

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ. РЕАЛЬНАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ ИЛИ НЕОБХОДИМАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Чаплыгин Андрей Викторович

начальник сектора функциональных испытаний инженерно-технических средств защиты отдела технических экспертиз и функциональных испытаний ФКУ «НИЦ «Охрана» Росгвардии,

Гребенкин Анатолий Викторович

старший научный сотрудник ФКУ «НИЦ «Охрана» Росгвардии

«29 июля 1967 года в Тонкинском заливе около 10:50 по местному времени стояла шикарная погода. Свежий морской бриз не давал яркому солнцу нагреть палубу корабля. На авианосце «Форрестол» техники спешно готовили самолеты ко второму вылету на бомбежку «тропы Хо Ши Мина». Пилот Том Кларк нехотя забирался в кабину своего F-4 Phantom II, когда его буквально смела с борта струя 127-мм неуправляемого реактивного снаряда «Zuni», вырвавшегося из подкрыльевой кассетницы его самолета. Ракета перелетела через полетную палубу и ударила в подвесной топливный бак под крылом готовившегося к взлету штурмовика A-4 Skyhawk с бортовым номером 405, за штурвалом которого находился командер-лейтенант Фред Уайт. Благодаря предохранительному механизму ракета не взорвалась, однако бак сорвало с крыла и выплеснувшееся из него топливо воспламенилось. От перегрева начали взрываться топливные баки других самолетов. Пламя стало распространяться по палубе. Через несколько минут начали взрываться бомбы, пробившие в бронированной палубе большие отверстия, через которые горячее топливо стало стекать внутрь, в жилые помещения и на палубу ангара...

Огонь на полетной палубе был локализован в 12:15, во внутренних помещениях – к 13:42. Полностью пожар был потушен в 04:00 следующего утра.

В результате пожара погибли 134 члена экипажа и 161 человек был ранен. Многие самолеты были сброшены за борт во избежание возгорания и взрывов. Из военно-морского регистра был вычеркнут 21 самолет. Материальный ущерб составил \$ 72 миллиона, не считая стоимости сгоревших самолетов.

Проведенным расследованием установлено, что наиболее вероятной причиной катастрофы могло послужить воздействие излучения радиолокатора авианосца на электронные системы самолета через

бортовой кабель с поврежденным заземлением экрана».

Такие события могли бы быть сюжетом для очередного фантастического блокбастера для «Universal Pictures», но, к сожалению, они реальны.

В современном мире даже для овощей и фруктов, покупаемых нами в магазине, основным показателем пригодности считается отсутствие нитратов, уровень которых необходимо контролировать, а для электронных технических средств установление одно немаловажное требование – электромагнитная совместимость.

Электромагнитная совместимость (ЭМС) определяется как способность электронного технического средства функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам.

Под электромагнитной обстановкой (ЭМО) понимается совокупность электромагнитных явлений и процессов в заданной области пространства, а под помехой – электромагнитное явление, процессы, которые снижают или могут снизить качество функционирования технического средства.

Исторически первые задачи, относящиеся к электромагнитной совместимости, возникли почти одновременно с радиотехникой и были связаны с распределением частот радиовещания, борьбой с помехами радиоприему. По мере роста числа и многообразия радиотехнических устройств, электрооборудования, появления новых видов технических средств наблюдалось распространение задач электромагнитной совместимости на новые объекты, возникла необходимость рассмотрения не учитываемых ранее видов помех, применения новых подходов.

После Второй мировой войны методы и средства борьбы с помехами стали применяться в системах телевидения, подвижных средствах связи, в радиоэлектронных

комплексах как в бытовой обстановке, так и в промышленности, а также на транспорте (корабли, самолеты, электропоезда, автомобили). При внедрении первых образцов вычислительной техники столкнулись с непонятными сбоями – потерей информации, выдачей ложных команд. Переходные процессы в сети электропитания даже при включении простого паяльника приводили иногда к «зависанию» цифровых схем. Вычислительная техника оказалась восприимчива к импульсным помехам в сети электропитания, разрядам статического электричества, импульсным электрическим и магнитным полям, не опасным для обычного радиооборудования. С другой стороны, цифровые схемы при своей работе способны создавать радиопомехи. Внедрение полупроводниковых преобразователей электроэнергии выявило влияние создаваемых ими помех на средства автоматизации, вычислительной техники, радиосвязи, навигации и различные элементы электроэнергетической системы. Появилась необходимость контроля и учета искажений питающего напряжения, низкочастотных и высокочастотных гармоник, создаваемых преобразователями.

