

## «ТехноЭМС`2013». Физика взаимодействий



**19 и 20 ноября 2013 года прошла первая научно-техническая конференция «Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости» — «ТехноЭМС`2013». Мероприятие было долгожданным: стандарты устаревают, электромагнитная обстановка усложняется, а специалисты не успевают набирать необходимую квалификацию. Тема электромагнитной совместимости наукоемкая, поэтому необходимы обширные знания в нескольких областях. При этом от качества ее проработки на практике зависит не только успешная сертификация и выход оборудования на рынок, но и стабильная работа систем, многие из которых являются критическими для работоспособности объектов и безопасности людей. Организаторами конференции выступили группа компаний «Диполь», Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, ТК 30 «Электромагнитная совместимость», Московский институт электроники и математики НИУ «Высшая школа экономики», Метрологическая ассоциация промышленников и предпринимателей, НИЦ «САМТЭС» и компания TESEQ.**

### «Не ждать указаний свыше»

Конференция открылась приветственным обращением от Министерства промышленности и торговли, Росстандарта и РСПП. В преддверии пленарного заседания Н.Ю. Новиков, заместитель директора Департамента государственной политики в области технического регулирования и обеспечения единства измерений Минпромторга России, акцентировал внимание на переходе от системы организа-

ции «сверху вниз», как при плановой экономике, к формированию структуры согласно потребностям участников рынка. Николай Юрьевич предложил собравшимся не ждать окончательных редакций законов и стандартов, а участвовать в их создании на стадиях внесения инициативы и обсуждения. В частности, он обратил внимание на то, что пока валидна только поверка приборов, а правовой статус калибровки необходимо определить и в результате прийти к единому стандарту.

Официально приравнять статус калибровки к статусу поверки представляется возможным уже в 2014 году. Документ об этом планируется разместить на сайте Минпромторга и РСПП. Н.Ю. Новиков попросил специалистов анализировать информацию на этих ресурсах и принимать участие в доработке документов. По его словам, чиновник должен не придумывать законопроекты, а выбирать из тех, что предложены бизнесом.



После этого председатель пленарного заседания, руководитель московского представительства группы компаний «Диполь» д. т. н., профессор А. С. КРИВОВ объявил

конференцию открытой. Он подчеркнул, что, несмотря на составленный план и четкое расписание, если в ходе мероприятия появится потребность в организационных изменениях, она будет учтена.

### Концепция ЭМС. Смещения во времени и пространстве



Первый доклад прочел В. С. КАРМАШЕВ, представитель ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств». Тема его выступления — «Фонд национальных и межгосударственных стандартов в области ЭМС и задачи по его гармонизации и развитию». С момента организации Технического комитета прошло уже 20 лет (1993–2013 гг.). По словам В. С. Кармашева, за несколько лет до создания комитета на международном уровне произошло изменение концепции ЭМС. В 1985–1990 гг. электромагнитную совместимость понимали, в первую очередь, как способность оборудования или системы удовлетворительно функционировать, не создавая помех. В современное понятие ЭМС вкладывается совместимость устройств не столько друг с другом, сколько с окружающей электромагнитной средой, насыщенность которой многократно выросла за прошедшие десятилетия.

К сожалению, в России новая концепция еще недостаточно воспринята. В связи с этим остается необходимость изменения подхода для более эффективного использования радиочастотного спектра.

Требования ЭМС в международных стандартах представляют собой, с одной стороны, устойчивость функционирующего по назначению аппарата к воздействию на его порты электромагнитных помех конкретных видов, а с другой — нормы электромагнитных помех конкретных видов, создаваемых функционирующим аппаратом на его портах. Под портами аппарата понимают интерфейсы с внешней электромагнитной средой.

Обычно это порты корпуса, электропитания переменного и постоянного тока, ввода/вывода, сигнализации, управления, заземления и др. Требования устойчивости аппарата включают уровни испытательных воздействий электромагнитных помех и критерии качества функционирования при воздействии на различные интерфейсы.



По сути, некоторые аспекты той же темы раскрыл в своем выступлении Ю. Н. СМЕРНОВ (КВФ «Интерстандарт»). Его доклад был озаглавлен следующим образом: «Особенности применения методов испытаний на соответствие требованиям технического регламента Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств» и метрологического обеспечения испытаний». Выступающий обозначил как проблемы несоответствия отечественных стандартов и международных, в частности, принятых в Европе, так и несоответствие требований действующих стандартов реальной практике.

