

Андрей Кашкаров

Микроэлектромеханические системы и элементы

Оформление, издание, ДМК ©
Пресс, 2018

4.3. Устойчивость микромагнитоэлектронных систем к электромагнитному импульсу

Защита электронного оборудования энергосистем от воздействия ЭМИ, способного нарушить их нормальную работоспособность или полностью вывести из строя, приобрела особую актуальность. Способность оборудования нормально функционировать в условиях воздействия внешних электромагнитных помех называется электромагнитной совместимостью (ЭМС). Методика испытаний оборудования на ЭМС хорошо отработана и описана в многочисленных стандартах. Однако, несмотря на то что электромагнитный импульс, а точнее, его составляющая E_1 , – это всего лишь одна из разновидностей электромагнитных помех, от которых должно быть защищено электронное оборудование МЭМС, он имеет некоторые существенные отличия и особенности, требующие уточнения и корректировки известных методов испытания на ЭМС.

Особенностями ЭМИ являются: очень короткая длительность возмущающего воздействия (одиночный импульс длительностью в несколько наносекунд), в течение которого должен быть зафиксирован сбой в работе испытываемого оборудования (ИО). Поэтому количество режимов работы ИО, контролируемых в процессе испытаний, весьма ограничено. При испытании на устойчивость к ЭМИ нельзя, к примеру, изменять с помощью подключенного к ИО компьютера какие-то режимы работы ИО и наблюдать его реакцию на эти изменения, как это обычно

делается при испытаниях на ЭМС в так называемой безэховой камере, когда ИО длительное время находится под воздействием электромагнитного излучения.

Опасны так называемые «мягкие повреждения» (softfaults, softfailures, softerrors), особенно в элементах памяти электронного оборудования, которые далеко не всегда могут быть выявлены мгновенно в процессе испытаний. В аппаратуре, подвергнутой испытаниям, они могут проявиться лишь через значительное время после проведения испытаний, к примеру при обращении к поврежденным участкам памяти для выполнения определенных операций или к определенным программным модулям. Испытательный стенд ЭМИ состоит обычно из бетонного основания с заложенной в него металлической сеткой, играющей роль одного электрода, и второй металлической сеткой, расположенной на высоте до 10...15 метров над бетонным основанием, играющей роль второго электрода. Между этими двумя электродами и прикладывается импульс высокого напряжения с выхода специального генератора (чаще всего это генератор Маркса на основе набора высоковольтных конденсаторов и управляемых разрядников). Использовать сетку, заложенную в бетонное основание стенда и подключенную к генератору, в качестве системы заземления ИО, как правило, запрещается.

Испытание существующего оборудования без средств защиты серией импульсов с последовательно возрастающей амплитудой импульсов от 20 % максимально возможного уровня до 100 %. Целью испытания являются:

- поиск наиболее чувствительного к ЭМИ вида (или видов) оборудования;
- определение максимального значения амплитуды ЭМИ, выдерживаемого без повреждений самой аппаратурой, с целью последующего расчета требуемого уровня дополнительной защиты, дополняющей ослабление, вносимое самой аппаратурой, до уровня, регламентируемого стандартом.

В связи с опасностью наличия «мягких» повреждений в сложной микропроцессорной электронной аппаратуре после воздействия на нее испытательного импульса, даже в том случае, если в процессе тестирования не будет зафиксировано видимых повреждений или сбоев в ее работе непосредственно в процессе проверки, необходимо подвергнуть ее тщательной полной проверке на функционирование после проведения испытаний. В этой связи испытание с целью определения требуемого уровня дополнительной защиты должно сопровождаться тестированием на функционирование после каждого уровня воздействия ЭМИ. Несомненно, это значительно усложняет испытание, так как после каждого импульса с более высокой амплитудой испытываемый объект должен быть подвергнут функциональному тестированию, а для этого к ИО после каждого цикла испытаний должны быть подключены тестовые

системы. Упростить процесс испытаний можно, если использовать мобильные программируемые тестовые системы и заранее запрограммировать их для требуемого функционального тестирования. Такие системы выпускаются компаниями DOBLE, ISA, Omicron, Megger и др. и широко применяются в защите.

Как правило, электронное оборудование с датчиками МЭМС расположено не в металлических шкафах, а в неэкранированном виде в кирпичных или бетонных зданиях, несущественно ослабляющих воздействие ЭМИ, это означает, что в реальных условиях различные элементы общей системы будут подвергнуты различным по интенсивности электромагнитным воздействиям.

Еще одна особенность ЭМИ, которую следует учитывать при испытаниях, – наличие не только вертикальной составляющей электромагнитного поля направленного действия, но и значительной горизонтальной составляющей этого поля. Поэтому при расположении элементов испытываемой системы между нижней и верхней сетками излучающей антенны испытательного стенда необходимо устанавливать их под определенным углом к поверхности земли, с тем чтобы обеспечить воздействие на них обеих этих составляющих.

