электромагнитных помех) также должна быть соответствующей, т.е. не превышать уровни устойчивости МП аппаратуры.

Обеспечение ЭМС сводится к тому, чтобы, с одной стороны, поднять уровень помехоустойчивости аппаратуры, а с другой – снизить уровни помех.

Для того чтобы понять, какие помехи представляют опасность для МП аппаратуры на конкретном объекте, и как именно уровни этих помех снизить, необходимо определение ЭМО на конкретном объекте. А после определения ЭМО потребуются проектные решения, направленные на улучшение ЭМО и, в результате, к решению проблемы электромагнитной совместимости.

Таким образом, все нормативные документы, относящиеся к проблеме ЭМС можно условно разделить на три основных группы:

1. Документы, нормирующие уровни помехоустойчивости МП аппаратуры, методы её испытаний, нормы на помехоэмиссию.
2. Документы, определяющие какими методами определять ЭМО на том или ином объекте.
3. Документы, регламентирующие способы улучшения ЭМО при заданном уровне помехоустойчивости МП аппаратуры на существующих и проектируемых объектах.

Практически все ГОСТы, касающиеся вопросов ЭМС, являются копиями документов международной электротехнической комиссии (МЭК). Это является как достоинством, так и недостатком указанных ГОСТов. С одной стороны, документы достаточно подробно регламентируют отдельные вопросы ЭМС, а с другой стороны – они не адаптированы к современным российским условиям. Кроме того, неточный перевод в отдельных случаях приводит к парадоксальным рекомендациям.

Большинство документов серии ГОСТ Р 51317 и некоторые другие ГОСТы описывает требования и методы испытаний технических средств, на помехоустойчивость к различного рода электромагнитным помехам. Например, к микросекундным импульсным помехам (возникающим при молниевых разрядах), колебательным затухающим помехам (возникающим при переключениях в электрических сетях до и выше 1 кВ, а также при КЗ), и многим другим видам помех. Эти ГОСТы регламентируют то, как испытывать технические средства и приводят градацию уровней помех для различных уровней помехоустойчивости. При этом отдельно следует выделить документы серии ГОСТ Р 51317-6.X. В этих документах сводятся воедино требования к минимальным уровням помехоустойчивости МП аппаратуры, размещаемой на различного рода объектах, а также приводятся нормы на помехоэмиссию тех-

нических средств. Так, ГОСТ Р 51317-6.5 даёт требования к уровням помехоустойчивости МП аппаратуры, размещаемой на электрических станциях и подстанциях, а ГОСТ Р 51317-6.1 – те же требования для аппаратуры, размещаемой в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением, а ГОСТ Р 51317-6.2 – в промышленных зонах. Однако на практике оказывается, что эти ГОСТы имеют множество ошибок и недоработок, некоторые из которых могут приводить даже к авариям (см. 1, 2).

На примере ГОСТ Р 51317-6.5 покажем какие недостатки свойственны всей системе ГОСТ относящейся к ЭМС. Например, из рассмотрения ГОСТ Р 51317-6.5 выпадают такие виды электромагнитных помех, как импульсные магнитные поля (ИМП, см. ГОСТ Р 50649-94), которые возникают при ударах молнии или колебательные затухающие магнитные поля (КЗМП, см. ГОСТ Р 50652-94), которые возникают при переключениях в сетях выше 1 кВ. Таким образом, ГОСТ на то, **как именно испытывать** аппаратуру на устойчивость, например, к КЗМП есть, а ГОСТа, **требующего испытать** на помехоустойчивость аппаратуру размещаемую на том или ином объекте – нет. При этом воздействие КЗМП неоднократно приводило к нежелательным последствиям, таким как ложное срабатывание пожарной сигнализации и, соответственно, системы пожаротушения на объектах электроэнергетики.

В ГОСТ Р 51317-6.5-2006, требования к помехоустойчивости при воздействии магнитных полей промышленной частоты (МППЧ) оказались слишком размыты. Например, с одной стороны ГОСТ требует помехоустойчивость на уровне 5-й степени жёсткости (1000 А/м для кратковременных полей и 100 А/м для постоянно действующих), а с другой стороны – указывает, что это требование «применяют для технических средств (ТС), содержащих устройства, чувствительные к магнитным полям, например, элементы Холла, датчики магнитного поля и т.д.». Таким образом, здесь появляется некая необязательность и необоснованная свобода в истолковании требований, чего в НТД быть не должно. Также стоит отметить, что само требование помехоустойчивости на уровне 5-й степени может быть завышенным в одном случае (здание РЩ на ПС 110 кВ и выше) и недостаточным в другом (релейный отсек ячеек ЗРУ 6-35 кВ) даже при рассмотрении только объектов электроэнергетики. Аналогичные недостатки и несоответствия можно обнаружить в большинстве других ГОСТ, касающихся ЭМС.

Не лучше дела обстоят и с НТД, регламентирующими, как именно определять ЭМО на объектах. Во-первых, документы по определению ЭМО были выпущены только для определённых отраслей – для объектов ФСК ЕЭС и объектов ОАО «Газпром». При этом, например, даже для объектов электроэнергетики, не относящихся к ФСК ЕЭС (например, для генерирующих объектов или для ПС 110 кВ и ниже не относящихся к ФСК или МРСК) таких документов нет. Во-вторых, эти документы зачастую противоречат друг другу не только для разных отраслей промышленности, но и в рамках одной отрасли, например, СТО-56947007-29.240.044-2010 противоречит СТО 56947007-29.130.15.105-2011 и СТО 56947007-29.130.15.114-2012 (см. 3). В документах ОАО «Газпром» и ФСК ЕЭС отличаются порой не только методы обследования ЭМО, но даже и терминология. Зачастую НТД противоречат даже ПУЭ (см. 3). Всё это приводит к существенно различным методам и критериям определения ЭМО, и, к недооценке опасности (что может стать причиной аварии), либо к переоценке опасности (что может оказаться причиной значительной необоснованной тратой средств).

Документы, регламентирующие то, как именно обеспечивать ЭМС на тех или иных объектах для различных отраслей также различны. Такие документы есть в электроэнергетике (СТО-56947007-29.240.044-2010) и в газовой отрасли (СТО Газпром 2-1.11-290-2009). ОАО «АК «Транснефть» выпустила несколько документов по обеспечению ЭМС отдельных типов объектов. Есть отдельные документы по обеспечению ЭМС и в ОАО «РЖД». И хотя, возможно, применение разных способов обеспечения ЭМС в разных отраслях логично по причине очевидных особенностей разных типов объектов, однако эти документы отличаются иногда даже базовыми принципами. Например, такой широко обсуждаемый вопрос как «заземлять ли с обеих сторон экран кабеля?» в каждой отрасли понимается по-разному. Так

НТД ОАО «ФСК ЕЭС» теперь требует заземлять экраны кабелей с двух сторон, НТД ОАО «Газпром» рекомендует выполнять заземление с одной стороны, а в НТД ОАО «АК Транснефть», имеются как указания о заземлении экранов кабелей с двух сторон, так и указания на отсутствие такого заземления с обеих сторон. В результате поставщики аппаратуры будут вынуждены для каждого типа объекта выполнять отдельные проекты по обеспечению ЭМС аппаратуры, причём не всегда оптимальные по цене.

Здесь необходимо отметить и то, что крайне необходимый для обеспечения ЭМС стандарт по молниезащите, единый для всех объектов и отраслей отсутствует (см. 4). Вышедший в прошлом году ГОСТ Р 62305-1 и ГОСТ Р 62305-2 по молниезащите, являясь необходимым и полезным документом не даёт, тем не менее, чёткого и однозначного указания: как именно строить зоны молниезащиты. В ГОСТ приводятся два метода, и выбор одного из них предоставляется, по большому счёту проектировщикам. При этом указанные методы отличаются от уже используемых методов в энергетике и нефтегазовой отрасли.

Таким образом, мы видим, что на сегодняшний день, существует множество НТД как общего действия, так и распространяющиеся на различные отрасли промышленности. Эти документы несовершенны, противоречат друг другу, не всегда позволяют выполнить мероприятия по обеспечению ЭМС с минимальными затратами. Для решения проблем, существующих в области НТД по ЭМС, предлагается выполнение следующих работ.

1. Необходимо проведение корректировки документов, нормирующих уровни помехоустойчивости аппаратуры, устанавливаемой на различных типах объектов в зависимости от типа объекта.
2. Необходима унификация НТД различных отраслей, регламентирующих методы определения ЭМО на объектах, либо выпуск единого документа, учитывающего особенности определения ЭМО.
3. Необходим выпуск единого документа, устанавливающего общие принципы обеспечения ЭМС на различных объектах. После этого – необходимо приведения отраслевых документов по обеспечению ЭМС к единым требованиям и принципам, сформулированным в едином документе.

Литература

1. М.Матвеев, Электромагнитная совместимость. Современное состояние НТД, [Текст] / М.Матвеев, М.Кузнецов, // Новости электротехники. – 2008 – №4. – С.48– 52.
2. М.Матвеев, Проблема: ЭМС систем пожарной автоматики. [Текст] / М.Матвеев, М.Кузнецов, Н.Власов // Новости электротехники. – 2012 – №1. – С.52– 53.
3. М.Матвеев, Новые стандарты ФСК по заземляющим устройствам ПС 6–750 кВ. Неточности и противоречия. [Текст] / М.Матвеев, М.Кузнецов, В.Березовский //Новости электротехники. – 2012 – №4. – С.50– 54.
4. М.Матвеев, Инструкция по устройству молниезащиты добавила проблем проектировщикам. [Текст] / М.Матвеев, М.Кузнецов, С Носков // Новости электротехники. – 2008 – №5. – С.116– 120.

Сарылов В.Н., Сарылов О.В.
ОАО «ВНИИАЭС», ФГУП «ВНИИА»
Тел.: 8-915-411-88-13, E-mail: sarylov@vniiaes-asutp.ru

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТР ТС 020/2011, ЗАКОНОВ РФ И СТАНДАРТОВ ПРИ ПОДТВЕРЖДЕНИИ СООТВЕТСТВИЯ ТС ОИАЭ ТРЕБОВАНИЯМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

К объектам использования атомной энергии (далее: ОИАЭ) относятся атомные станции (далее: АЭС), плавучие атомные станции, ядерные энергетические установки судов, объекты ядерного топливного цикла, ядерные установки промышленного назначения, исследовательские ядерные установки, радиоизотопные объекты. Технические средства ОИАЭ в зависимости от назначения и влияния на безопасность относятся к системам нормальной эксплуатации (далее: ТС СНЭ), системам важным для безопасности (далее: ТС СВБ), системам безопасности (далее: ТС СБ).

В качестве ТС СНЭ может использоваться общепромышленное оборудование, предназначенное как для самостоятельного применения, так и для комплектации СВБ и СБ в соответствии с НП-071-06 – федеральными нормами и правилами (далее: ФНП) в области использования атомной энергии.

Нарушения нормального функционирования ТС, СВБ и СБ в условиях эксплуатации при возникновении электромагнитных помех на ОИАЭ могут приводить к несанкционированным остановам энергоблоков АЭС или самопроизвольным («самоходы») извлечениям поглотителей нейтронов из активной зоны ядерных реакторов (инцидентам), что снижает эксплуатационную устойчивость энергоблоков и приводит к нарушениям условий безопасной эксплуатации ядерноопасных объектов.

Федеральный закон об использовании атомной энергии (далее: ФЗ-170) устанавливает требования к ФНП, в соответствии с которыми к ТС более высокого класса безопасности (например, СВБ и СБ) устанавливаются более высокие требования, в том числе по ЭМС, нежели к ТС более низкого класса безопасности (например, ТС СНЭ).

Федеральный закон о техническом регулировании (далее: ФЗ-184) и выпущенное на его основе постановление Правительства РФ от 01.03.2013г. (далее: ПП-173) устанавливают положение об особенностях стандартизации в области использования атомной энергии, в соответствии с которыми не допускаются противоречия документов по стандартизации требованиям ФНП ОИАЭ, устанавливаются требования обеспечения необходимого уровня безопасности и требования гармонизации с международными стандартами.

Технический регламент Таможенного союза, хотя и не содержит в своем перечне продукции для ОИАЭ, но в соответствии с п.5 Ст.7 устанавливает положение о возможности подтверждения соответствия продукции, не включенной в перечень, в форме сертификации – по решению изготовителя (импортера). Поэтому положения ТР ТС 020/2011 совместно с положениями ПП-173 об особенностях стандартизации в ОИАЭ могут использоваться в целях подтверждения соответствия требованиям ЭМС (например, ТС СНЭ).

В настоящее время как зарубежные, так и российские фирмы поставляют ТС СНЭ, СВБ, СБ как на российские, так и на зарубежные АЭС. Различные фирмы при оценке соответствия используют как общие международные и национальные стандарты (не учитывающие требований ФНП), так и стандарты на продукцию для ОИАЭ (учитывающие и не учитывающие требования ФНП).

Зарубежные фирмы при поставке ТС на ОИАЭ используют общий стандарт МЭК 61000-6-2 или основанные на его требованиях национальные стандарты, требования по ЭМС, в которых установлены фиксированно вне зависимости от условий эксплуатации и от назначения и влияния ТС на безопасность ОИАЭ, перечень которых не охватывает номенк-

латору типовых видов помех на ОИАЭ, а критерии качества функционирования для большинства видов воздействий допускают сбои и отказы (В и С).