В 2005 году было дано заключение о невозможности аккредитации наших лабораторий в Европе, в том числе из-за несоответствия метрологическим стандартам. Принятые в России процедуры поверки не устраивают Евросоюз. К примеру, при отечественной методике поверки антенн вместо допустимых 5 дБ погрешности получается на 8 дБ больше. Кроме того, требуется учет не только электромагнитных «провалов», но и выбросов, происходящих за счет переходных процессов. В целом европейские стандарты требуют более подробной документации и объемных протоколов, чем допускается у нас.

В данный момент, по словам Ю. Н. Смирнова, есть примеры, когда испытания в четырех разных аккредитованных российских лабораториях давали четыре разных результата. Преградой является и использование собственных методик и ГОСТов с кириллическими обозначениями. Необходимо увеличить точность и достоверность измерений в отечественных лабораториях и привести их процедуры и стандарты в соответствие с международными. В качестве возможных

и желательных мер предлагается замена поверки калибровкой.

Как отметил В. С. Кармашев, введение новых стандартов в области ЭМС в качестве норм в Российской Федерации и на международном уровне стало основной задачей вновь созданного российского технического комитета по стандартизации. За 20 лет работы ТК 30 было подготовлено свыше 200 гармонизированных национальных и межгосударственных стандартов. (Гармонизированными стандартами называют те, которые обеспечивают взаимозаменяемость продукции и/или взаимопонимание результатов ее испытаний.)

Национальные стандарты ЭМС (ГОСТ Р) в скором времени будут заменены на новые межгосударственные стандарты (ГОСТ). В соответствии с Программой национальной стандартизации начиная с 2013 года ТК 30 должен работать только над межгосударственными стандартами (ГОСТ), идентичными международным и европейским.

Е. А. Святош из ФГУП «Крыловский государственный научный центр» добавил, что целью технического регламента ЭМС считается устранение вероятности аварийных ситуаций. Стандартный подход к обеспечению ЭМС, в соответствии с которым нужно, чтобы все оборудование не создавало электромагнитных помех и было экранировано от среды, он назвал тупиковым. Пока именно этот путь отражен в техническом регламенте. Но с ростом электромагнитной насыщенности пространства следовать ему становится все сложнее. Так, в США стандарты ЭМС по военной технике пересматриваются каждые два-три года в сторону увеличения числа учитываемых параметров и ужесточения требований. Следовательно, возрастает нагрузка на все обеспечивающие и контролирующие органы.

В этих условиях был предложен альтернативный подход. В его рамках помехоактивность и помеховосприимчивость корректируются по отдельным ключевым элементам. В частности, разработаны методики оценки электромагнитной обстановки на палубах и в помещениях на всех стадиях проектирования. В процессе производства эти оценки последовательно уточняются.

Перед началом испытаний проводится досдаточный этап. Это контроль качества выполненных работ, он соответствует только своему собственному стандарту и никак не относится к юридическому аспекту верификации. Эта стадия необходима, так как при расчетах трудно учесть все параметры, вплоть до вентиляционных отверстий, нарушающих экранирование.

Большая часть рынка (около 90%), по словам Л. Н. Кечиева, занимается внутрисистемной ЭМС, так как межсистемные вопросы решаются однажды для класса случаев. Внутрисистемные же согласования при разработке аппаратуры нужны постоянно.



## Проблемы проектирования



Одним из самых информативных стал доклад Л. Н. КЕЧИЕВА (МИЭМ НИУ «Высшая школа экономики») «Внутрисистемная ЭМС: состояние, проблемы и тенденции». Профессор Кечиев кратко рассказал об основных рисках при расчете ЭМС и этапах разработки приборов, привел несколько примеров катастроф, случившихся из-за электромагнитных помех, на военно-морском флоте, в авиации и космической промышленности. Как и многие докладчики, Л. Н. Кечиев отметил усложнение электромагнитной обстановки и ряд новых факторов, таких как появление вероятности высотных ядерных взрывов и мощных направленных широкополосных электромагнитных импульсов, расширение спектра как в сторону сверхвысоких частот, так и в область низких, а также актуализация гигагерцевой области частот.