За последнее десятилетие наблюдается быстрый рост информационных систем всех видов, снижение уровней полезных сигналов при одновременном повышении количества и мощности различного электрооборудования, способного создавать высокий уровень помех. Если не будут приняты необходимые меры, проблема ЭМС в перспективе может только обостриться.

Наиболее характерные примеры влияния параметров ЭМС на безопасность электронной техники:

- отказы и сбои систем управления механизмами и технологическими процессами производства;
- отказы электронных систем контроля и управления транспортом (из-за внешнего электромагнитного излучения и электромагнитной несовместимости элементов бортовой аппаратуры);
- отказы систем наведения и посадки самолетов и т. п.

Подобные сбои могут привести к крупным экологическим катастрофам и большим человеческим жертвам. Невыполнение требований ЭМС способно причинить значительный материальный ущерб из-за сбоев систем управления автоматических производственных линий, неустойчивой работы линий связи, потери информации в компьютерах и т. д.

Сегодня, когда бизнес стал оперативным, когда сделки могут заключаться по факсу или при помощи электронной почты, некачественная связь не просто досадное явление – это материальные потери.

Не менее опасны отказы из-за несоблюдения требований к ЭМС медицинской аппаратуры диагностики и жизнеобеспечения человека, например стимулято-



Рис. 1. Источники электромагнитных помех

ра сердца или аппарата «искусственная почка» и др.

О вредном влиянии на здоровье человека электромагнитного излучения различного рода радиоэлектронного оборудования, особенно ВЧ (сотовые телефоны, радиостанции, СВЧ печи, ВЧ установки, станции космической, радиорелейной, тропосферной связи, РЛС) известно всем. С целью его снижения разработаны нормы предельно допустимых уровней излучения технических средств.

На рисунках 1 и 2 схематично показаны возможные источники электромагнитных помех.

Ряд инцидентов, причиной которых явились нарушения электромагнитной совместимости, приведены в таблице 1 – это случаи электромагнитной несовместимости, создавшие угрозу безопасности людей.

Отсюда понятно, почему вопросам ЭМС уделяется особое внимание во всем мире. Введены в действие и постоянно совершенствуются международные и национальные

Рис. 2. Основные источники электромагнитного излучения в современной жизни человека

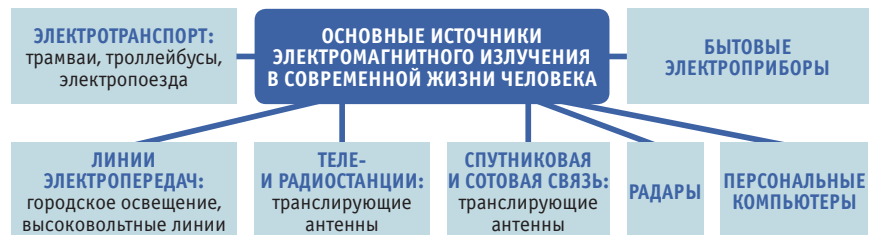


Табл. 1. Причины нарушения электромагнитной совместимости

Инцидент и его последствия	Установленная причина
Попадание ракеты «Экзосет» в английский эсминец «Шеффилд» во время англо-аргентинского конфликта из-за Фолклендских островов. Пожар и гибель эсминца	Вынужденное выключение радиолокатора противоракетной обороны во время работы средств связи
Отклонения в работе навигационных приборов, зафиксированные на самолетах гражданской авиации США. Ложные изменения курса, устраненные только вмешательством наземного диспетчера. Угроза столкновения самолетов	Воздействие на навигационные приборы работающих электронных средств пассажиров, таких как сотовые телефоны, компьютеры, плееры, видеокамеры
Нарушение радиосвязи, обеспечивающей безопасность полетов, в одном из аэропортов США. Опасность для жизни пассажиров	Воздействие электромагнитного поля, создаваемого электронной контрольно-кассовой машиной, расположенной в миле от аэропорта
Сбой в компьютеризированном пульте управления клапанами на заводе полупроводников в Великобритании. Утечка хлора	Воздействие на пульт по цепям питания импульсных напряжений, вызванных переходными процессами
Отключение медицинского монитора и дефибрилятора в машине скорой помощи, ошибочная работа мониторов легочной деятельности и анестезии в больницах США. Гибель пациента, опасность для жизни пациентов	Воздействие электромагнитного поля радиопередатчиков и электроинструментов на медицинское оборудование
Остановка автомобилей на автомагистрали в Германии в районе расположения радиостанции. Угроза столкновения	Воздействие мощной радиостанции на бортовое электрооборудование автомобилей