Опыт применения ТС на АЭС с подтверждением соответствия по МЭК 61000-6-2, который не учитывает требований ФНП, показывает, что он не применим для подтверждения соответствия ТС СВБ и СБ ОИАЭ и может быть использован только для подтверждения соответствия общепромышленного оборудования, не предназначенного для комплектации СВБ и СБ.

Некоторые фирмы используют для подтверждения соответствия ТС СНЭ, СВБ и СБ международный стандарт на продукцию для АЭС МЭК 62003:2009, который не учитывает требований ФНП в части назначения и влияния на безопасность ОИАЭ, но в отличие от МЭК 61000-6-2 предусматривает оценку соответствия в зависимости от условий эксплуатации (степени жесткости ЭМО) при критерии качества функционирования А.

Однако для всех категорий безопасности ТС ОИАЭ для одинаковых условий эксплуатации (например, в одном и том же помещении) в МЭК 62003 установлены одни и те же требования по ЭМС. Существенный недостаток МЭК 62003 – при возникновении помех установленного и одинакового для СНЭ, СВБ, СБ значения (например, по одной и той же сети питания) возможно одновременное нарушение функционирования СНЭ, СВБ, СБ с остановом или с разгрузкой энергоблока АЭС или с нарушением условий безопасной эксплуатации ядерной установки. В связи с тем, что запас по устойчивости СВБ и СБ к помехам отсутствует, возможен одновременный отказ СНЭ, СВБ и СБ «по общей причине» в нарушение требований ФНП (п.4.1.6 ОПБ-88/97).

Стандарт МЭК 62003:2009 не рекомендуется для подтверждения соответствия СВБ и СБ и может быть использован для оценки соответствия общепромышленного оборудования, предназначенного для комплектации СВБ и СБ ОИАЭ на основании положений ФНП (НП-071-06).

Поставка продукции на ОИАЭ возможна при соблюдении условий действия лицензий регулирующего органа (Ростехнадзор), в соответствии с которым целью является обеспечение устойчивого и безопасного функционирования СВБ и СБ в условиях электромагнитных воздействий природного и техногенного происхождения.

Программа эксплуатирующей организации («Концерн Росэнергоатом») по повышению помехозащищенности СВБ и СБ предусматривает комплекс работ по испытаниям помехоустойчивости, обследованиям электромагнитной обстановки, оценке запасов по помехоустойчивости и подтверждению соответствия на этапах жизненного цикла при:

- разработке и изготовлении ТС, ПТС, ПТК;
- модернизации в объеме продления сроков эксплуатации;
- вводе энергоблоков АЭС в эксплуатацию;
- сооружении энергоблоков АЭС;
- сертификации, в том числе по месту эксплуатации;
- расследовании инцидентов на ОИАЭ.

На основании изложенного потребовалось создание нормативного документа национального стандарта на продукцию для ОИАЭ ГОСТ Р 50746-2013, модифицированного по отношению к упомянутому выше международному стандарту МЭК 62003:2009 на продукцию для АЭС с целью использования его при испытаниях и подтверждения соответствия требованиям ЭМС в зависимости от назначения, влияния ТС на безопасность ОИАЭ и от условий их эксплуатации на ОИАЭ (степень жесткости ЭМО).

При разработке ГОСТ Р 50746-2013 учтены положения **ФЗ-170**:

Ст.2 – в части обеспечения требований безопасности;

Ст.3 – в части области применения;

Ст.6 – в части требований категоризации по классам безопасности, регламентируемых ФНП;

Ст.30 – в части обследования ЭМО по требованиям НП-064-05;

Ст.20 и Ст.37 – в части сертификации и оценке соответствия.

ФЗ-184 и постановления Правительства РФ от 01.03.2013, № 173 – в части установления особенностей стандартизации в ОИАЭ.

ТР ТС 020/2011:

- в части пассивных, в отношении ЭМС, ТС;
- в части оценки соответствия общепромышленного оборудования;
- в части требований к ЭД;
- в части использования схем подтверждения соответствия.

Сравнение требований ЭМС, установленных МЭК 61000-6-2, МЭК 62003 и ГОСТ Р 50746 для СНЭ, СВБ и СБ, используемых в ЭМО средней жесткости с учетом и без учета постановления № 173

Виды воздействий по базовым МЭК 61000-	СНЭ			СВБ			СБ		
	МЭК 61000-6-2	МЭК 62003	ГОСТ Р 50746	МЭК 61000-6-2	МЭК 62003	ГОСТ Р 50746	МЭК 61000-6-2	МЭК 62003	ГОСТ Р 50746
Микросекундные импульсные помехи, 4-5:									
- провод – провод	± 1 кВ/В	± 0,5 кВ/А	± 0,5 кВ/А	± 1 кВ/В	± 0,5 кВ/А	± 1 кВ/А	± 1 кВ/В	± 0,5 кВ/А	± 2 кВ/А
- провод –«земля»	± 2 кВ/В	± 1 кВ/А	± 1 кВ/А	± 2 кВ/В	± 1 кВ/А	± 2 кВ/А	± 2 кВ/В	± 1 кВ/А	± 4 кВ/А
Динамические изменения напряжения питания, 4-11:									
- провалы на 30%	0,6 с/С	500 мс/А	500 мс/А	0,6 с/С	500 мс/А	1 с/А	0,6 с/С	500 мс/А	2 с/А
- прерывания на 100%	20 мс/В	5 с/А	50 мс/А	20 мс/В	5 с/А	100 мс/А	20 мс/В	5 с/А	200 мс/А
- выбросы на 20%	–	500 мс/А	500 мс/А	–	500 мс/А	1 с/А	–	500 мс/А	2 с/А
Наносекундные импульсные помехи по сети питания, 4-4:									
-переменного тока	± 2 кВ/В	± 1 кВ/А	± 1 кВ/А	± 2 кВ/В	± 1 кВ/А	± 2 кВ/А	± 2 кВ/В	± 1 кВ/А	± 4 кВ/А
- постоянного тока	± 2 кВ/В	± 0,5 кВ/А	± 0,5 кВ/А	± 2 кВ/В	± 0,5 кВ/А	± 1 кВ/А	± 2 кВ/В	± 0,5 кВ/А	± 2 кВ/А
- линии ввода/вывода	± 1 кВ/В	± 0,5 кВ/А	± 0,5 кВ/А	± 1 кВ/В	± 0,5 кВ/А	± 1 кВ/А	± 1 кВ/В	± 0,5 кВ/А	± 2 кВ/А
Электростатические разряды, 4-2:									
- контактные	± 4 кВ/В	± 4 кВ/А	± 4 кВ/А	± 4 кВ/В	± 4 кВ/А	± 6 кВ/А	± 4 кВ/В	± 4 кВ/А	± 8 кВ/А
- воздушные	± 8 кВ/В	± 4 кВ/А	± 4 кВ/А	± 8 кВ/В	± 4 кВ/А	± 8 кВ/А	± 8 кВ/В	± 4 кВ/А	± 15 кВ/А

В ГОСТ Р 50746-2013 для различных категорий безопасности ТС ОИАЭ для одинаковых условий эксплуатации назначаются различные требования по устойчивости к помехам. В соответствии с п.2.10 ОПБ-88/97 для ТС более высокого класса безопасности (например, СБ) назначаются более высокие требования, чем, например, для СВБ, при эксплуатации в одинаковых условиях (ЭМО) в отличие от МЭК 62003:2009. В отличие от МЭК 62003:2009 имеется запас СВБ и СБ по устойчивости к помехам, нормируемым для СНЭ, чем исключается одновременный отказ СНЭ, СВБ и СБ «по общей причине» во исполнение требований п.4.1.6 ОПБ-88/97.

Национальный стандарт ГОСТ Р 50746-2013, модифицированный по отношению к международному стандарту МЭК 62003:2009, при введении в ранг межгосударственного на основании международных договоров о сооружении АЭС с поставкой ТС СНЭ, СВБ и СБ на АЭС, может быть использован в целях применения единых принципов и правил технического регулирования на единой таможенной территории Таможенного союза с учетом особенностей стандартизации продукции (работ, услуг), для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии.

Смирнов Ю.Н.

ФБУ «КВФ «Интерстандарт», г.Москва

Тел.: 8 (495) 437-9906, Факс: 8 (495) 437-9906, E-mail: scemc@dol.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ» И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

В докладе рассматриваются особенности применения методов испытаний на соответствие требованиям технического регламента Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств», в том числе:

- несоответствие нормативных документов на методы испытаний, указанные в стандартах, содержащих требования и в перечне рекомендованных методов к ТР ТС;
- необходимость учета различий между ГОСТ Р, ГОСТ и СТБ;
- отличия от международной (европейской) практики.

Актуальные проблемы метрологического обеспечения испытаний на соответствие требованиям ЭМС:

- несоответствие методик поверки и калибровки, применяемых на практике и требованиями стандартов;
- дополнительная погрешность;
- наличие и уровень рабочих эталонов;
- возможность и необходимость замены поверки на калибровку.

Рассматриваются отличия установившейся практики проведения испытаний в России и в ЕС, уровень достоверности проведения испытаний и признание результатов за рубежом.

Приведены результаты анализ практики подтверждения соответствия требованиям ЭМС продукции российских производителей, экспортируемой в страны ЕС, в соответствии с требованиями международных и европейских стандартов

Тяпкин Л.Н., Черкасов А.И.
ОАО «Концерн «Вега», г. Москва
Тел: 8-499-249-18-24 , Факс: 8-495-933-15-63;
E-mail: mail@vega.su (Для Тяпкина)

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ И СЛОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ВНУТРИФЮЗЕЛЯЖНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ КРУПНЫХ БОРТОВЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Рассматриваются проблемы оценки электромагнитной совместимости (ЭМС) крупных бортовых радиоэлектронных комплексов (БРЭК) и предлагается методика расчета требований к ЭМС отдельных подсистем и блоков. Вычисляются коэффициенты ужесточения требований по ЭМС к отдельным конструктивным самостоятельным единицам на примере БРЭК, разрабатываемых в ОАО «Концерн «Вега»». Расчеты проводятся для когерентных и некогерентных широкополосных помех. Анализируются более расширенные требования к параметрам ЭМС вновь выпущенных ГОСТов.

На основании требований отечественных ГОСТов составлен перечень основных измеряемых параметров ЭМС для БРЭК.

Баранов И.Л., Чемборисова Ш.Н.
НИУ МЭИ, г.Москва
e-mail: BaranovIL@mail.ru

О ПОРЯДКЕ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УЗЛАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Действующие в настоящее время нормы качества электрической энергии (КЭ) [1] и [2] уточняются стандартами [3] и [4], содержащими рекомендации по контролю отдельных показателей качества электроэнергии (ПКЭ) и требования к средствам измерений в пунктах контроля КЭ. В стандартах указаны точки, в которых наиболее целесообразно проведение контроля КЭ, однако отсутствует методика комплексного выбора пунктов контроля КЭ по совокупности требуемых показателей. В работе [5] описана идея оригинального подхода к выбору пунктов контроля КЭ с учетом нескольких гармонических составляющих напряжения, однако не содержится самой методики принятия решения на основе такого подхода.

В работе предлагается формализованная методика расстановки средств измерений (далее – СИ) диагностического контроля ПКЭ, которая вырабатывает рекомендации на основании различных исходных данных – обобщенных параметров схемы замещения сети и её нагрузок и статистических данных о качестве электроэнергии в заданной ЭЭС.

Использование подобной методики расстановки СИ ПКЭ возможно в составе соответствующей системы автоматизированного проектирования, применение которой позволит не только удешевить и ускорить процесс проектирования измерительной системы контроля КЭ, но и обеспечить системный подход к расстановке СИ. Кроме того, методика полезна при организации испытаний качества электроэнергии внутри обширной части электрической сети, для организации измерений в которой необходимо понимание её структуры и выявление таких мест электрической сети, искажения в которых будут максимальными или минимальными[6].

В общем виде задача выбора состава контролируемых узлов из множества узлов D рассматриваемой сети состоит в определении показателя предпочтительности размещения СИ в i -м узле Ψ_i :

$$\Psi_i = \text{rang}(J_i(\mathbf{F}_i)) \quad (1)$$

где X_i – вектор исходных данных по $i = 1 \dots m$ влияющих параметрам (ПКЭ).

Функция предпочтительности установки СИ в i -м узле $J_i(X_i)$ оценивается функциями f_i , характеризующими каждый узел по рассматриваемым влияющим факторам. Приоритетными для контроля КЭ принимаются узлы с максимальной величиной оценки. Использование метода линейной свертки позволяет заменить вектор $\mathbf{F}_i = (f_{1i}, \dots, f_{mi})$ на скаляр путем объединения всех частных целевых функционалов f_1, \dots, f_m в один:

$$J_i(x) = \sum_{j=1}^m \alpha_j f_j(x_j^i) \rightarrow \max_{i \in D}; \quad (2)$$

где α_j – весовой коэффициент j -го показателя. При равенстве весовых коэффициентов $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m$ уравнение (2) упрощается:

$$J_i(x) = \sum_{j=1}^m f_j(x_j^i) \rightarrow \max_{i \in D}. \quad (3)$$

Функция $f_j(x_j^i)$ также в свою очередь показывает степень предпочтительности каждого из альтернативных вариантов и определяется для всех показателей x_i :

$$f_j(x_j^i) = \text{rang}(x_j^i) \quad (4)$$

$i \in D$

В роли функционала f_i могут выступать различные параметры – степень сенсорности узла s_i , мощность короткого замыкания в узле, статистические переменные, либо переменные, найденные на основе чувствительности узла с учетом коэффициентов искажающей нагрузки. Весовые коэффициенты удовлетворяют условиям

$$\alpha_i > 0, \beta_i > 0, \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1 \quad (6)$$

Переменная x_j^i ($X_i = (x_1^i, \dots, x_m^i)$) характеризует величину искажений в i -м узле и принимается в зависимости от имеющихся данных об ЭЭС и её режимах. Наиболее грубый подход базируется на переменных чувствительности узлов ЭЭС. Так в рассмотренном далее случае в роли переменных $X = \{s^i; s^{i(k)}\}$ приняты степень чувствительности на основной частоте и ряде высших гармонических составляющих ($k=5,7,11,13$) (см. Ранг1 Табл.1). При необходимости гармонический ряд может быть расширен.