При испытаниях должны быть предусмотрены средства фиксации изменения параметров ИО в процессе воздействия ЭМИ (расположенные, естественно, в защищенной зоне). В качестве таких средств могут быть использованы внешние самописцы, запоминающие импульсные осциллографы с автоматически запускаемым триггером, а также параллельно с этим и собственные встроенные в ИО регистраторы аварийных событий.

В зависимости от выбранной цели испытания система должна быть снабжена теми или иными средствами защиты: специальными фильтрами, ограничителями перенапряжений, экранированными кабелями и т. п. – или не иметь никаких специальных средств защиты.

Для электронных систем, расположенных в капитальных железобетонных или кирпичных зданиях, снабженных защитой от молний, без специальных защитных фильтров может быть выбрана концепция номер 2b. Этой концепцией предусматривается ослабление конструкцией здания уровня ЭМИЗ на 20 дБ в полосе частот 100 кГц...30 МГц. Для выбранной концепции и компонента E1 напряженность электрического поля излучения, воздействующего на испытываемый объект, устанавливается 5 кВ/м (уровень R4), напряженность магнитного поля 13,3 А/м. Для сравнения: для деревянных зданий, не ослабляющих ЭМИЗ, напряженность электрического поля составляет 50 кВ/м (уровень R7). Для той же концепции и компонента E2 напряженность электрического поля устанавливается 10 В/м, магнитного поля – 0,08 А/м. Параметры импульса ЭМИЗ описаны в стандартах 61000–2–9, 61000–2–10, 61000–2–11, MIL-

STD-461F: время нарастания импульса (передний фронт) 2,5 нс, ширина импульса 25 нс.

На следующем этапе выбирается уровень испытательного воздействия для КИВ в соответствии со стандартом 61000–4-25. Для выбранной концепции номер 2b и при наличии подключенных к рассматриваемому объекту не заглубленных в грунт проводов выбирается уровень испытательного воздействия E8 (для обеспечения нормальной 50 %-ной вероятности устойчивости объекта) или E9 (для 99 %-ной вероятности). Уровень E8 предполагает устойчивость испытуемого объекта к импульсному напряжению 8 кВ, а уровень E9–16 кВ. Вероятность 50 % считается в стандарте нормальной и может применяться для гражданской аппаратуры. Под испытательным импульсом напряжения КИВ подразумевается так называемый Electrical Fast Transient (EFT) – быстрый импульс, параметры которого (кроме амплитуды испытательного напряжения) и методика испытаний описаны в стандарте IEC61000–4–4.

Ранее генераторы EFT с требуемым уровнем выходного напряжения 8 кВ выпускались компаниями TESEQ, Kentech Instruments Ltd. и Thermo Electron Corp на основе вакуумного управляемого разрядника, формировавшего тестовые импульсы. С появлением мощных полупроводниковых коммутирующих элементов (IGBT-транзисторов) выпуск генераторов на вакуумных разрядниках был прекращен всеми этими тремя компаниями, поскольку импульсы, формируемые транзисторами, оказались намного более стабильными и «правильными», чем импульсы, формируемые вакуумным разрядником. К сожалению, одновременно с повышением стабильности генерируемых импульсов пришлось снизить их амплитуду. Но ни один из выпускаемых генераторов EFT не удовлетворяет полностью требованиям стандартов по амплитуде импульса (8 кВ). Наиболее близкой амплитудой к требуемому значению амплитуды импульса обладает генератор типа PEFT8010.

Допустимый для данного типа ИО и для данного типа испытаний вид реакции на электромагнитные воздействия (во время и после испытания) называется критерием качества функционирования (ККФ).

Таковыми реакциями могут быть:

- графические искажения на дисплее ИО, мигание или погасание экрана;
- отображение на экране неверных данных;
- искажение или потеря сигналов или данных;
- нарушение функционирования или полная потеря каналов связи;
- ложное срабатывание датчиков;
- ложная активация систем;
- резкое снижение способности систем к обработке и передаче информации, а также неправильное ее функционирование;

- сбои в работе программного обеспечения;
- зависание системы;
- автоматическая перезагрузка компьютеризированной системы;
- полный отказ функционирования системы вследствие повреждения источника ;
- отказ элементов источника питания или перегорания предохранителей в цепях питания;
- физическое разрушение внутренних электронных компонентов ИО.

В базовом стандарте IEC 61000–4-25 предложены лишь пять типов ККФ, обобщающих перечисленные выше реакции ИО:

а) нормальное функционирование в соответствии с установленными нормами;

б) временное ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции с последующим восстановлением нормального функционирования, без вмешательства оператора;

в) временное ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции, восстановление которых требует вмешательства оператора или перезагрузки системы;

г) ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции, которые не могут быть восстановлены оператором из-за потери данных или повреждения оборудования;

д) ухудшение качества функционирования, которое может повлечь за собой возникновение опасности для персонала, к примеру пожар.