Согласно его докладу развитие техники сейчас определяют тенденции к повышению быстродействия систем, их миниатюризации и при этом к сокращению времени разработки и поставки оборудования на рынок, что задает повышенные требования к методам обеспечения ЭМС. Одной из основных проблем профессор назвал необходимость рассчитывать электромагнитную совместимость на этапе проектирования, то есть работать с параметрами еще не существующих систем. Также были названы основные причины, по которым необходима верификация на уровне проектных решений. В первую очередь, это невозможность принять многие решения при проектировании конструкции быстродействующих электронных средств на основе интуиции и прошлого опыта и отсутствие у многих конструкторов необходимых знаний в области схемотехники, теоретических основ электротехники и электродинамики. Наиболее целесообразными типами верификации для быстродействующих систем были названы параметрическая, временная, целостности сигнала и электромаг-

нитной совместимости. Л. Н. Кечиев представил концепцию «сдвига влево», особенность которой в проведении максимального количества составляющих элементов верификации на ранних стадиях проектирования на основе виртуального прототипа.

В ходе дискуссии профессор Л. Н. Кечиев уточнил ключевую практическую сложность проектирования. Это переход от теоретических моделей к реальным объектам. Необходимо знать технологии их создания, чтобы учитывать вентиляционные и технологические отверстия и прочие особенности конструкции, напрямую не связанные с функционалом. К тому же есть еще одна сложность: разнообразная аппаратура, по отдельности проходящая необходимые этапы верификации, вместе не всегда работает корректно.

Основными вопросами обеспечения ЭМС ТС, требующими пересмотра в части проектирования, были названы провода и кабели в конструкции; конструирование печатных плат; проектирование многослойных печатных плат (стеков), шин питания, линий связи; фильтрация и ограничение по амплитуде, экранирование в конструкциях.

## Подготовка специалистов

Как один из ведущих специалистов и преподаватель, профессор Кечиев многократно отметил проблемы подготовки специалистов. По его статистике, очень небольшой процент разработчиков обладает таким уровнем профессионализма, чтобы в достаточной мере учитывать тонкости ЭМС при проектировании систем. Рост компетенций инженеров не успевает за повышением сложности задач, а существующие методики устаревают быстрее, чем разрабатываются новые. С образованием и программами повышения квалификации в данной области дела обстоят не лучшим образом, равно как и со специализированной литературой, особенно на русском языке. В частности, новые книги по экранированию на русском языке, по словам докладчика, не выходили 25 лет.

Уникальным центром знаний по ЭМС профессор назвал Новую инженерную школу (НИШ), включающую в себя ряд курсов по наиболее важным темам: основы ЭМС для проектировщиков, проектирование печатных плат быстродействующих цифровых устройств, экранирование технических средств, мощный ЭМИ и защита электронных средств, ЭМС систем и установок, технология печатных плат и радиационная стойкость аппаратуры.

Важным событием после объединения МИЭМ с Высшей школой экономики профессор назвал приобретение 12 новых тематических изданий, которые сейчас находятся в библиотеке МИЭМ. Большая часть книг по ЭМС издается в США. В России, несмотря на дефицит подобной литературы, автор

скорее всего будет вынужден выпускать книгу за свой счет. При всей остроте темы единственный российский специализированный журнал по электромагнитной совместимости пока насчитывает всего 170 постоянных подписчиков. Главным двигателем интереса к проблеме служат проблемы с сертификацией и выходом на рынок, рано или поздно встающие перед большинством производителей оборудования.

При обсуждении проблем подготовки кадров и самой системы образования для специалистов в этой области профессор Кечиев предложил начинать с заинтересованных предприятий, которые обеспечивали бы «заказ» на специалистов и участвовали в магистерской программе. Однако магистерская программа требует, чтобы на нее поступали бакалавры, которых в стране еще практически нет.

## Качество электроэнергии



Директор НПП «Прорыв» д. т. н. В. А. ТУХАС выступил с докладом на тему «Информационно-технологический подход к решению задач обеспечения качества электроэнергии, энергоэффективности и энергетической безопасности». Он кратко обрисовал состояние вопроса на данный момент и обозначил наиболее важные темы, как то, выбор средств измерений, направление развития стандартов и анализ показателей качества электроэнергии. Все это входит в понятие энергетической безопасности, призванной не только обеспечить непрерывную подачу достаточного количества электроэнергии с определенными характеристиками, но и энергосбережение, эффективность и устойчивость к природным и техногенным воздействиям.