Уточнение методики на основании чувствительности узлов реализуется введением поправочных коэффициентов на искажающую нагрузку в узлах β_j^i (Ранг 2). В этом случае переменные формулируются как:

$$x_j^i = \beta_j^i s_j^i, j=1...m \quad (5)$$

где m – число влияющих (учитываемых) ПКЭ.

При управлении режимом ЭЭС наибольшее внимание, как правило, уделяется контролю установившегося отклонения напряжения и колебаний напряжения основной частоты. Поэтому для локализации СИ с учетом приоритетности нескольких параметров из общего ряда целесообразным является введение весовых коэффициентов α_i (см. уравнение (2)). Результаты использования такого подхода к расстановке СИ представлены в графе Ранг 3 Таблицы 1. В роли критериев $f_i(x)$ по-прежнему приняты показатели чувствительности узлов s_i и $s_i^{(k)}$ с учетом коэффициентов β_i .

В качестве объекта исследования принят фрагмент ОЭС Сибири – электрическая сеть 220 кВ, показанная на рис.1. Номера, находящиеся в окружностях, соответствуют узлам, которые рассматриваются далее в таблицах.

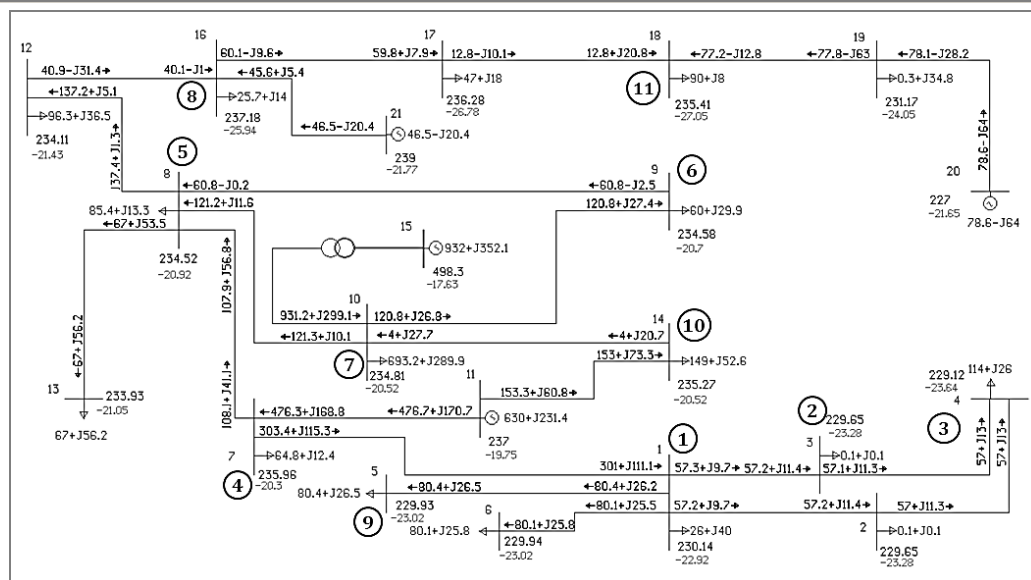


Рис. 1. Схема рассматриваемого фрагмента ЭЭС Сибири.

Таблица 1. Ранжирование узлов на основании аналитических данных.

№	S_i $\cdot 10^{-1}$	$S_i^{(5)}$, мкСм	$S_i^{(7)}$, мкСм	$S_i^{(11)}$, мкСм	$S_i^{(13)}$, мкСм	Итог 1.	Ранг 1	Итог 2	Ранг 2	Итог 3	Ранг 3
1	0,043	8,153	11,414	17,937	21,198	30	6	37	4	8,5	3
2	0,063	1,987	2,782	4,371	5,166	20	9	22	7	2,2	10
3	0,070	1,987	2,782	4,371	5,166	21	8	48	2	7	4
4	0,004	15,04	21,052	33,081	39,096	37	3	7	11	4,05	9
5	0,011	13,61	19,048	29,932	35,374	35	4	13	10	5,45	6
6	0,012	1,644	2,302	3,617	4,274	12	10	18	9	5,2	7
7	0,008	5,802	8,123	12,764	15,085	22	7	37	4	1,9	11
8	0,140	36,24	50,736	79,728	94,224	50	2	42	3	10	2
9	0,048	0,206	0,288	0,452	0,534	11	11	19	8	5,8	5
10	0,012	11,03	15,435	24,255	28,665	32	5	28	6	4,7	8
11	0,160	39,18	54,845	86,185	101,86	55	1	55	1	11	1

В табл. 2 показаны результаты аналогичных методик ранжирования, и здесь в качестве переменных принимаются дисперсия напряжения основной частоты в узле $\sigma(\Delta U_i)$ и математическое ожидание коэффициентов 5,7,11 и 13 гармонических составляющих:

$$X_i = \{ \sigma(\Delta U_i); M(K_{u5i}); M(K_{u7i}); M(K_{u11i}); M(K_{u13i}) \}. \quad (5)$$

Ранг 4 не учитывает весовых коэффициентов α_i приоритетности учета ПКЭ, Ранг 5 - учитывает их такими же, как и при определении в графе Ранг 2.

Нумерация узлов в табл. 1 и 2 идентична. Полученные числовые данные позволяют утверждать, что приближенный подход, основанный на определении чувствительности по схеме замещения и информации о составе искажающей нагрузки, позволяет без проведения измерений делать выводы о порядке расстановки СИ для контроля ПКЭ.

Таблица 2. Ранжирование узлов на основании статистических данных.

№	$\sigma(\Delta U_i)$, %	$M(K_{u5i})$, %	$M(K_{u7i})$, %	$M(K_{u11i})$, %	$M(K_{u13i})$, %	Итог 4	Ранг 4	Итог 5	Ранг 5
1	0,9548	0,8530	0,4678	1,2485	0,4184	31	5	8,3	3
2	0,4815	1,0911	0,8480	1,0080	0,3152	26	7	2,8	10
3	0,9084	0,9226	0,5283	1,3294	0,5523	37	2	7,85	4
4	0,5804	0,6992	0,2548	1,4066	0,5214	21	11	3,3	9
5	0,7806	1,0934	0,3314	1,1821	0,3123	23	10	5,65	6
6	0,8186	1,1040	0,3233	0,8021	0,3264	24	8	6,45	5
7	0,4592	1,0579	0,3562	2,5427	1,2199	36	3	2,55	11
8	1,0147	0,5518	0,4198	1,8054	0,4531	34	4	9,2	2
9	0,7434	0,8115	0,3988	1,2228	0,4336	24	8	4,95	7
10	0,6278	0,7807	0,3344	1,5937	0,7603	30	6	4,5	8
11	1,2261	1,0510	0,5287	1,3510	0,7596	44	1	10,45	1

Выводы.

1. Выбор пунктов контроля качества электроэнергии на основе ранжированных списков чувствительности узлов ЭЭС дает лишь приближенную оценку качества электроэнергии в них, и этой информации недостаточно для верного принятия решения по установке СИ ПКЭ;
2. При уточнении методики, основанной на сенсорности узлов, с помощью присоединенной в узлах искажающей нагрузки получен порядок расстановки СИ, который практически идентичен полученному на основании статистических данных по исследуемой сети.

Литература:

1. ГОСТ Р 54149-2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2012.
2. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Минск: ИПК "Изд-во стандартов", 1998.
3. ГОСТ Р 51317.4.30-2008 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерения показателей качества электрической энергии. – М.: Стандартинформ, 2009.
4. ГОСТ Р 53333-2008 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2009.
5. Локализация контрольных точек для измерения показателей качества электрической энергии/ Гамм А.З., Голуб И.И., Ткачев А.А. // Электричество, №10, 2000, С. 31-35.
6. Определение чувствительных узлов на основной частоте и высших гармониках/ Баранов И.Л., Чемборисова Н.Ш. // Электричество, №8, 2013.

Вишневский А.М., Свядощ Е.А., Блинков П.В.,
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
г. Санкт-Петербург
Тел.: (812) 415-46-78, Факс: (812) 415-45-90, E-mail: e.v.sviadosch@gmail.com

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СТАЦИОНАРНЫХ И ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) в соответствии с Законом РФ о техническом регулировании относятся к основным факторам обеспечения безопасности. Технический регламент ЕврАзС «Электромагнитная совместимость технических средств» относится к отдельным техническим средствам и практически не охватывает стационарные и подвижные объекты. Обеспечение ЭМС стационарных и подвижных объектов является сложной проблемой и требует специального рассмотрения, разработки концепции, методов и средств ее решения.

Особенности формирования электромагнитной помеховой обстановки современных стационарных и подвижных объектов, обуславливаются:

- - высокой электроэнергонасыщенностью стационарных и подвижных объектов;
- - широким использованием высоковольтного оборудования, приводящего к значительному изменению параметров электромагнитной помеховой обстановки по сравнению с традиционной системой электрооборудования (380/220В).
- - нелинейными и нестационарными режимами работы оборудования, приводящими к ухудшению электромагнитной обстановки (ЭМО), резким повышением уровня электромагнитных помех и расширением их частотного диапазона.

Решение проблемы ЭМС стационарных и подвижных объектов осложняется тем, что на них одновременно применяется оборудование отечественного и зарубежного производства, к которому предъявляются различные требования по параметрам ЭМС в соответствии с требованиями отечественных и зарубежных стандартов.

Для современных стационарных и подвижных объектов характерен переход к сплошной автоматизации, массовому применению практически во всех системах высокочувствительной цифровой и микропроцессорной техники. При этом значительная часть электронной аппаратуры поставляется иностранными фирмами.

В существующих стандартах требования по ЭМС предъявляются только к отдельным блокам оборудования. Испытания по параметрам ЭМС проводятся только для отдельных блоков оборудования (с заменой реальных кабелей электрическими эквивалентами).

Совокупность перечисленных факторов существенно осложняет решение проблемы обеспечения ЭМС для стационарных и подвижных объектов.

Традиционный путь решения проблемы ЭМС заключается в предъявлении требований по параметрам ЭМС (снижение помехоактивности и повышение помехоустойчивости) ко всему электрооборудованию и радиоэлектронной аппаратуре.

Рост электроэнергонасыщенности стационарных и подвижных объектов и рост чувствительности аппаратуры приводит к необходимости постоянного ужесточения требования по параметрам ЭМС технических средств и увеличение числа этих требований.

Такой подход с одной стороны увеличивает стоимость поставляемого оборудования и его массогабаритные характеристики, а с другой - не даёт полной гарантии решения проблемы ЭМС, поскольку не учитывает:

- наличие и расположение силовых и информационных кабелей (протяженность которых может достигать сотен и более километров);

- не учитывает влияние на параметры ЭМО и ЭМС корпусных конструкций и условий расположения оборудования на корабле.

Перечисленные обстоятельства обуславливают необходимость разработки концепции обеспечения электромагнитной совместимости стационарных и подвижных объектов и путей её реализации.

При разработке концепции обеспечения ЭМС использовался опыт решения проблемы ЭМС в судостроении.

Концепция основывается на комплексном рассмотрении объекта в целом и поставляемого на него оборудования, а не как совокупность отдельных технических средств с регламентируемыми стандартными параметрами ЭМС.

При таком подходе может быть реализована оптимальная по технико-экономическим показателям технология обеспечения ЭМС. Оптимизация базируется на многовариантности построения системы обеспечения ЭМС, основанной на рациональном сочетании мероприятий, реализуемых проектантами объекта, разработчиками и поставщиками оборудования, а также за счет рационального размещения оборудования на объекте.

Важным этапом явилась разработка и внедрение мобильных технических средств контроля параметров ЭМО и эффективности средств обеспечения ЭМС.

Обоснована высокая технико-экономическая эффективность предложенного пути решения проблемы обеспечения ЭМС стационарных и подвижных объектов.

Обеспечение ЭМС стационарных и подвижных объектов требует проведения работ в течение всего жизненного цикла. Разработано методическое обеспечение работ, детализированное по этапам всего жизненного цикла объекта.

Вишневыский А.М., Свядош Е.А., Блинков П.В., Янкин В.Н.
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
г. Санкт-Петербург

Тел.: (812) 415-46-78, Факс: (812) 415-45-90, E-mail: e.v.sviadosch@gmail.com

МОБИЛЬНЫЙ АППАРАТУРНЫЙ КОМПЛЕКС ЭМС И ОПЫТ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СТАЦИОНАРНЫХ И ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТАХ

Практическая реализация новой концепции и разработанной технологии обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) стационарных и подвижных объектов невозможна без создания соответствующей технической базы. ЭМС в значительной степени определяется строгим соблюдением технологии изготовления радиоэлектронного оборудования на предприятиях-разработчиках и технологией их монтажа стационарных и подвижных объектов, в конечном счете, обеспечивается эффективностью соответствующих мероприятий.