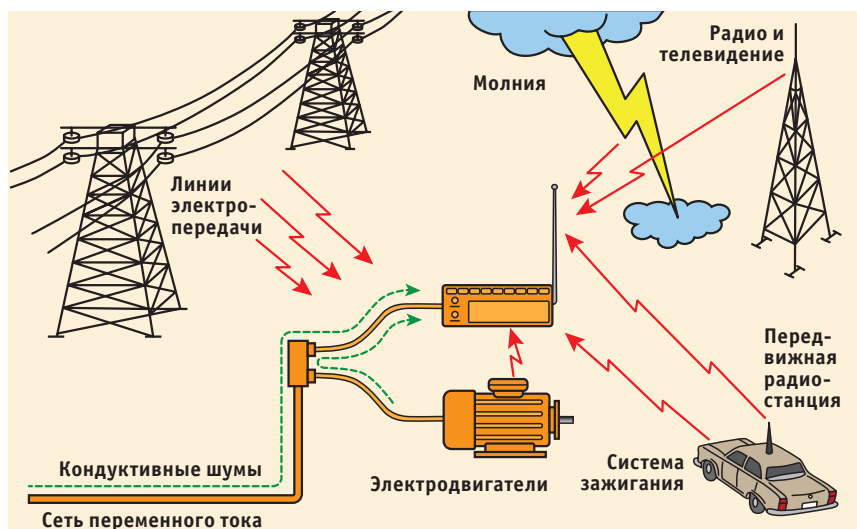


Рис. 3. Источники помех в работе транспортных средств

стандарты, содержащие требования к разнобразному оборудованию по ЭМС. Продукция, не соответствующая требованиям ЭМС, не допускается на рынки не только Европы, но и многих стран мира.

Источников помех (рис. 3), способных вызвать сбой или отказ в работе ТС, существует множество.

Однако наиболее часто встречаются следующие помехи:

- наносекундные помехи, которые, как правило, бывают вызваны срабатыванием механических контактов выключателей и реле, различным искрением, например «щеток» в электродвигателях;
- микросекундные помехи, связанные с работой реактивных элементов в цепях мощных нагрузок (зарядка конденсаторов, а также отдача энергии, накопленной в обмотках моторов, соленоидов и пр.), помехи от мощных

природных или искусственных источников энергии, прежде всего от грозовых разрядов;

- помехи от электростатических разрядов, в основном это помехи, возникающие при касании «наэлектризованным» человеком различных электрических цепей;
- помехи, вызванные работой близко расположенных радиопередатчиков. Целесообразно все помехи разделить на три абстрактных типа:
 - наносекундные помехи;
 - мощные помехи (микросекундные и электростатические);
 - радиочастотные помехи.

Практически все реальные помехи могут быть представлены как комбинации этих трех абстрактных. Поэтому если электронное устройство устойчиво ко всем трем абстрактным типам помех, то с высокой степенью вероятности оно будет устой-

чиво и к реальным помехам, независимо от их происхождения.

Требования к электромагнитной совместимости различных видов технических средств установлены в десятках стандартов, а для ТСО необходимое и достаточное количество требований ЭМС установлено в ГОСТ Р 50009-2000 «Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства охранной сигнализации. Требования и методы испытаний».

Стандарт разработан таким образом, чтобы при испытании ТСО достаточно аккуратно и максимально реально имитировать основные существующие помехи. В нем приведен набор необходимых и достаточных методов испытаний, которым должны быть подвергнуты ТСО при испытаниях на ЭМС и установлены требования к допустимому уровню помех.

В таблице 2 представлена номенклатура требований, норм и методов испытаний.