Эти требования зафиксированы в Федеральном законе № 382 от 03.12.2011 г. «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса».

Статья 10 Федерального закона гласит: «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)». В свою очередь, эти задачи раскладываются на измерительные и относящиеся к технологиям получения новых знаний.



С докладом «О порядке построения системы средств измерений для диагностического контроля качества электроэнергии в узлах электрической сети» выступил И. Л. БАРАНОВ (ФГБОУ ВПО НИУ ЭМЭИ). Он уточнил, что нарушение качества электроэнергии может повлечь за собой не только проблемы с напряжением, но и выход из строя или снижение эффективности оборудования. В. А. Тухас в своем выступлении приводил данные о том, что ущерб от ненадлежащего качества электроэнергии по 16 промышленным секторам стран Евросоюза составляет 1% от годового товарооборота — это 150 млрд евро ежегодно, а в США — около \$200 млрд ежегодно. По России подобной статистики нет.

Анализ результатов измерений, полученных с помощью системы мониторинга электроэнергии в режиме реального времени в США и Канаде, показал, что 96% событий в электросети имеют длительность менее 2 с, а более 30% простоев технологического оборудования вызваны проблемами с качеством электроэнергии.

Основная задача мониторинга — не столько ликвидация текущих проблем, сколько их анализ, прогнозирование и предотвращение потенциально возможных. НПП «Прорыв» предлагает собственные средства измерений показателей качества электроэнергии: «Прорыв-КЭ» и «Прорыв-Т».

И. Л. Баранов привел примеры из практики США и Канады, где каждый пользователь имеет учетную запись, позволяющую следить за качеством электроэнергии с помощью связанного с этой записью контрольно-измерительного прибора.



Последнее заседание конференции началось с доклада И. А. ГИНИЯТУЛЛИНА (НПП «Марс-Энерго»). По его словам, массовый выпуск средств, искажающих качество электроэнергии, начался с конца XX века. Искажения тока, например, могут давать различные виды ламп. В связи с этим появилась необходимость в приборах для проверки измерительного оборудования, в том числе в автоматическом режиме. Пример — поверочные установки серии УППУ-МЭ. То, что вручную будет проверяться несколько дней, автоматически может быть проверено за несколько часов. Существуют варианты в портативном исполнении для проверки приборов на местах, что особенно актуально для счетчиков.

### Измерительное и калибровочное оборудование



А. Е. ЕСКИН (ФГУП «ВНИИФТРИ») представил доклад «Калибровка токосъемников и инжекторов тока, применяемых при испытаниях по ЭМС». Он сообщил, что в последнее время увеличилось количество поступающих в поверку токосъемников с частотным диапазоном до 1000 МГц.

В условиях реальной поверочной лаборатории иметь большой спектр калибровочных устройств для различных токосъемников нерентабельно. Был изготовлен прибор, в основу которого положено калибровочное устройство, описанное в ГОСТ Р 51317.4.6-99. Особенность этого устройства в том, что оно достаточно большое и имеет разборную конструкцию. Это позволяет устанавливать практически все приходящие в калибровку токосъемники (в том числе неразъемные). К стандартной центральной жиле изготовили две дополнительные диаметром 10 и 2 мм для обеспечения возможности калибровать токосъемники с малым окном.

Для подтверждения корректности работы прибора был проведен эксперимент. В месте расположения токосъемника в разрыв центральной жилы поместили термопреобразователь ТВБ-5. На частоте 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 0,3 дБ, что существенно ниже обычно требуемой при калибровке: 1–2 дБ. Расхождение результатов калибровки, полученных на этой установке, и данных производителя обычно не превышает 1–2 дБ.



О. Б. ЖЕРУЛЬ (НИЦ «САМТЭС») подготовил доклад на тему «Особенности аттестации установки для испытаний на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю по МЭК 61000-4-3». В нем рассматривается вопрос выбора материала поглотителя.

В установке для испытаний на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю по МЭК 61000-4-3 для перекрытия всего диапазона частот от 80 до 6000 МГц теоретически необходимо использовать



комбинацию из ферритового («низкочастотного») и вспененного («высокочастотного») материалов. Но из-за высокой стоимости и трудоемкости обеспечения такой конфигурации НИЦ «САМТЭС» предлагает проверить достаточность использования вспененного материала TDK IS-045 в полосе частот от 80 до 1000 МГц в полубезэховой экранированной камере.