Поэтому при массовом внедрении микропроцессорной техники и высокоскоростных цифровых технологий основным способом оценки эффективности мероприятий по обеспечению ЭМС стал экспериментальный. В связи с этим была обусловлена необходимость создания аппаратного измерительно-испытательного комплекса. Аппаратурный комплекс создан мобильным и позволяет производить испытания, как в условиях предприятий-разработчиков радиоэлектронного оборудования, так и непосредственно на стационарных и подвижных объектах в процессе монтажно-наладочных работ и сдаточных испытаний, а также в период эксплуатации. При этом предусмотрена возможность его использования для диагностики отказов, влияющих на ЭМС радиоэлектронного оборудования и ЭМС объекта в целом.

В основу анализа направлений решения проблемы ЭМС на основе экспериментальных методов в отечественном судостроении были положены результаты исследований технического уровня разработок существующих измерительных средств, а также вариантов использования отдельных блоков, лучшего математического обеспечения для обработки и представления результатов измерений электромагнитной обстановки (ЭМО) на судах. При этом для практического использования комплекса были разработаны специальные программы и методики испытаний ЭМС комплексов радиоэлектронного оборудования в условиях испытательных стендов заводов-изготовителей и непосредственно на судах, а также методики контроля качества монтажа и поиска мест отказов.

При создании Мобильного аппаратного комплекса ЭМС было использовано то обстоятельство, что благодаря единичности и относительной мелкосерийности основной продукции судостроительной отрасли, один комплекс может обеспечить возможность поочередного проведения испытаний на любом предприятии в процессе создания образцов создаваемого радиоэлектронного оборудования и их поставки на суда. Мобильный аппаратный комплекс ЭМС формировался в рамках реализации новой концепции обеспечения ЭМС для использования как на стендах разработчиков и производителей радиоэлектронного оборудования (в процессе испытаний их аппаратуры по прямому назначению), так и при регулировочно-сдаточных работах непосредственно на объектах.

Вместе с тем такой комплекс требует большой номенклатуры приборов и аппаратуры, которые должны обеспечивать оценку многих параметров (характеристик электромагнитных полей в различных частотных диапазонах, токов, напряжений, спектральных и временных характеристик информационных сигналов и т.д.). Кроме того, комплекс должен иметь приемлемые габариты и массу, обеспечивающие удобство транспортирования комплекса на объекты и его использование в ограниченных по объему помещениях.

При стандартных методах оценки параметров ЭМС большая часть измерений требует специализированных стендов - открытых площадок, экранированных и безэховых камер, ТЕМ-камер (специальных помещений с установками, обеспечивающими равномерное распределение электрического поля), реверберационных камер и другого крупногабаритного и дорогостоящего испытательного оборудования. Это, из-за ресурсных ограничений, не могло быть реализовано в условиях заводских стендов изготовителей морской техники и, тем более, в условиях стационарных или подвижных объектов. Поэтому были разработаны новые методы оценки ЭМС, учитывающие конкретную специфику использования оборудования на судах и других стационарных и подвижных объектах.

При создании Мобильного аппаратного комплекса ЭМС широко использованы последние разработки по элементной базе и аппаратуре ведущих зарубежных фирм-производителей.

С учетом специфики и условий проведения проверок ЭМС на подвижных и стационарных объектах и заводах-изготовителях радиоэлектронного оборудования из аппаратуры Мобильного аппаратного комплекса ЭМС оперативно формируются установки для:

- оценки параметров ЭМО;
- оценки помехоустойчивости и помехоэмиссии радиоэлектронного оборудования;
- поиска источников помех в кабельной сети.

В настоящее время используется 17 таких установок. Кроме того, предусмотрена возможность увеличения их количества в случае возникновения новых специфических задач ЭМС для конкретных стационарных или подвижных объектов.

Установки для оценки параметров ЭМО оперативно формируются применительно к условиям стендов предприятий-изготовителей радиоэлектронного оборудования, а также для стационарных и подвижных объектов. Помимо параметров ЭМО, они позволяют оценивать показатели качества электрической энергии, а также параметры электромагнитной безопасности и санитарных норм.

Установки для оценки помехоустойчивости систем позволяют провести проверки на устойчивость к кондуктивным помехам, гармоническому низкочастотному и радиочастотному магнитному полю, к наносекундным импульсным помехам, к микросекундным импульсным помехам большой энергии, помехам общего и нормального вида.

Установки для оценки помехоэмиссии систем позволяют провести проверки радиоэлектронного оборудования на кондуктивные и излучаемые промышленные радиопомехи, а также оценить уровни помехонесущих электромагнитных полей, создаваемых этим оборудованием.

Установки для поиска источников помех в кабельной сети электроэнергетической системы позволяют выявить источники наводок на основе анализа спектральных составляющих сигналов.

В составе Мобильного аппаратного комплекса ЭМС имеются установки, доработанные специалистами ФГУП «Крыловский государственный научный центр» применительно к специфике оценки параметров ЭМС в условиях стационарных и подвижных объектов: установка для измерений кондуктивных помех, генератор импульсов и устройства для инъекции помех в кабельную сеть.

Общий вид Мобильного аппаратного комплекса представлен на рис. 1.

Проведение испытаний и измерений с помощью Мобильного аппаратного комплекса ЭМС позволяет определить параметры электромагнитной совместимости в широком диапазоне частот с высоким временным и частотным разрешением, при совмещении их с испытаниями по прямому назначению на стендах предприятий разработчиков радиоэлектронного оборудования, без использования специализированных стендов, безэховых и экранирующих камер. Полученные результаты позволяют выявить и дать рекомендации для устранения возможных дефектов конструкции до окончательных монтажно-наладочных работ на объекте. Сокращение сроков проведения испытаний, улучшение качества работ

обеспечивает выполнение требований по ЭМС, а сами испытания максимально приближаются к натурным испытаниям.



Рис. 1. Общий вид аппаратуры, используемой в установках мобильного комплекса ЭМС

Большой опыт проведения указанных работ на предприятиях судостроительной отрасли подтверждает необходимость проведения испытаний по параметрам ЭМС разрабатываемых комплексов радиоэлектронного оборудования на стендах предприятий-изготовителей до их поставки на объект.

Испытания радиоэлектронных комплексов с помощью Мобильного аппаратного комплекса ЭМС успешно проведены (что подтверждено положительными отзывами о внедрении) на многочисленных сдаточных стендах предприятий судостроительной отрасли, а также на ряде кораблей последних проектов, судах, объектах морской техники, транспорта и промышленности.

Таким образом, опыт эксплуатации Мобильного аппаратного комплекса ЭМС, созданного в ФГУП «Крыловский государственный научный центр», показал, что комплекс является новым эффективным экспериментальным средством, позволяющим успешно решать не только задачу обеспечения ЭМС радиоэлектронного оборудования, но и широкий круг других задач, требующих оценки и анализа электромагнитных характеристик прями-тельного к подвижным и стационарным объектам различного назначения.

Гиниятуллин И.А., Сергеев С.Р.

ООО «НПП Марс-Энерго», г. С.-Петербург
Тел./факс: (812) 327-21-11, mail@mars-energo.ru

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ КОНДУКТИВНЫХ ПОМЕХ

Бурное внедрение электронных устройств управления питанием электроприёмников приводит к постоянному ухудшению электромагнитной обстановки в сетях электроэнергии общего назначения. Нагрузки в сетях всё в большем объёме становятся нелинейными, несимметричными и быстропеременными. При отсутствии или недостаточной эффективности необходимых устройств компенсации, симметрирующих устройств и фильтров высших гармоник все эти искажения (кондуктивные помехи) поступают в общие электросети со всеми вытекающими отрицательными последствиями. Поэтому, в частности, государством установлена обязательная сертификация электрической энергии для подтверждения соответствия её параметров установленным нормам. Следуя общей тенденции, нормы в виде ГОСТов постоянно совершенствуются и перерабатываются. Для подтверждения соответствия применяются всё более совершенные многофункциональные средства измерений, обеспечивающие измерение показателей качества электроэнергии (ПКЭ) по новейшим алгоритмам, установленным в ГОСТ. Для испытаний новых типов СИ ПКЭ необходимо постоянно совершенствовать и эталонные СИ.

Для выполнения испытаний и поверки в лабораторных условиях широкой номенклатуры электроизмерительных приборов, измерителей ПКЭ и счетчиков электроэнергии в «НПП Марс-Энерго» с 2004 г. выпускалась установка поверочная универсальная «УППУ-МЭ 3.1К» (далее - установка). Установки эксплуатируются в большинстве ЦСМ РФ, во многих лабораториях Россетей, а также на заводах-изготовителях электроизмерительных приборов и в метрологических службах крупных предприятий.

В настоящее время в «НПП Марс-Энерго» выпускается 3 модификации поверочных установок серии УППУ-МЭ:

1. Лабораторная поверочная установка УППУ-МЭ С-31

Появление новых нормативных документов, новых типов средств измерений (СИ), нуждающихся в поверке, а также полученный опыт эксплуатации установок, - всё это потребовало коренной модернизации «УППУ-МЭ 3.1К». В 2012-13 г.г. разработка новой установки была проведена. Основные преимущества новой установки....

В состав новой установки входят:

- эталонное СИ – это прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор - 3.1КМ» (2013 г.),
- источник испытательных сигналов,
- автоматизированное рабочее место (АРМ) с компьютером.

Эталонный прибор «Энергомонитор 3.1КМ» (Гос. реестр №52854-13) имеет расширенные диапазоны измерения, что позволяет поверять ваттметры с напряжением до 800 В, вольтметры от 1 до 900 В и электросчетчики прямого включения с током до 120 А. Основная погрешность измерения активной мощности $\pm 0,01$ %.

Источник испытательных сигналов (генератор) и эталонное СИ монтируются в приборной стойке. Источник обеспечивает формирование трехфазной системы токов и напряжений с установленными искажениями.

Далее- основные возможности установки...

Поверка на установке СИ ПКЭ, выпускаемых НПП Марс-Энерго, полностью автоматизирована. Изготовители СИ, имеющих цифровой интерфейс, могут самостоятельно

разрабатывать ПО для автоматизации поверки их СИ на установке, используя предоставляемые НПП Марс-Энерго протоколы обмена.

2. Переносная поверочная установка УППУ-МЭ П-33

Задачу поверки большинства низковольтных рабочих СИ электроэнергетики (в т.ч. электросчётчиков) в полевых условиях на месте эксплуатации долгие годы позволяет решать комплект средств поверки «УППУ-МЭ 3.3». Однако, с повышением класса точности рабочих счётчиков до 0,2S возникла необходимость в замене переносного эталонного прибора «Энергомонитор -3.3Т1», входящего в «УППУ-МЭ 3.3», на более точный «Энергомонитор - 3.1КМ-П» в переносном исполнении...

Таким образом, новые модификации Установки поверочной «УППУ-МЭ» позволяют выполнять поверку большинства низковольтных рабочих СИ электроэнергетики (в т.ч. электросчётчиков и анализаторов качества) как в лабораторных, так и в полевых условиях.

3. Вторичный эталон электрической мощности УППУ-МЭ 1.0 (однофазный)

Компания «НПП Марс-Энерго» принимала активное участие в работах по созданию нового национального эталона РФ - Государственный первичный эталон единицы электрической мощности в диапазоне частот 1 - 2500 Гц «ГЭТ 153-2012». Четыре из шести основных элементов эталона «ГЭТ 153-2012» изготовлены в «НПП Марс-Энерго»: источник фиктивной мощности, безреактивные шунты, делители напряжения резистивные (одно- и трехфазный) и программное обеспечение «Энергоэталон-12».

С 2012 г. НПП Марс-Энерго ведёт НИОКР по теме «Многофункциональный вторичный эталон единицы электрической мощности однофазный УППУ МЭ 1.0». Вторичный эталон предназначен для *воспроизведения и хранения* единиц активной (Вт) и реактивной (вар) электрических мощностей в диапазонах от 0,0 до 10000 Вт (вар) при напряжениях от 1,0 до 1000 В, токах от 0,1 до 10 (50) А, коэффициентах мощности от 0 до 1,0, в области частот от 1,0 до 2500 Гц. Области применения Вторичного эталона:

- обеспечение передачи единиц активной и реактивной электрических мощностей наиболее точным отечественным и зарубежным эталонным СИ при синусоидальной и искаженных формах кривых напряжения и тока;
- воспроизведение и передача единиц активной и реактивной электрических мощностей в инфразвуковой области частот (1–40 Гц) для обеспечения потребностей частотно-регулируемого электрооборудования;
- обеспечение калибровки и поверки наиболее точных эталонных СИ ПКЭ в соответствии с требованиями стандартов МЭК и IEC;
- передача единиц активной и реактивной мощностей средствам векторных измерений, синхронизированных с UTC и поддерживающих протокол IEC 61850-9-2 (перспективные СИ для создания интеллектуальных электрических сетей).

Базовые компоненты Вторичного эталона будут аналогичны компонентам, входящим в состав Государственного первичного эталона «ГЭТ 153-2012». Применение Вторичного эталона позволит передовым ЦСМ и предприятиям выполнять аттестацию, испытания, калибровку и поверку новейших эталонных СИ, передающих единицы электроэнергетических величин приборам и средствам контроля, входящим в состав активно-адаптивных сетей, цифровых подстанций и энергосберегающих систем управления и регулирования.