В связи со сложностью и высокой стоимостью проведения испытаний оборудования на стойкость к ЭМИ испытаниям должны быть подвергнуты лишь некоторые виды оборудования, нарушение работоспособности которых может привести к крупным авариям. Планирование испытаний электронного оборудования энергосистем на устойчивость к ЭМИ должно начинаться с четкого и понятного формулирования цели испытаний, которых может быть несколько.

Электронное оборудование энергосистем должно испытываться не в виде отдельных изделий, а в виде системы, включающей несколько электронных устройств (как минимум два), объединенных системой связи между ними, общей системой заземления, общим источником питания, источниками управляющих сигналов и т. п. При планировании испытания должны быть составлена функциональная схема такой системы и перечень необходимого оборудования, участвующего в испытаниях.

В зависимости от конкретного вида ИО должен быть заранее составлен перечень параметров, контролируемых в процессе воздействия ЭМИ,

продумана методика контроля этих параметров и выбраны соответствующие виды аппаратуры для фиксации изменения этих параметров в процессе испытаний.

Воздействие ЭМИ на электронное оборудование может проявляться не только мгновенно в процессе испытаний, но и иметь скрытые последствия. Поэтому, помимо контроля состояния ИО в процессе испытаний, необходима полная проверка функционирования ИО после завершения испытаний на стенде-симуляторе ЭМИ, а также после подачи на ИО тестового высоковольтного импульса контактным способом. Для испытаний электронного оборудования энергосистем на устойчивость к ЭМИ необходимы два типа воздействий, проводимых в дополнение к полному комплексу стандартных испытаний на электромагнитную совместимость:

- импульсное электромагнитное излучение с длительностью фронта импульса 2 нс, шириной импульса 25 нс и с напряженностью поля 5–50 кВ/м;

- быстрый импульс 5/50 нс (EFT) с амплитудой импульса 8 кВ, подаваемый контактным способом на входы ИО.

**Вся глава 4.3 в полном объеме
является откровенным плагиатом и
составлена из кусков текста
скопированном из нескольких моих
статей.**

И это всего-навсего лишь один из «шедевров» гениального **Андрея Петровича Кашкарова** – универсального специалиста в области книготорговли, электроники, сантехники, похоронных обрядов, спутниковой навигации, газового хозяйства, сотовой связи, компьютеров, разведения овец, детской психологии, электромобилей, кондиционеров, веревочных креплений и узлов... а теперь еще и в области высотного ядерного взрыва

(см. ниже)

Универсальный специалист 21 века



Андрей Петрович Кашкаров родился 26 июня 1972 г. в Ленинграде. Писатель, публицист, библиофил, общественный деятель. С 1992 г. проходил службу в правоохранительных органах России. Ветеран боевых действий. В 1997 году окончил Книготорговый техникум Санкт-Петербурга.

(не дай Б-г такой еще ночью приснится...)

Аккумуляторы. Справочник



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

В книге рассматриваются современные аккумуляторы для бытовой радиоэлектронной аппаратуры, их электрические и технические ...

Электронные фокусы для любознательных детей



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Если читая детскую сказку о Маше и трех медведях, вы относили ее похождения к разряду веселых приключений, а не к страшилкам с ...

Похоронные обряды и традиции



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Эта книга о похоронных обрядах, о вековых устоях, которые чтили наши предки, перехода в мир иной. В XX веке ушел в прошлое огромный ...

Популярный справочник радиолюбителя



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Как заменить радиоэлементы? Как подобрать отечественные компоненты вместо зарубежных? Как быстро и просто подключить силовые ...

Система спутниковой навигации ГЛОНАСС



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС), разработанная в советское время для военных целей, сегодня активно ...

Краткое руководство слесаря-ремонтника газового хозяйства



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Вы держите в руках практическое справочное пособие слесаря-ремонтника газового хозяйства, в котором содержатся сведения по ...

Конструкции вокруг сотового телефона



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Автор, выпустивший множество книг для радиолюбителей, предлагает усовершенствовать устаревшие модели сотовых телефонов и с ...

Персональные видеорегистраторы для личной безопасности. ...



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Первыми (2014 год) персональными видеорегистраторами (нательными камерами) оснащали полицейских, медиков бригад скорой помощи, ...

Сам себе сантехник. Сантехнические дачные коммуникации



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Всесезонный водопровод в доме и освещение дачного участка с замаскированной проводкой – мечта целого поколения современных ...

Современные обогреватели. Типы, расчет мощности, ремонт – ...