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). 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.

### ЭМС в атомной энергетике



В. Н. САРЫЛОВ («ВНИИАЭС») представил доклад «Особенности подтверждения соответствия технических средств объектов использования атомной энергии требованиям ЭМС в рамках ФЗ РФ и ТР ТС».

До 1986 года тема ЭМС на ОИАЭ не поднималась. После чернобыльской аварии основные силы были брошены на модернизацию потенциально ненадежных систем. Казалось, что главное — это восстановить мощности, упавшие из-за введенных мер предосторожности. Но после нескольких инцидентов ЭМС была признана важным аспектом безопасности и работоспособности АЭС. В настоящее время требования электромагнитной совместимости регулируются пунктами Федеральных законов № 170 «Об использовании атомной энергии» и № 184 «О техническом регулировании».

Специалисты ядерной отрасли также сталкиваются с распространенной проблемой

различий в стандартах у разных производителей. Стандарты регулярно дорабатываются, в частности, учтены косвенные требования технического регламента Таможенного союза, пункты ФЗ-184 относительно пассивных технических средств. На международном уровне главным нормативным документом является МЭК 62003:2009.

### ЭМС в небе и на море



Выступление Л. Н. ТЯПКИНА (концерн «Вега») было посвящено теме «Анализ требований и сложности оценки внутрифюзеляжной электромагнитной совместимости крупных бортовых радиоэлектронных комплексов». Так как при проектировании летательных аппаратов необходимо разместить большое количество мощной аппаратуры в ограниченном объеме, одна из основных проблем, с которой сталкиваются инженеры, — частичное перекрытие спектров полезных сигналов одних приборов и помеховых полос других. Докладчик утверждает, что необходима дифференциация в ГОСТах по ЭМС для различных составляющих бортовых систем, в разных зонах внутреннего и внешнего пространства фюзеляжа и внутри отдельных конструктивных единиц оборудования.

Д. В. ЛАЗАРЕВ (ЦНИИ «Курс») ознакомил аудиторию с технологией обеспечения комплексной электромагнитной безопасности на сложных технических объектах морской инфраструктуры. На море проектировщики также сталкиваются с необходимостью плотного размещения аппаратуры с сильными электромагнитными полями. При этом часть морских объектов относится к нефтегазовой промышленности, крайне требовательной к пожаробезопасности.

Значительную часть морских сооружений составляют металлоконструкции, на которые электромагнитные поля наводят значительное напряжение. Наводимые напряжения вызывают косвенные риски. Например,

повышается вероятность искрообразования, что может повысить уровень пожаро- и взрывоопасности. ЭМС, по мнению докладчика, — непрерывная, а не дискретная величина, то есть она должна не только «присутствовать», но и иметь достаточный запас.

ЭМС включает в себя электромагнитную эмиссию, устойчивость к помехам и электромагнитную безопасность. Последняя, в свою очередь, включает в себя методы оценки степени допустимости и последствий рисков, вероятность реализации риска и вероятность того, что риск будет выявлен на стадии разработки-отладки. Для этого введено понятие матрицы рисков, которая позволяет считать как значения отдельно для каждого из видов, так и интегральные величины. Интегральная формула рисков позволяет найти самое узкое место на стадии проектирования.

В завершение первого дня конференции выступил А. Н. Деметьев (ФГУП «ЦНИИмаш»). Он прочел доклад «Разработка проекта национального стандарта «Совместимость космической техники электромагнитная». Программа обеспечения ЭМС». В работе обоснована необходимость создания единой электронной базы данных по электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств космических комплексов. База должна помогать при анализе 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 и ракетно-космических комплексов в окружающей группировке электронных средств на космодроме. Потребность в такой базе данных и технические возможности для ее создания существуют, но на данный момент ни одна система в этой области не содержит достаточно информации и аналитических данных.