Ескин А.Е

ФГУП «ВНИИФТРИ», п. Менделеево, Московская область

КАЛИБРОВКА ТОКОСЪЕМНИКОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ПО ЭМС

В последнее время заметно увеличилось количество поступающих в поверку токосъемников с частотным диапазоном до 1000 МГц.

Для калибровки токосъемников в области высоких частот можно использовать два метода.

Первый метод - с помощью термопреобразователей тока (типа ТВБ) или фотоламп. Эти устройства калибруются на постоянном токе и имеют небольшую частотную зависимость на высоких частотах (не более нескольких процентов до 1000 МГц). При условии, когда токосъемник находится вокруг термопреобразователя, можно осуществить калибровку токосъемника. Преимущество этого метода в том, что термопреобразователь измеряет именно ток в месте расположения токосъемника.

У этого метода есть следующие недостатки:

- узкий динамический диапазон;
- относительно большие токи, требуемые при использовании термопреобразователей;
- опасность вывести из строя термопреобразователь при превышении допустимого тока;
- большая трудоемкость процесса калибровки.

Второй метод основан на использовании калибровочного устройства и векторных анализаторов цепей. Калибровочное устройство представляет собой модифицированный отрезок коаксиального тракта, к центральной жиле которого можно подключить токосъемник. При условии согласования, в таком устройстве возникает бегущая волна, и ток равен $U/\sqrt{50}$. Схема подобной установки приведена на рис. 1.

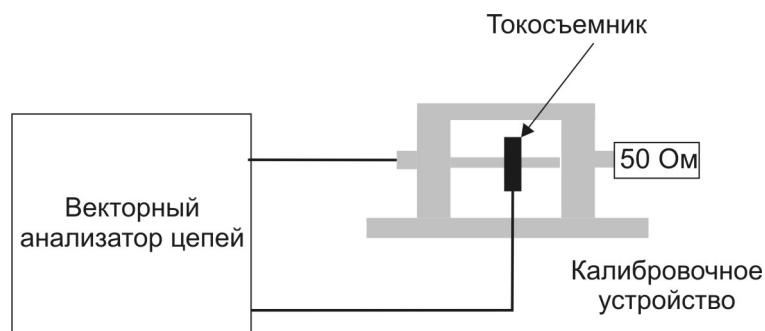


Рис. 1.

Однако добиться хорошего согласования калибровочного устройства с установленным токосъемником на высоких частотах достаточно сложно. Поэтому зарубежные производители выпускают целую линейку калибровочных устройств под различные типы токосъемников.

В условиях поверочной лаборатории очень неудобно и достаточно дорого иметь большой набор калибровочных устройств в виду большого разнообразия входящих в калибровку токосъемников.

В основу разработанной установки положено калибровочное устройство, описанное в ГОСТ Р 51317.4.6-99. Особенность этого устройства в том, что оно достаточно большое и имеет разборную конструкцию, что позволяет устанавливать практически все входящие в калибровку токосъемники (в том числе неразъемные). В дополнении к стан-

дартной центральной жиле изготовили две дополнительных $\varnothing 10$ и $\varnothing 2$ мм для обеспечения возможности калибровать токосъемники с малым окном.

Было измерено КСВН калибровочного устройства (график приведен на рис. 2). Если такое калибровочное устройство использовать в соответствии с рис. 1, то возможно калибровать токосъемники с частотным диапазоном до 200 МГц.

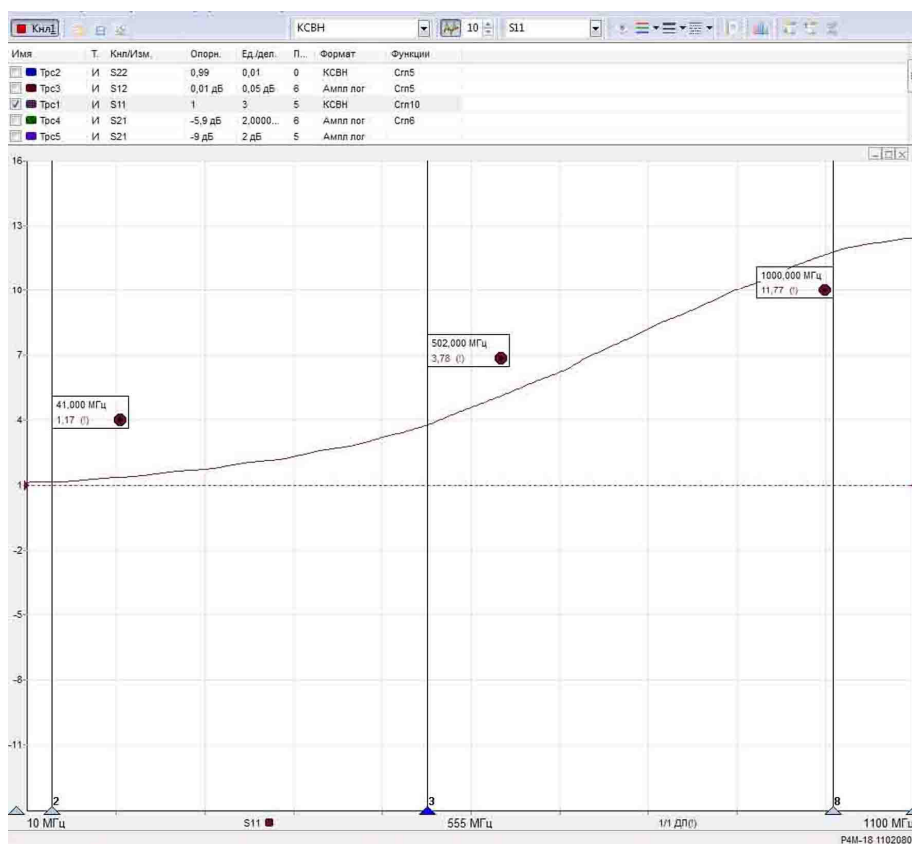


Рис. 2.

Для расширения частотного диапазона до 1000 МГц была разработана установка, структурная схема которой приведена на рис. 3.

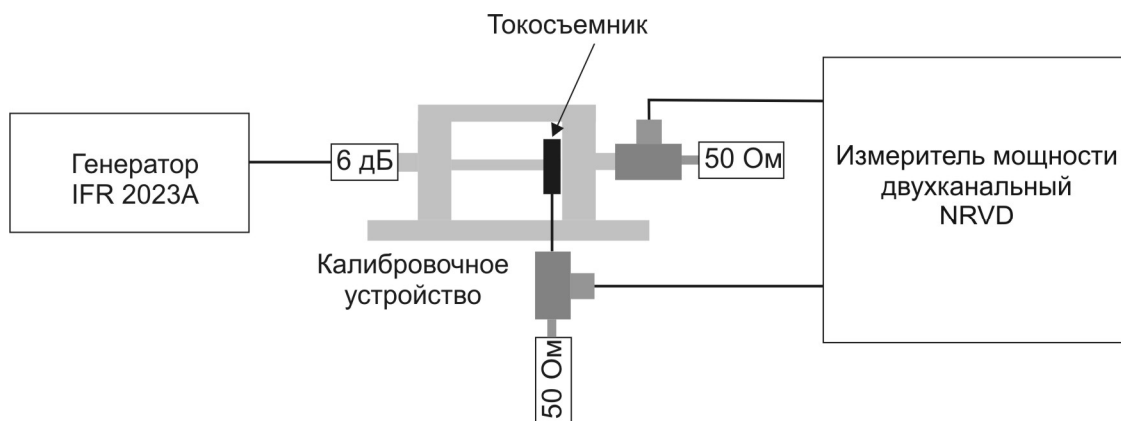


Рис. 3.

Особенность установки состоит в том что между входом, подключенным через аттенюатор, и измерительной головкой ваттметра небольшое расстояние – 10 см. Следую-

щим краугольным камнем установки размещение токосъемника в плотную к стенке калибровочного устройства со стороны подключения измерительной головки ваттметра. Таким образом, обеспечивается измерение напряжения на нагрузке 50 ом практически в том же месте, где установлен токосъемник. Это позволяет считать значение тока равным $U_{изм}/50$, несмотря на большое КСВН калибровочного устройства ($U_{изм}$ – напряжение измеренное ваттметром).

Для подтверждения данного положения был проведен эксперимент. В месте расположения токосъемника в разрыв центральной жилы разместили термопреобразователь ТВБ-5. И на частотах от 0,01 до 1000 МГц устанавливали такое напряжение на выходе генератора, чтобы выходное напряжение термопреобразователя оставалось неизменным и считывали показания ваттметра. Погрешность измерений тока при помощи ваттметра относительно показаний термопреобразователя не превысила $\pm 0,1$ дБ (фактически разрешающая способность ваттметра). К тому же этот эксперимент можно считать калибровкой самой установки и результаты измерений непосредственно привязать к эталону ВЧ - тока.

При установке токосъемника вокруг термопреобразователя погрешность возросла до $\pm 0,3$ дБ, что существенно ниже обычно требуемой при калибровке $\pm 1 \dots 2$ дБ.

Расхождение результатов калибровки выполненных на описанной установке и данных производителя обычно не превышают $\pm 1-2$ дБ.

Ефанов В.И., Вожаев Д.В.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Томский государственный
университет систем управления и радиоэлектроники», г. Томск
Тел.: (3822) 510-777, E-mail: evi@main.tusur.ru**

ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ ПЕРЕДАТЧИКОВ СИСТЕМ СВЯЗИ ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ

Быстрый количественный рост радиоэлектронных средств, тенденция к увеличению излучаемой мощности, техническое несовершенство передатчиков и приемников, неравномерная «загрузка» некоторых полос частотного спектра создают сложную электромагнитную обстановку и порождают проблемы электромагнитной совместимости.

Для определения соответствия параметров передатчиков нормативным требованиям существуют два способа: измерение «по тракту» и измерение «по полю»

Измерение параметров радиопередатчиков путем подключения к их тракту непосредственно средств измерений при очередных и внеочередных инспекционных проверках. Измерения «по тракту» используются в практике РЧЦ. При этом отечественные документы регламентируют методы измерений параметров передатчиков, влияющих на ЭМС, предусматривают, как правило, выключение модуляции при контроле допустимого отклонения частоты и уровня побочных излучений, подачу специальных измерительных сигналов при измерении контрольной ширины полосы частот, внеполосных излучений, девиации частоты.

Отсутствие методик измерения параметров излучений «по полю» делает невозможным сопоставление результатов, полученных различными операторами в различное время и на различном оборудовании. Следовательно, в настоящее время существует актуальная научно-техническая проблема разработки новых подходов и методик расчетного прогнозирования и инструментального контроля уровней электромагнитных полей радиопередающих станций для целей обеспечения ЭМС.

Целью данной работы является определение уровня мощности радиопередающих устройств систем связи по измерению напряженности электромагнитного поля и создание соответствующей методики измерения мощности «по полю», т.е. контроль излучения передатчиков в штатном режиме работы.

Для того, чтобы результаты таких измерений имели определенную правовую основу и юридическую силу, необходимо разработать и аттестовать методики выполнения измерений - совокупность операций и правил, результатов измерений с известной погрешностью.

Нами проводились исследования мощности передатчиков БС сотовых систем связи и телевизионных передатчиков на дальностях от 300 м до 5 км для свободного пространства и в городских условиях.

Оборудование для экспериментального исследования было предоставлено Томским отделом РЧЦ СФО. В состав входило: тестовый приемник R&S ESPI7; анализатор спектра Advantest U3772; измерительные и калиброванные антенны.

В докладе представлены результаты определения эквивалентной изотропно-излучаемой мощности (ЭИИМ), являющейся важным параметром передатчика, значение которого требуется при определении зоны покрытия; уровня радиочастотных помех для других приемников; контроля излучений опасных для персонала. На погрешность измерений при работе на станциях радиоконтроля в основном влияет: нестационарный характер передаваемых сигналов; многолучево́сть и затухание при распространении сигнала; наличие различного вида помех.

Мы определяли ЭИИМ для телевизионных радиопередатчиков метрового и дециметрового диапазона, с высотой подвеса более 170 метров, с известными затуханием в фидере, коэффициентом усиления антенны, мощностью излучения передатчика. Измерение проводилось на расстояниях от 2 до 4 километров. При этом учитывались потери на распространении сигнала.

Сравнение экспериментального и расчетного значения ЭИИМ показало расхождение в 2 дБ. Аналогичные измерения для базовых станций систем сотовой связи проводились как в городских условиях так и на открытой местности. При этом измерения мощности передатчиков осуществлялись также и «по тракту».

Расчёты потерь на трассе в городских условиях выполнены в соответствии с моделью Окамура-Хата, которая дает наиболее точные значения. Все экспериментальные исследования сопровождались статистической обработкой результатов измерений.

Авторы выражают признательность за содействие в проведении экспериментов специалистам филиала по Томской области ФГУП «РЧЦ СФО» Елисееву А.Ю. и Коваленко В.Ю. и директору филиала Соловьёву Н.В.

Жеруль О.Б.

Испытательная лаборатория ЗАО НИЦ «САМТЭС», г. Москва

Тел.: (48432)55600, Факс: (48432)55600. E-mail: zherul@samtes.ru

ОСОБЕННОСТИ АТТЕСТАЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К РАДИОЧАСТОТНОМУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ ПО МЭК 61000-4-3

При организации установки для испытаний на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю по МЭК 61000-4-3 на основе полубезэховой экранированной камеры возникает проблема выбора дополнительного радиопоглощающего материала для уменьшения отражений от пола.