Андрей Кашкаров - 2017 - Preview

Современный дом, квартиру, офис невозможно представить без обогревателей. В данной книге помещена вся необходимая информация для ...

Содержание и разведение овец



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

На основании собственного опыта разведения овец и применения продуктов мяса и шерсти автором приведены многочисленные советы по ...

Современные электромобили. Устройство, отличия, выбор для ...



Андрей Кашкаров - 2017 - Preview

Электромобили теснят машины с двигателями внутреннего сгорания и гибридные автомобили на всех динамично развивающихся мировых ...

Автономное электроснабжение частного дома своими руками



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Аварии электросети (блекауты), локальные, техногенные и масштабные катастрофы могут в миг вывести из строя всю отлаженную систему ...

Развиваем нестандартное мышление. ТРИЗ для детей



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Методы ТРИЗ улучшают системное мышление, развивают логику, оттачивают умение находить креативные и оптимальные решения. ...

Чтение в средней школе



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

На страницах книги с двух углов зрения (родителя и подростка) рассматриваются значение, приемы и практические методики приобщения ...

Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции



Андрей Кашкаров - 2017 - Preview

Альтернативные источники энергии – ветер и солнце являются постоянно возобновляемыми, практически вечными видами энергии. В ...

Установка, ремонт и обслуживание кондиционеров



Андрей Кашкаров - 2017 - Preview

В жаркое время одним из самых востребованных видов бытовой техники становятся устройства, позволяющие максимально комфортно жить ...

Новации в читальном зале. Развивающие игры, мотивационные ...



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

В книге описаны апробированные приемы и новации в обучении детей чтению, которые библиотекарь-практик может использовать в своей ...

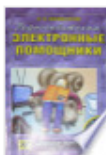
Бытовые современные счетчики газа и газоанализаторы для ...



Андрей Кашкаров - 2017 - Preview

Вы держите в руках практическое справочное пособие по бытовым счетчикам газа и газоанализаторам, в котором помимо технических ...

Радиолюбителям: электронные помощники. Схемы для комфорта



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

В книге собраны принципиальные электрические схемы и описания простых электронных устройств для развития творчества ...

Эмоциональные поведенческие реакции подростков и методы их ...



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

В книге описываются результаты когнитивно-поведенческой терапии при локализации психосоматических расстройств, возникающих у ...

Ядерный щит России



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview - More editions

Политическая и оперативная обстановка динамично изменяется. Один внезапный ядерный удар – и России нет? Что мы можем ...

Сам себе сисадмин. Победа над «домашним» компьютером



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Практический опыт, описанный в книге, предназначен для освоения во время экономического кризиса, когда цены на новое оборудование ...

Веревочные крепления и узлы



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Оказывается, обыкновенную бельевую веревку можно довести до совершенства. Главная ее особенность – в специальном плетении, на ...

Как приохотить ребенка к чтению



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

На страницах книги рассматриваются приемы и методы приобщения к семейному чтению и мотивации личного интереса. Даются ...

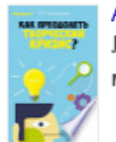
Импульсные источники питания: схемотехника и ремонт



Андрей Кашкаров - 2017 - Preview

Ремонт и обслуживание импульсных источников электропитания невозможны без знания принципов их работы и методов диагностики ...

Как преодолеть творческий кризис?



Андрей Кашкаров - 2017 - Preview

Любой человек, работа или хобби которого связаны с творчеством, в определенные моменты жизни сталкивается с творческим кризисом, ...

Обыкновенное финское чудо



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Эта увлекательная книга с элементами путеводителя познакомит вас с достопримечательностями Финляндии, но не только с ними. По ...

Экологически чистые продукты на вашем участке. Практическая ...



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview - More editions

Об истории биодинамики спорят, ее изучают, претворяют в жизнь. Существенное отличие биодинамического сельского хозяйства от ...

Современные био-, бензо-, дизель-генераторы и другие ...



Андрей Кашкаров - 2017 - Preview

Книга о разных типах генераторов, преобразующих горючее топливо в тепло или электрический ток. Если тепловыми генераторами, ...

Адаптация мигрантов. Роль библиотеки. Методические ...



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Миссия книги: обсуждение перспектив и актуальных проблем в условиях работы с трудовыми мигрантами-читателями в стенах библиотеки. ...

Казачьи традиции, обычаи, культура (краткое руководство ...)



Андрей Кашкаров - 2018 - Preview

Эта книга о казачьих обрядах, традициях, культуре, о вековых устоях, которые чтити наши предки, и к которым сегодня современники ...

Отходы – в доходы. Правила и проекты безубыточного ...



Андрей Кашкаров - 2017 - No preview

Данная книга создана для освещения нетрадиционных решений в повседневной жизни, и конструировании необычных вещей и устройств ...

Это еще не конец списка... Просто надоело копировать
ссылки на «произведения» этого проходимца