## Парадоксы молниезащиты



К. В. ЕРМАКОВ («Энергодиагностика») выступил с докладом «Перспективные способы повышения эффективности систем молниезащиты». Основной парадокс в этой сфере — традиционные системы молниезащиты повышают локальную грозовую активность и, как следствие, — вероятность инцидентов, связанных с ударами молний. Классический стержневой молниеприемник (стержень Франклина) провоцирует разряд, что может привести к прорыву защиты. Безыскровой молниеотвод основан на том же принципе, что и стержневой, с той лишь разницей, что распределяет энергию заряда по большей площади. Активный молниеприемник стоит значительно дороже классических вариантов, при этом практика не подтверждает его существенного превосходства.

Наиболее эффективным и безопасным проявил себя ионизатор. Эта система молниезащиты ионизирует атмосферный воздух вокруг защищаемого объекта аналогично знаку молниевых разрядов. В результате разряд не провоцируется, а вероятность удара в защищаемый объект крайне низка. Такой способ защиты хорошо проявил себя на практике, в частности, в Африке, где в районах расположения объектов происходит 1–2 разряда в день, и в Израиле, при защите военных объектов. Также достаточно эффективной показала себя купольная система молниезащиты по профилю Роговского.

Результаты исследований и практического применения различных схем молниезащиты показали низкую эффективность классических методов и связанных с ними высокий риск поражения объекта молнией. Отсюда следует необходимость внедрения и развития новых, менее распространенных систем.

## Защита от статического электричества

А. С. Кривов (группа компаний «Диполь») выступил с докладом «Методы испытаний средств защиты электронных устройств

от воздействия электростатических разрядов». Согласно статистике, около 50% отказов ЭКБ происходит из-за электростатических разрядов. Применяются следующие способы борьбы с электростатикой: заземление, специализированные материалы с особыми свойствами, увлажнители и ионизаторы, экранирование объектов защиты. Существует несколько групп стандартов по электростатической защите: общетехнические, методов испытаний средств защиты, методов испытаний материалов и общих требований. 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 утверждена в виде российских национальных стандартов серии ГОСТ Р 53734. Стандарты позволяют контролировать состояние средств защиты и гарантировать защиту на предприятии на требуемом уровне.

Все основные стандарты приняты в адаптированном для применения на отечественных предприятиях виде. Консалтинговый и испытательный центр по электростатической защите электронных производств на базе компании «ESD Эксперт» проводит испытания всех средств защиты (в том числе собственного производства «Диполь») и предоставляет консультационные услуги. Аккредитована испытательная лаборатория по сертификации средств электростатической защиты по ГОСТ Р 53734. Проводятся испытания вплоть до обуви и полов. Полы, к примеру, нужно не только сделать из подходящего материала, но и соблюсти технологию их укладки.

Источники неопределенности результатов испытаний: неоднородность материала, неполный учет влияния внешних условий (особенно динамически меняющихся, например влажности), погрешность калибровки прибора, неполный контакт электрода с материалом, переходные процессы, нерепрезентативная выборка измерений, субъективная погрешность, погрешность измерений, случайный разброс результатов при идентичных условиях измерений. Повторяемость результатов в лабораторных условиях равна 0,3–0,5, а межлабораторная — более 0,7. К тому же со временем меняются свойства материалов. На мебель дается гарантия стабильности свойств сроком на 10 лет.

Для полноценной защиты необходимо постоянно анализировать все: от предметов вокруг до одежды. Основные измерения в области антистатической защиты: электрическое поле, потенциал напряжения на поверхности и в пространстве, заряд, плотность заряда и ток. Внимательное отношение и новые разработки в области электростатической защиты способны существенно снизить инциденты с электростатическими разрядами.

## Особенности испытаний на устойчивость к кондуктивным помехам



А. П. СМІРНОВ, д. т. н., руководитель направления ЭМС и радиоизмерений группы компаний «Диполь», представил доклад «Развитие требований к показателям электромагнитной совместимости и методам их оценки». Его выступление отличалось предметностью, в нем был отражен большой опыт практической работы в области ЭМС и радиочастотных помех. Докладчик перечислил составляющие ЭМС: оценка эмиссии кондуктивных помех (CE), оценка эмиссии излучаемых помех (RE), оценка устойчивости к кондуктивным (CS) и к излучаемым помехам (RS), оценка эмиссии и устойчивости к искажениям питающей сети (PQT). Также были упомянуты нормативные документы, содержащие различные группы требований: к бытовому, научному и медицинскому приборам (МЭК, МСКРП, отчасти МСЭ, в частности, стандарты серии 61000-X-XX); оборудованию оборонного и специального назначения (MIL STD 461, 462 и другие стандарты различных версий); продукции гражданского авиастроения (KT-160D) и автомобилестроения (ISO 7637-X и другие стандарты SAE).