Цель работы – определение возможности применения однослойного «высокочастотного» (от 500 МГц) радиопоглощающего материала для обеспечения требований стандарта к неоднородности электромагнитного поля в полосе частот 80 – 1000 МГц в полубезэховой экранированной камере ЗАО НИЦ «САМТЭС».

Ведущие производители радиопоглощающих материалов предлагают для этих целей либо ферриты (для полосы частот от 26-80 до 1000 МГц, либо комбинацию из двух типов: феррит + вспененный материал (например FP2 ferrite plates & IP-045C absorber фирмы TDK) для полосы от 26 МГц до 18ГГц.

Была поставлена задача – определить достаточность применения вспененного материала TDK IS-045 с заявленным рабочим диапазоном частот 0,5–110 ГГц для обеспечения требований стандарта МЭК 61000-4-3 к неоднородности электромагнитного поля в полосе частот 80 – 1000 МГц.

Исследование проводилось методом калибровки при постоянной подводимой мощности в соответствии с п. 6.2.2 ГОСТ Р 51317.4.3-2006 (МЭК 61000-4-3: 2006).

Испытательная установка была выполнена в соответствии с рисунком 1.

Были проведены две серии измерений – для горизонтальной и вертикальной поляризации излучающей антенны.

Каждая серия измерений содержит данные по измерениям напряженности электромагнитного поля в каждой из 16 позиций датчика в плоскости однородного поля.

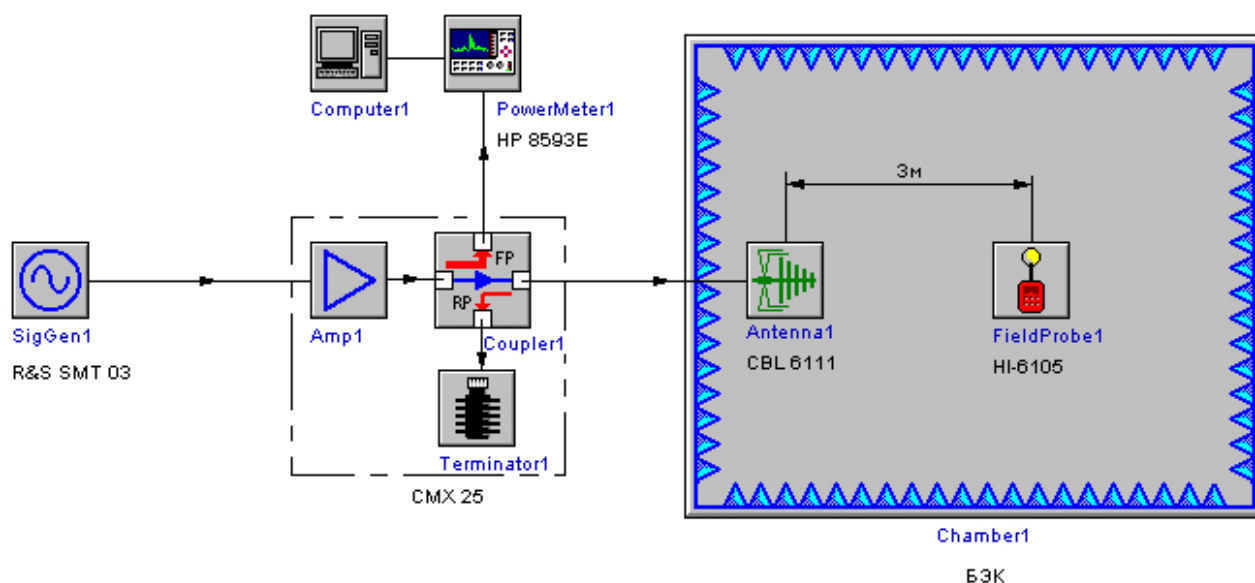


Рис. 1. Схема испытательной установки

Для каждой из позиций датчика измерения проведены в полосе частот 80 – 1000 МГц с приращением 1% от предыдущей частоты (256 точек). Данные были обработаны в соответствии с требованиями п. 6.2 ГОСТ Р 51317.4.3-2006 (МЭК 61000-4-3:2006).

Обработка полученных данных показала, что применение высокочастотного радиопоглощающего материала с заявленным рабочим диапазоном частот 0,5 – 110 ГГц в полубезэховой экранированной камере позволяет достичь требуемой стандартом МЭК 61000-4-3 неоднородности электромагнитного поля в полосе частот 80 – 1000 МГц.

Это дает возможность испытательным лабораториям избежать неоправданных затрат на приобретение низкочастотных ферритовых радиопоглощающих материалов.

Иванников Д.А.
ОАО «СКБ «РИАП», г. Нижний Новгород

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОМПЛЕКСОВ ИСПЫТАНИЙ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ

Рассмотрены основные проблемы обеспечения электромагнитной совместимости и радио-, радиотехнической маскировке РЭС, мобильных и стационарных радиотехнических комплексов связи, обнаружения, локации, РЭБ, перспективных образцов оружия на основе генераторов мощного электромагнитного излучения в связи с повышением их энерговооруженности и восприимчивостью к электромагнитным помехам. Проведен краткий обзор современных измерительных средств для комплексов испытаний на обеспечение требований по радио-, радиотехнической маскировке и электромагнитной совместимости по помехоэмиссии.

В связи с непрерывным усложнением и повышением энерговооруженности РЭС, в частности, мобильных и стационарных радиотехнических комплексов связи, обнаружения, локации, РЭБ, перспективных образцов оружия на основе генераторов мощного электромагнитного излучения, увеличивающейся восприимчивостью их к электромагнитным помехам, повышением актуальности вопросов исключения несанкционированного доступа к конфиденциальной информации и раскрытия мест дислокации РЭС, необходим контроль выполнения требований по радио-, радиотехнической маскировке и помехоэмиссии. Это позволит повысить скрытности их функционирования, обеспечить работоспособность, исключить сбои и выход из строя совместно работающих с ними РЭС, а также обеспечить информационную безопасность интересов РФ. Решение данных вопросов актуально как на этапах разработки, так и на этапах лицензирования, проведении плановых проверок технических средств на выполнение требований по радио-, радиотехнической маскировке и электромагнитной совместимости. В связи с этим создаются объективные условия для динамичного развития рынка измерительных средств для комплексов испытаний на электромагнитную совместимость.

Специальное конструкторское бюро радиоизмерительной аппаратуры (ОАО «СКБ РИАП») специализируется на разработке, производстве и техническом сопровождении радиоизмерительной аппаратуры, в частности, измерительных средств (антенны, пробники и эквиваленты сети, приемники измерительные) для комплексов испытаний на обеспечение требований по радио-, радиотехнической маскировке и электромагнитной совместимости по помехоэмиссии.

ОАО «СКБ РИАП» ежегодно выполняет более трех научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по различным научно-техническим программам в части разработки автоматизированных комплексов радиотехнического измерения и испытаний на электромагнитную совместимость, измерителей биологически опасных неионизирующих излучений для измерения санитарных норм, аппаратуры метрологического обеспечения измерений характеристик электромагнитных полей (ЭМП) специального и гражданского назначения. Предприятие является головным разработчиком в РФ предлагаемого класса аппаратуры. Среди них – комплекс обнаружения электромагнитных излучений радиоэлектронных средств военного назначения «Буфер», вертолетный комплекс для радиочастотных измерений, комплект средств измерений ВЧУ на базе приемника «РИАП-1.8», измеритель биологически опасных неионизирующих излучений для контроля санитарных норм ПЗ-31.

Большой опыт позволяет предприятию твердо занимать нишу в области измерений ЭМП, создавать технику, не уступающую зарубежным аналогам таких фирм, как

«Rohde&Schwarz», «Narda–STS», «Agilent Technologies», «ETS-Lindgren». Приемно-анализирующая аппаратура этих производителей составляет в настоящее время основу комплексов испытаний на ЭМС.

С целью развития отечественной метрологической базы, повышения доли импортозамещения в ОАО «СКБ РИАП» инициированы НИОКР по разработке современных отечественных средств для комплексов испытаний на обеспечение требований по радио-, радиотехнической маскировке и электромагнитной совместимости по помехоэмиссии. Далее представлена продукция, выпуск которой планируется после завершения НИОКР и ее основные характеристики.

1. Антенна измерительная магнитная трехкоординатная (АМТ-1)

Диапазон рабочих частот	9 кГц – 30 МГц
Типовое значение коэффициента калибровки антенны с кабелем Примечание. Возможна поставка антенн по требованию Заказчика с коэффициентами калибровки 10/20/30/40 дБ	30 дБ (1/м)
Наибольшая измеряемая напряженность поля при коэффициенте калибровки 30 дБ (1/м)	150 дБ мкВ/м
Пороговая чувствительность (на верхней и нижней границах частотного диапазона, в полосе 1 Гц)	минус 10...+ 40 дБмкВ/м

2. Антенна измерительная рамочная (П6-50М)

Диапазон рабочих частот	9 кГц – 30 МГц
Типовое значение коэффициента калибровки антенны с кабелем Примечание. Возможна поставка антенн по требованию Заказчика с коэффициентами калибровки 10/20/30/40 дБ	30 дБ (1/м)
Наибольшая измеряемая напряженность поля при коэффициенте калибровки 30 дБ (1/м)	150 дБ мкВ/м
Пороговая чувствительность (на верхней и нижней границах частотного диапазона, в полосе 1 Гц)	минус 10...+40 дБмкВ/м

3. Комплект антенн измерительных дипольных (П6-51М).

Диапазон рабочих частот	9 кГц – 30 МГц (для П6-51М-1), 30 – 1000 МГц (для П6-51М-2)
Типовое значение коэффициента калибровки антенны с кабелем Примечание. Возможна поставка антенн по требованию Заказчика с коэффициентами калибровки 10/20/30/40 дБ	20 дБ (1/м)
Наибольшая измеряемая напряженность поля при коэффициенте калибровки 20 дБ (1/м)	140 дБ мкВ/м
Пороговая чувствительность (на верхней и нижней границах частотного диапазона, в полосе 1 Гц)	минус 20...0 дБмкВ/м

4. Антенна измерительная рупорная (П6-59М)

Диапазон рабочих частот	0.8 – 18 ГГц
Коэффициент усиления антенны, не менее	5 – 17 дБ
Уровень боковых лепестков, не более	Минус 10 дБ
Максимальная мощность на входе антенны	10 Вт

5. Пробник напряжений (Я6-122/1М)

Диапазон рабочих частот	9 кГц – 1000 МГц
Типовое значение коэффициента калибровки	30 дБ

По устойчивости к воздействию климатических и механических факторов данные измерительные средства удовлетворяют группе 4 ГОСТ 22261-94 со значением рабочих температур от минус 35 до плюс 40°С. Антенны по своим основным техническим характеристикам удовлетворяют требованиям ГОСТ РВ50858-96. Активные антенны имеют автономное питание от аккумуляторов типа АА или от сетевого преобразователя.

Сертификация модернизированных измерительных средств будет завершена в первом квартале 2014 г. В 2014 г. запланирована модернизация эквивалентов сети Я6-126 и Я6-127, а на период 2014-2016 г.г. – разработка измерительного приемника РИАП-6.1 и измерителя плотности потока энергии ПЗ-31М.

ОАО «СКБ РИАП» имеет многолетний опыт сотрудничества с ведущими предприятиями военно-промышленного комплекса (ВПК), Министерства обороны РФ (МО РФ), высшими учебными заведениями, поставщиками электронных компонентов. Предприятие активно участвует в региональных и федеральных программах по обеспечению информационной безопасности министерств, ведомств, служб безопасности государственных и коммерческих организаций.

Продукция предприятия не раз была отмечена Золотыми Дипломами лауреата Всероссийской программы «100 лучших товаров России», а также золотой медалью 35-го Международного салона изобретений, новых технологий и продукции.

Литература:

1. Иванов В.А. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / В.А.Иванов, Л.Я.Ильинский, М.И. Фузик. – К.:Техника, 1983. – 120 с.
2. Князев А.Д. Элементы теории и практики электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1984. – 336 с.
3. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи / под ред. В.И.Кравченко. – М.: Радио и связь, 1984. – 256 с.

Кривов А.С.,
ЗАО «НПФ «Диполь», г. Москва
тел./факс +7(495)65-20-02, e-mail ask@dipaul.ru,

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

Эффективность традиционных способов и средств защиты электроники от электростатических разрядов (ЭСР) с развитием электронных технологий падает. Такие способы защиты, такие как конструктивная защита, заземление человека, рабочих поверхностей и оборудования, применение средств измерений электрического потенциала для оценки уровня возможных ЭСР уже не способны гарантировать защиту электронных устройств от параметрических отказов и разрушительных последствий ЭСР. По оценке американских специалистов ЭСР являются причиной более 55% отказов электронных устройств. Если принять во внимание, что на отечественных предприятиях современные средства электростатической защиты развиты недостаточно, то можно говорить, что в отечественных изделиях процент отказов составляет как минимум такую же величину. Современное развитие технологий электронного производства и самой электроники требует новых более эффективных способов защиты и новой идеологии построения антистатической защиты на электронных предприятиях.

Современная методология борьбы с электростатическими разрядами наиболее полно представлена в виде системы стандартов серии МЭК 61340. Благодаря усилиям специалистов Технического комитета по стандартизации ТК 72 «Электростатика» большая часть стандартов этой серии утверждены в виде российских национальных стандартов серии ГОСТ Р 53734.

Высокая чувствительность современной электроники к ЭСР, многообразие потенциальных источников ЭСР, их изменчивость в технологических процессах, высокая стоимость средств контроля и защиты делает актуальным анализ и принятие решений на основе текущей электростатической обстановки. Современная система мер электростатической защиты построена как эффективный и непрерывный процесс управления электростатической обстановкой на предприятии по показателям состояния средств защиты. Программа управления ЭСР представляет собой совокупность организационных мероприятий, специалистов с наделенным полномочиями, требований и методов испытаний, проверки соответствия средств защиты. Традиционные и новые средства антистатической защиты необходимо испытывать при приемке и периодически в ходе применения. Как программа в целом, так и методы испытаний средств защиты определены национальными стандартами серии ГОСТ Р 53734.

Общая схема деятельности по защите электроники от электростатических разрядов представлены в базовых стандартах:

- ГОСТ Р 53734.5.1 – 2009 (МЭК 61340-5-1:2007) Электростатика. Раздел 5-1: Защита электронных устройств от электростатики. Основные требования.
- ГОСТ Р 53734.5.2 – 2009 (МЭК 61340-5-2:2007) Электростатика. Раздел 5-2: Защита электронных устройств от электростатики. Руководство по применению.

Общетехнические стандарты, описывающие систему понятий и определений, модели электростатических разрядов позволяют оценить потенциальную опасность электростатических воздействий на продукцию, определить общую политику предприятия по электростатической защите, сформировать план мероприятий в этой области. Требования и методы испытаний средств антистатической защиты составляют две группы стандартов (табл. 1):

- методы испытаний материалов (ГОСТ Р 53734.2.1 – 2.3) определяют общие процедуры контроля материалов различных элементов защиты (напольных покрытий, рабочих по-

верхностей, тканей). В соответствии с программой управления ЭСР контроль осуществляется на различных этапах применения;

- методы испытаний средств защиты (обувь, пол – по отдельности и в комбинации, антистатические браслеты, одежда, ионизаторы) описаны в стандартах ГОСТ Р 53734.4.1 – 4.10. Эти стандарты содержат методы испытаний при приемке средств защиты у изготовителя и при проведении проверок их соответствия в процессе применения на предприятии.

Последние представляют собой упрощенные методики, которые необходимы для контроля сохранности свойств средств защиты (от износа, загрязнения и др. факторов). В соответствии с программой управления ЭСР эти проверки должны быть регулярными.

Таблица 1

Элемент защиты	Способ измерений	Пределы характеристик
Антистатический браслет	ГОСТ Р МЭК 53734.4.6-2012	Сопротивление браслета: $1 \text{ МОм} \pm 20 \%$ или определенное пользователем значение Сопротивление системы: $\leq 10 \text{ МОм}$ или определенное пользователем значение
Обувь	ГОСТ Р МЭК 61340-4.3-2011 ГОСТ Р МЭК 61340.4.5 (2011)	Электрическое сопротивление: от $1 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^8 \text{ Ом}$
Рабочие поверхности, стеллажи хранения и тележки	ГОСТ Р МЭК 61340.2.1-2011 ГОСТ Р МЭК 61340.2.2 (2012) ГОСТ Р МЭК 61340.2.3 (2011)	Сопротивление к земле: $R_{gp} < 1 \cdot 10^9 \text{ Ом}$ Сопротивление от точки до точки: $R_{p-p} < 1 \cdot 10^9 \text{ Ом}$
Пол	ГОСТ Р МЭК 61340-4-1-2010	Сопротивление к земле: $R_{gp} < 1 \cdot 10^9 \text{ Ом}$ Сопротивление от точки до точки: $R_{p-p} < 1 \cdot 10^9 \text{ Ом}$
Стул	ГОСТ Р МЭК 61340-2-3 (2011)	Сопротивление к земле: $R_{gp} < 1 \cdot 10^9 \text{ Ом}$
Одежда	ГОСТ Р МЭК 61340-4-9 (2012)	Сопротивление от точки до точки: $R_{p-p} < 1 \cdot 10^9 \text{ Ом}$
Ионизаторы	ГОСТ Р МЭК 61340-4-7 (2012)	Ослабление – менее 20 с
Упаковка	ГОСТ Р МЭК 61340-2-3 (2011) ГОСТ Р МЭК 61340-4-8 (2012)	Рассеивающая: $< 1 \cdot 10^9 \text{ Ом}$ Проводящая: от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^5 \text{ Ом}$ Диэлектрик: $\geq 1 \cdot 10^{11} \text{ Ом}$ Экранирующая: $< 50 \text{ нДж}$

Стандарты методов испытаний серии ГОСТ Р 53734 содержат указания о требованиях к процедурам измерений и испытаний средств электростатической защиты при приемке продукции у поставщика, а также при периодической проверке их состояния на предприятии. В докладе содержатся анализ стандартных методов испытаний и рекомендации специалистам предприятий.

Принципиальных трудностей для оснащения предприятий средствами антистатической защиты в настоящее время нет. Однако риск приобретения некачественных средств защиты очень велик. Поэтому следует требовать при покупке изделий и материалов соот-

ветствия указанным стандартам. Все основные стандарты, о которых говорилось выше, приняты в адаптированном для применения на отечественных предприятиях виде. Создан и успешно функционирует консалтинговый и испытательный центр по электростатической защите электронных производств на базе ООО «ESD Эксперт». Аккредитована испытательная лаборатория по сертификации средств электростатической защиты по ГОСТ Р 53734. Рынок средств электростатической защиты характеризуется большим разнообразием номенклатуры и широким диапазоном цен. С изделиями зарубежного производства успешно конкурирует промышленная мебель и другие средства антистатического оснащения отечественных изготовителей. Например, сертифицированная по международным требованиям продукция ООО «Диполь» пользуется стабильным спросом как у отечественных предприятий, так и в ряде стран ЕЭС.

Краткий анализ требований новых отечественных стандартов серии 53734 показывает большие потенциальные возможности повышения качества и надежности электронных устройств на основе современного подхода к антистатической защите. Новые стандарты полностью заменяют морально устаревшие отраслевые документы, ориентированные на продукцию и технологии конца прошлого столетия. Созданная в стране инфраструктура разработки требований по антистатической защите, производства, испытаний средств защиты и оказания экспертно-консультационных услуг позволяет заинтересованным в качестве продукции предприятиям осуществлять работу в этой области на современном уровне.

Кукушкин Е.М.
ООО «НПП НИФРИТ», г. Москва
Тел.: 8-(499)-995-0852, Факс: 8-(499)-995-0852, E-mail: info@niphrit.ru

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭМС ФАЗИРОВАННЫХ СВЧ УСТРОЙСТВ В ШИРОКОПОЛОСНОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ И РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР

В докладе рассматриваются проблемы измерения ЭМС модульных электронных СВЧ устройств в диапазоне частот до 500ГГц при тестировании фазового управления, в частности приемно-передающих модулей АФАР, при рабочих температурах от -70С до 150С.

Методики основаны на патентованных авторских решениях и применении вспомогательных устройств собственного производства.

Никитин Е.В., Устинова М. В., Истомина М.И.
ФГУП «ЦНИИмаш», г.Королев

ВАРИАНТЫ ПОСТРОЕНИЯ КВАЗИИЗОТРОПНЫХ АНТЕНН ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

Актуальность решения таких измерительных задач, как поиск побочных электромагнитных излучений и наводок чрезвычайно высока, в частности для решения вопросов обеспечения ЭМС технических средств, контроля выполнения санитарно-эпидемиологических норм и требований.

Методики проведения измерений побочных электромагнитных излучений непрерывно совершенствуются. Проведение измерений напряженности электромагнитного поля в ближней зоне от источника заранее неопределенного, требует ориентировать антенну в соответствии с поляризацией поля, которая априорно неизвестна

В связи с вышеизложенным, в последнее время предложено проводить измерение напряженности электрического и магнитного поля в трех взаимоортогональных плоскостях. Погрешность измерения напряженности полей при этом увеличивается как минимум в $\sqrt{3}$ раз, что ведет к потерям времени на проведение измерений и излишним затратам из-за большой погрешности измерений. Возможен другой вариант решения этой задачи, построение трехкоординатных антенн для измерения напряженности электрического и магнитного полей, сразу в трех плоскостях и с учетом фазы сигнала.

Для его реализации был создан опытный образец антенны с диаметром апертуры антенны 60 мм. Суммирование сигналов каналов осуществлялось резистивным сумматором, при этом наблюдалось естественное снижение амплитуды сигнала по сравнению с одноплоскостной антенной из-за потерь на сумматоре

Трехкоординатные антенны имеют квазиизотропную диаграмму направленности и могут найти широкое применение для проведения радиомониторинга, контроля электромагнитной обстановки, они обладают практически изотропной диаграммой направленности и нужны, прежде всего, там, где направление прихода сигнала и его поляризация априорно неизвестны, также эти антенны, реализованные как описано выше, имеют малую электрическую длину и вследствие этого достаточно широкополосны.

Литература:

1. Никитин Е.А. Доклад на шестой всероссийской научно-технической конференции «Метрологическое обеспечение обороны и безопасности в Российской Федерации» стр. 67-70.
2. Тищенко В.А., Токатлы В.И. Измерение напряженности поля и калибровка антенн на низких частотах.// Измерительная техника, 1986, №3.
3. Фельд Я.Н., Бененсон Л.С. Антенны сантиметровых и дециметровых волн. ч.1. М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1955
4. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны. – М. Энергия, 1975.
5. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн. М.; Наука, 1973.
6. Казанский Л.С., Романов В.А. Антенно-фидерные устройства декаметрового диапазона и электромагнитная экология. – М.: Радио и Связь, 1996.
7. ГОСТ Р 51319-2006. «Совместимость технических средств электромагнитная. Приборы для измерения промышленных радиопомех. Технические требования и методы испытаний» – М.: ИПК Издательство стандартов, 2006.

Скляр В.А., Митченков С.Г.
ООО НПФ «Радиан-М», г.Москва
Тел.: 8-910-241-40-59, 8-904-213-99-20
E-mail: mitchenkov@mail.ru, sva12071969@mail.ru

ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПЛАНИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА РАДИОСЕТЕЙ «ЭФИР»

Современная радиоэлектронная обстановка (РЭО) характеризуется высокой динамикой изменений радиочастотного спектра и большим количеством радиоэлектронных средств (РЭС). В настоящее время в России зарегистрировано более полутора миллиона действующих РЭС. В больших городах плотность РЭС зачастую составляет более 3000 ед. на один квадратный километр. И рост количества РЭС продолжается. Ежегодно количество РЭС увеличивается в среднем на 5-10%.

В таких условиях анализ и планирование радиосетей требует оперативной обработки больших объёмов информации и проведения большого количества расчётов. При этом для достижения требуемой эффективности расчетов необходимо комплексное применение современных методик расчёта, геоинформационных технологий и современных баз данных.

Одним из таких продуктов является программно-методический комплекс «Эфир».

ПМК «Эфир» – это единый комплекс информационных и расчетных задач визуализации учетной информации о радиоэлектронных средствах (РЭС), оценки плотности размещения группировки РЭС, расчета уровня электромагнитного поля на трассе распространения радиоволн, построения зон уверенного приема, расчета электромагнитной совместимости, прогноза загруженности радиоэлектронного спектра в регионе и заданной точке пространства, ведения справочников учетных данных РЭС, моделирования радиоэлектронной обстановки, формирования отчетов по результатам расчета.

Программно-методический комплекс (ПМК) «Эфир» разработан для повышения эффективности планирования и анализа радиосетей, обеспечения ведения мероприятий радиоконтроля.

ПМК «Эфир» функционально состоит из управляющей подсистемы, блока информационно-расчетных задач, картографической подсистемы и информационной подсистемы.

Рассмотрим кратко блок информационно-расчетных задач в составе ПМК «Эфир».

Задача «Отображение номинальной радиоэлектронной обстановки» обеспечивает селекцию и визуализацию на цифровой карте местности данных о действующей группировке РЭС.

Важной задачей при анализе и планировании радиосетей является расчёт зоны действия и уровня электромагнитного поля заданной группировки РЭС. Расчет уровня напряженности поля на трассе распространения радиоволн производится на основе рекомендаций Международного союза электросвязи ITU-R P.1546 и модели дифракции на сфере. В качестве исходной информации при проведении расчетов используются рельеф местности, растительность, информация о застройке или типе местности, получаемые из цифровых карт местности.

Применяемые модели имеют следующие области применения:

1) модель ITU-R P.1546 [7]:

- диапазон частот от 30 МГц до 3000 МГц.
- длина трассы от 1 до 100 км.
- высота передающей антенны: от 10 до 3000 м.

Модель ITU-R P.1546 предлагается в качестве базовой для проведения всех расчетов, удовлетворяющих условиям применения рекомендации.

2) модель дифракции на сфере [1-6]:

- диапазон частот от 1 до 30000 МГц;
- длина трассы от 100 м. до 80 км.
- высоты передающей антенны не менее 1 м.

Данная модель применяется во всех ситуациях, где неприменима рекомендация ITU-R P.1546.

Результаты анализа моделей на примере передатчиков цифрового телевизионного вещания показали следующее:

1) точность существующих цифровых карт местности позволяет проводить расчет только дифракционного множителя ослабления на трассе распространения радиоволн, учет интерференции невозможен (ошибка по высоте соизмерима с длиной волны контролируемых РЭС);

2) для удалений от 20 и 40 км модели дают сопоставимые результаты. Среднеквадратическое отклонение результатов расчета от измерений составило (по 58 выполненным измерениям):

- для дифракционной модели – 7 дБ;
- для модели ITU-R P.1546 – 6 дБ.