По статистике около 40% трудозатрат при испытаниях приходится на оценку устойчивости к излучаемым помехам. Поэтому особое внимание следует уделить оборудованию для RS-тестирования: излучающим антеннам, генераторам плоского поля и реверберационным камерам. Были предложены типовые конфигурации из тестовых приборов TESEQ и других производителей. В качестве альтернативы традиционным методам специалисты «Диполь» предлагают реверберационные камеры (РК).

Особенность описанных реверберационных камер — в возможности создания однородного широкополосного многомодового поля без выраженных пиков в значительной области пространства. Причем широ-

копосность может обеспечиваться как за счет изменения геометрии камеры, так и за счет введения отражателей/смесителей. Смеситель может вращаться дискретно или непрерывно, обеспечивая динамическую смену частот в тестовой зоне, которой может являться пространство, отстоящее от стенок реверберационной камеры как минимум на  $1/4$  наибольшей используемой длины волны. Контрольная калибровка камеры производителем выполняется при помощи зонда в «угловых» точках тестовой зоны. Одной из важнейших характеристик РК наряду с экранированием является высокий коэффициент отражения.

Основные достоинства этого способа проверки: отсутствие потребности в поглотителях, большой рабочий объем, равномерное поле для всех направлений в любой ориентации и поляризации, унифицированное оборудование для оценки эмиссии и устойчивости, эффективное преобразование мощности, для чего нужны слабые усилители, возможность создания и облучения в ГГц-диапазоне, соответствие стандартам в автомобилестроении и ОПК, высокая повторяемость измерений. В докладе присутствовали как физические обоснования принципов работы ГТЕМ-ячеек и реверберационных камер, так и конкретные примеры их применения на практике. К слабым местам относятся потребность больших камер для испытаний на низких частотах, отсутствие таких методов испытаний в некоторых промышленных стандартах, необходимость сравнения с результатами оценки эмиссии и результатами испытаний на открытой площадке.



Андреас КЛИНК (Andreas KLINCK) из компании TESEQ GmbH выступил с докладом на тему «Испытания на устойчивость к низкочастотным кондуктивным помехам». Основные источники таких помех — неисправности в распределении питания от сети, электромагистраль и некорректное заземление. Различные типы источников в разной степени могут присутствовать одновременно. Наведенные помехи часто являются причиной снижения производительности или выхода оборудования из строя.

Помимо причин возникновения помех и способов борьбы с ними, докладчик рассказал также об уровнях защищенности. Он представил несколько аппаратных решений TESEQ для борьбы с низкочастотными излучениями.

## Итоги и планы

Выступления перешли в дискуссию и подведение итогов, в ходе которого единогласно было решено регулярно проводить конференции по ЭМС. Было предложено внести в повестку дня такую тему, как мощный электромагнитный импульс, его воздействие на электронные средства и методы их защиты, исследование на импульс и на серию импульсов. Также была указана необходимость более подробного обсуждения защиты авиатехники от молниевых разрядов и защиты от сверхширокополосного импульса. По аналогии с зарубежными нормативами обсуждалось назначение испытаний приборов и систем на ЭМС в качестве первой ступени проверки пригодности к эксплуатации.

Пользуясь случаем, участники конференции сообща уточнили ряд практических вопросов, особенно те, что касаются кабелей и тросов. К примеру, определили необходимые параметры коаксиального кабеля: оптическая плотность оплетки около 80–90%, заземление с двух концов и неприменимость в работе с низкими частотами.

А.С. Кривов поблагодарил участников за положительную оценку конференции. По его словам, это в какой-то степени аванс, так как раньше подобных мероприятий не было в принципе. Сейчас ЭМС уделяется серьезное внимание. Все отрасли идут в этом вопросе примерно одним путем, поэтому коммуникация между ними носит не только общенаучный, но и сугубо практический характер.

Следующую конференцию группа компаний «Диполь» планирует провести в конце 2014-го — начале 2015 года. ■

**У нас была возможность задать несколько вопросов председателю технического комитета ЭМС технических средств ТК 30, ведущему специалисту НИЦ «САМТЭС» к. т. н. Николаю Исхаковичу ФАЙЗРАХМАНОВУ. Как один из организаторов конференции и главный специалист по стандартизации ЭМС в России, он смог дать наиболее полные ответы на вопросы о проблемах и потребностях отрасли, задачах и перспективах мероприятия.**

— *Данная конференция актуальна именно сейчас или стоило бы провести ее раньше?*

— Сложно сказать, к каким результатам она может привести. То, что она проходит сейчас, прекрасно, но лучше было бы провести ее лет на 10 раньше. Потому что проблемы ЭМС крайне сложны и разнообразны. Они актуальны для многих областей — мирных, военных, систем безопасности, атомной энергетики, поэтому иногда возникает ощущение, что люди из разных областей занимаются несвязанными вопросами. У них разная методология решения проблем, разные подходы, разная терминология. И очень хорошо, что они собрались сейчас вместе.

— *Почему так сложно изменить в России отношение к проблемам ЭМС? Ваши коллеги сказали, что международное сообщество перешло на новые концепции и к пониманию ключевых моментов значительно раньше. Что вы об этом думаете?*

— Это очень трудный вопрос, и на него очень сложно ответить. Можно сказать следующее: к примеру, в Европе, США, Японии рынок — не новое дело. А изменения в системе подтверждения соответствий, в системе технического регулирования определяются изменениями и переходом от нерыночных отношений к рыночным в первую очередь. Поэтому в России это происходит достаточно сложно. Мы вынуждены принимать во внимание не только международный опыт в этой области, но и тот опыт, который был в СССР, в том числе наши собственные стандарты ЭМС. Я не согласен, что поворот от старого к новому подходу к методологии ЭМС прошел в 1980–90-х годах. Еще в 1950-х годах появился приказ об промышленных радио-помехах. Если говорить вообще, сложность — в переходе к рынку и в изменении психологии людей. Многие привыкли к административному распорядку, и, как сказал представитель Минпромторга, трудно сделать так, чтобы процесс пошел снизу вверх.

— *Как вы думаете, когда мы сможем соответствовать международным стандартам? Когда наше оборудование начнет пропускать в Европу?*

— Давайте разделим этот вопрос на две части. Если говорить о стандартах, то сейчас многие области, в том числе и наша, готовы выпускать свои стандарты, идентичные международным, европейским в том числе. Но, кроме стандартов, есть еще процедуры подтверждения соответствия, есть системы технического регулирования, которые во многом не совпадают с общепринятыми в мире, в Европе, так как есть ряд принципиальных отличий. Когда мы придем к тому, каким образом преодолеть эти различия, тогда и нам станет проще



проходить верификацию в Европе, а европейским производителям оборудования — у нас.

**— Как вы думаете, насколько итоги этой конференции повлияют на ситуацию в отрасли?**

— Как ни банально это прозвучит, но любая встреча, любая дискуссия, любой обмен мнениями специалистов определенной отрасли ведет к более четкому пониманию задач в рамках этой отрасли и способов реализации этих задач. Поэтому влияние прошедшей конференции трудно переоценить, даже если это не очень заметно сегодня, сразу после ее окончания. Лично я как стандартизатор вижу перспективу создания некоего научно-технического комитета, ассоциации на базе ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств», обмен мнениями и информацией в рамках которой проходил бы на постоянной основе. А в идеале все это могло бы вылиться в разработку национальных либо межгосударственных стандартов, учитывающих новые идеи, касающиеся процессов изготовления и испытаний продукции. В наше время основная задача для реализации этого проекта — найти источники финансирования.

Однако пока я не могу оценивать результаты в полной мере. В любом случае, это первый шаг.

**— Какими были задачи конференции? Насколько они были выполнены?**

— Повторюсь, главная задача конференции — обмен информацией о состоянии дел и о новых разработках и идеях в различных областях отрасли — была достигнута. Единственная тема, которая показалась мне недостаточно раскрытой, — это вступление в силу технического регламента Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств» (ТР ТС 020/2011) и связанные с этим совершенно новые условия для изготовления продукции и подтверждения ее соответствия. Правда, винить в том, что эта тема была затронута только вскользь, я могу лишь самого себя. Уверен, что на следующей конференции, которая запланирована на конец 2014 года (и, по моему скромному мнению, должна быть международной), эта тема будет одной из основных. ■

*Материал подготовила Ольга ЛАРИНА*