Задача «Расчёт электромагнитной совместимости РЭС» обеспечивает оценку возможности размещения РЭС в заданной территориальной точке пространства. В результате решения задачи формируется список РЭС, испытывающих помеху и являющихся потенциальными источниками помех. Расчет проводится на основе методик, утвержденных Государственной Комиссией по радиочастотам РФ.

Задача «Расчет загрузки (занятости) радиочастотного спектра» обеспечивает расчёт фактической занятости спектра на основе учётных данных о РЭС в выбранной точке пространства или территориальном районе и отображение

Для априорной оценки занятости радиочастотного спектра разработана задача «Загруженность спектра в точке» могут быть использованы для сравнения с результатами измерений (полученной на РКО спектрограммой).

Также одной из важных задач является задача оценки соблюдения норм международно-правовой защиты (МПЗ) РЭС в приграничных районах. На основании требований норм, указанных оператором проводится расчет уровня поля на границе сопредельных государств и заданном удалении от нее.

Помимо задач, связанных с анализом и планированием радиосетей, в ПМК «Эфир» разработаны задачи, непосредственно связанные с обеспечением мероприятий ведения радиомониторинга:

- отображение группировки средств радиомониторинга;
- расчёт доступности зарегистрированных РЭС для ведения радиоконтроля стационарным оборудованием и мобильным оборудованием на маршрутах движения;
- расчет зон действия радиоконтрольного оборудования;

Картографическая подсистема содержит цифровые карты местности и комплекс процедур, реализующих функции отображения карты заданного района, формирование матриц высот и подстилающей поверхности; отображение результатов решения информационно-расчетных задач.

Основу картографической подсистемы составляет профессиональная сертифицированная геоинформационная система «Панорама».

Информационная подсистема состоит из базы данных и процедур её ведения, фильтрации и поиска информации. База данных содержит информацию о характеристиках зарегистрированных и планируемых РЭС, средств РК, нормативно-справочные данные для проведения расчётов (справочники характеристик антенн, критериев обеспечения ЭМС и уверен-

ного приема РЭС и т.д.), нормативные данные по международно-правовой защите РЭС в приграничных районах и т.д.

ПМК «Эфир» может функционировать как в локальном, так и в сетевом режиме. В сетевом режиме ПМК на различных рабочих станциях работают с одной базой данных, что позволяет получать взаимосвязанные результаты решения задач.

Заполнение базы данных ПМК «Эфир» может осуществляться как в ручном режиме, так и через встроенные процедуры автоматической загрузки данных из современных информационных ресурсов – баз данных Автоматизированной системы радиоконтроля РФ (АСРК) и Федеральной автоматизированной информационно-аналитической системы в области использования РЧС и средств массовой информации (ФАИС)

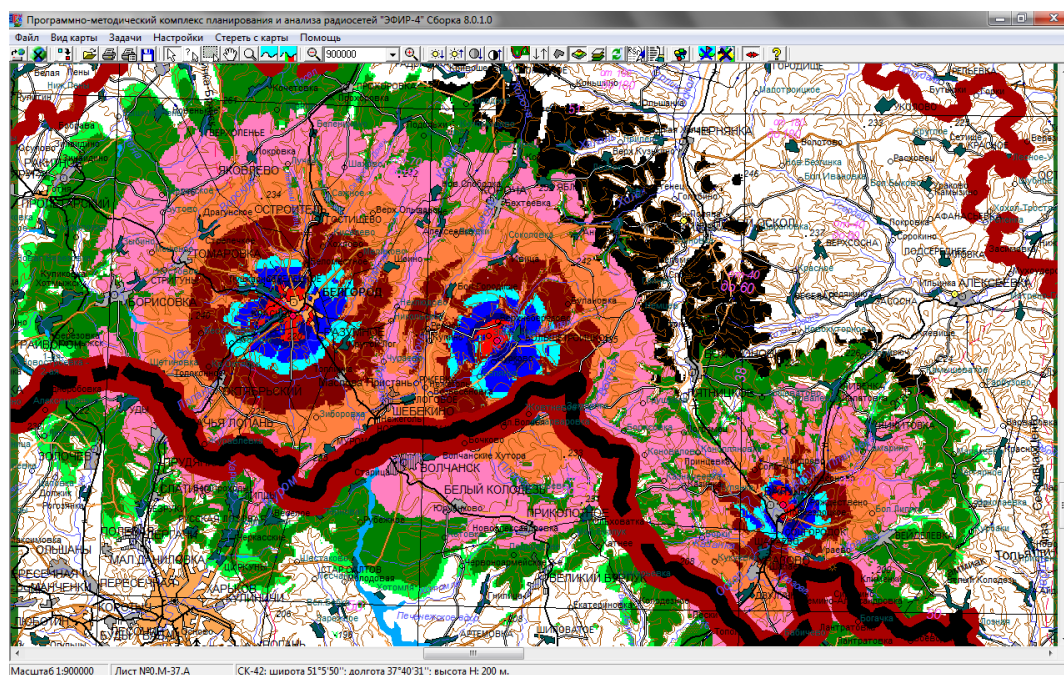


Рис.1. Расчет зоны действия заданной группировки РЭС с учетом помеховых воздействий

ПМК «Эфир» разработан научно-производственной фирмой «Радиян-М». Серия продуктов «Эфир» применяется и совершенствуется в течение 10 лет. В настоящее время ПМК «Эфир» применяется в радиочастотных центрах всех федеральных округов РФ, а также в уполномоченных организациях в области регулирования использования радиочастотного спектра некоторых республик СНГ.

Литература

1. Методика расчета статистических характеристик мешающих сигналов в диапазоне 60-40 000 МГц для географических и климатических условий различных регионов России. – М.: НИИР, 1996.
2. Черенкова Е.Л., Чернышев О.В. Распространение радиоволн. Учебник для вузов связи. – М.: Радио и связь, 1984.
3. Калинин А.И. Распространение радиоволн на трассах наземных и космических радиолиний. – М.: Связь, 1979.
4. Ошерович Л.Г. Куликов В.В. Волков Е.А. Радиорелейная и тропосферная связь под редакцией И. П. Леонова. Ленинград 1972. - 471 с.
5. Бородич С.В. Справочник по радиорелейной связи. – М.: Радио и связь, 1981.
6. Кечиев Л.Н., Тряпицын А.В. Межсистемная электромагнитная совместимость. – МИЭМ, 2002.
7. Рекомендация ИТУ-R P.1546-3. Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц.

Шкуркин М.С., Черняев К.С.
ФБУ «ГНМЦ Минобороны», г. Мытищи
Тел. +7(495)586-97-85

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ

Любое радиоэлектронное средство (РЭС) в силу особенностей своего функционирования является источником электромагнитных излучений. Для радиопередающих РЭС различают основное и нежелательное излучения, для радиоприемных РЭС характерны излучения на частотах гетеродинов.

Характеристики электромагнитных излучений РЭС являются определяющими при оценке их электромагнитной совместимости с другими РЭС, проведении их испытаний на соответствие требованиям радиоэлектронной защиты, оценке электромагнитной обстановки (ЭМО) в местах размещения специализированных радиотехнических средств.

Обеспечение качественного функционирования радиоэлектронных систем и модулей в составе одного образца и образца в составе группировки является задачей обеспечения их электромагнитной совместимости, качественное решение которой невозможно без корректных измерений параметров и характеристик ЭМС.

Главной целью метрологического обеспечения (МЛО) испытаний технических средств на электромагнитную совместимость можно определить обеспечение единства, требуемой точности и достоверности измерений нормируемых характеристик и параметров ЭМС за счет решения следующих задач:

- установления требований и нормирования характеристик и параметров РЭС, определяющих их ЭМС, обеспечения единства их измерений;
- разработки методов оценки нормируемых характеристик и параметров РЭС, определяющих их ЭМС, условий выполнения измерений;
- определения номенклатуры технических средств метрологического обеспечения (эталоны, средства измерений, меры) испытаний РЭС на ЭМС;
- проведение метрологической экспертизы эксплуатационной и технической документации, методик измерений.

Нормативно-методическая основа системы метрологического обеспечения измерений характеристик электромагнитных полей РЭС, находящихся в сфере государственного метрологического надзора, определяется рядом нормативных актов, в том числе федерального уровня. Распространяя требования указанных документов на область измерений нормируемых характеристик и параметров ЭМС РЭС и учитывая особенности этой области измерений, можно определить объекты метрологического обеспечения испытаний РЭС на ЭМС:

Из представленной таблицы видно, что точность оценки нормируемых характеристик и параметров ЭМС определяется метрологическими характеристиками используемых средств измерений, условиями, в которых проводят измерения, методами (методиками) измерений и алгоритмами обработки измерительной информации.

Средства измерений характеристик и параметров ЭМС предназначены для измерений уровней и частот сигналов, как излучаемых в окружающее пространство, так и наводимых в цепях связи, управления, сигнализации, питания.

Типовой измеритель характеристик и параметров ЭМС представляет собой систему из первичных преобразователей, измерительного устройства и, как правило, ПЭВМ со специализированным программным обеспечением.

В качестве первичных преобразователей при полевых измерениях (измерении напряженности электрического и магнитного полей (ЭМП), плотности потока энергии (ППЭ))

используются магнитные рамочные антенны, электрические дипольные, биконические, логопериодические антенны, рупорные и т.д. Для измерений нормируемых характеристик радиопомех в трактах используют измерительные токосъемники, пробники напряжения, поглощающие клещи, V- и T-образные эквиваленты сети.

<i>Объект метрологического обеспечения</i>		<i>Основной НТД</i>	<i>НТД на методы</i>
Средства измерений (испытания в целях утверждения типа СИ)	Измерительные антенны	ПР 50.2.009 МИЗ290-2010	ГОСТ Р 8.574-2000 ГОСТ 8.463-82 ГОСТ 8.309-78
	Измерительные комплексы		
	Прочие СИ		
Испытательное оборудование (аттестация)	Безэховые камеры	ГОСТ Р 8.568-97	ГОСТ Р 50414-92 ГОСТ Р 50011-92 ГОСТ Р 50320-99 ГОСТ Р 50318.16.1.4-2008
	Антенные полигоны		
	Измерительные площадки		
Методики измерений и документация (метрологическая экспертиза и аттестация)	Методики измерений	ГОСТ РВ 8.563-2009 ГОСТ РВ 8.573-2000 ГОСТ Р 8.596-2002 ГОСТ РВ 8.573-2000	-
	Методики испытаний		
	Технические задания		
	Эксплуатационная документация		
Программное обеспечение (аттестация и идентификация ПО)	Метрологически значимая часть программного обеспечения СИ	ГОСТ Р 8.654-2009	Программы и методики испытаний

Исходя из особенностей решаемых измерительных задач при испытаниях на ЭМС выбор измерительного устройства целесообразно остановить на селективных (частотно-избирательных) средствах измерений, имеющих во входном тракте физически реализованные фильтры, обеспечивающие этот измеритель необходимыми характеристиками частотной избирательности.

Согласно требованиям действующих нормативно-технических документов измерительное устройство, используемое в сфере обороны и безопасности нашей страны должно иметь утвержденный тип средства измерений и быть метрологически обеспеченным в эксплуатации.

Особенность метрологического обеспечения измерителей характеристик и параметров ЭМС заключается в том, что проведение их поверки (испытаний) традиционным поэлементным способом затруднительно в силу того, что в этом случае объединение частных составляющих погрешности, найденных при поверке (испытаниях) основных узлов некорректно из-за различия законов их распределения. Так, на частотах свыше 100 МГц, основной вклад в суммарную погрешность вносит погрешность из-за рассогласования, распределение которой отличается от нормального закона (подчиняется закону арксинуса).

Исходя из этого, целесообразен комплектный способ поверки (испытаний), при котором определяется суммарная погрешность измерений физической величины (напряженность, сила тока, мощность и т.д.).

Определяющими, на наш взгляд, нормируемыми метрологическими характеристиками у измерителей характеристик и параметров ЭМС является погрешность измерений напряженности ЭМП и ППЭ ЭМП, а также погрешность измерений частоты сигнала.

Определение погрешности измерений частоты сигнала технически достаточно просто. Так как в трактах первичных преобразователей преобразование частоты не происходит, то сигнал известной частоты подается непосредственно на вход измерительного устройства и вход частотомера. Затем считываются показания их индикаторных устройств, и по известным формулам рассчитывается погрешность измерений.

При определении погрешности измерений напряженности поля измерителями ЭМС с магнитными антеннами первичный преобразователь (антенну) помещают в ТЕМ-камеру, где формируется однородное нормированное электромагнитное поле, величину напряженности магнитной составляющей которой измеряет испытываемое средство. Имеющаяся в ФГКУ «ГНМЦ» Минобороны России ТЕМ-камера, входящая в состав измерительной установки К2П-70, позволяет проводить испытания измерителей ЭМС с магнитными антеннами в диапазоне частот от 20 Гц до 300 МГц, причем погрешность воспроизведения единицы напряженности магнитного поля не превышает $\pm 7\%$. Возможно проведение испытаний как методом эталонного поля, так и методом замещения.

При определении погрешности измерений напряженности поля измерителями ЭМС с электрическими антеннами в диапазоне частот от 20 Гц до 30 МГц первичный преобразователь помещается в однородное электромагнитное поле, формируемое между обкладками кольцевого или плоского конденсатора. В диапазоне частот свыше 30 МГц испытание измерителей ЭМС осуществляется методом эталонного поля, либо методом замещения.