Для определения качества функционирования ТСО, работающих в различной электромагнитной обстановке (на улице, в помещениях с малым электропотреблением, в промышленных районах и в бытовой обстановке), стандартом установлены степени жесткости воздействия помех при испытаниях и классификация критериев качества функционирования.

Стандарт применяется для стационарных, подвижных и портативных (носимых) ТС, предназначенных для применения в помещениях и вне их.

Воздействия и измерения электромагнитных помех при испытаниях ТСО осуществляется через границы между ТСО и внешней электромагнитной средой (зажим, разъем, клемма, стык связи, корпус и т. п.), так называемые порты (рис. 4).

Порт корпуса – физическая граница ТС, через которую могут излучаться создаваемые ТСО электромагнитные поля или проникать внешние электромагнитные поля.

Испытания ТСО на ЭМС можно представить схематично.

Конфигурация объекта испытаний и обозначение методов и мест воздействия/измерения электромагнитных помех показаны стрелками на рисунке 5.

Испытания должны проводиться, начиная с измерений радиопомех и заканчивая наиболее опасными для ТСО воздействиями помех (от наименьшей степени жесткости к указанной в технических условиях).

Также в ГОСТ установлены требования к допустимому уровню помехоэмиссии промышленных радиопомех (ИРП) ТСО (рис. 6).

В заключение необходимо отметить, что процедура проведения испытаний на ЭМС достаточно сложна и трудоемка. Во-первых, необходимы специальные помещения, т. к. испытания должны

Табл. 2. Номенклатура норм и требований испытаний

Наименование требования, нормы	Условное обозначение нормы испытаний
1. Требование устойчивости к микросекундным импульсным помехам большой энергии	УК 1
2. Требование устойчивости к наносекундным импульсным помехам	УК 2
3. Требование устойчивости к кратковременным прерываниям напряжения электропитания переменного тока	УК 3
4. Требование устойчивости к длительным прерываниям напряжения электропитания переменного тока	УК 4
5. Требование устойчивости к искажению синусоидальности напряжения электропитания	УК 5
6. Требование устойчивости к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями	УК 6
7. Требование устойчивости к радиочастотному электромагнитному полю	УИ 1
8. Требование устойчивости к электростатическим разрядам	УЭ 1
9. Нормы кондуктивных промышленных радиопомех	ЭК 1
10. Нормы излучаемых промышленных радиопомех	ЗИ 1

проводиться в нормированных условиях. Во-вторых, необходимы соответствующие, аттестованные и поверенные в установленном порядке измерительная аппаратура и испытательное оборудование.

Номенклатура средств измерений и испытательного оборудования содержит десятки наименований. Аппаратура эта крайне сложная и дорогостоящая. Соответственно, и персонал должен обладать необходимыми знаниями и опытом. Поэтому для проведения испытаний на ЭМС создаются специальные лаборатории или центры, которые аккредитуются на право проведения испытаний.

Необходимо отметить, что контроль на стадии реализации продукции в развитых странах очень жесткий и действенный.

Российские производители-экспортеры находятся в некотором затруднении. Им приходится производить продукцию по двойным стандартам (российским и зарубежным) и нередко испытывать ее в зарубежных лабораториях, что значительно дороже.

Приходится учитывать, что наша техническая продукция не так уж желательна на зарубежных рынках, и ей зачастую уделяется особо пристальное внимание в части проверки соответствия установленным в этих странах требованиям. И если это соответствие не подтверждается, санкции применяются очень жесткие.

Поэтому при выборе органа по сертификации и испытательной лаборатории необходимо убедиться в том, что работа проводится качественно. Дешевая сертификация может обойтись очень дорого.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Электромагнитная совместимость. Безопасность электронных систем и аппаратуры, защита окружающей среды и здоровья человека // Электроника: Наука. Технология. Бизнес. 2000. № 2.*
2. *Воршевский А. А., Гальперин В. Е. Электромагнитная совместимость судовых технических средств. 2006.*
3. *Кузнецов Алексей. Об импульсных помехах, приводящих к непредсказуемому поведению цифровых устройств // Схемотехника. 2004.*
4. *Основные понятия в области ЭМС. Защита от излучений. Электромагнитное экранирование: Alfarol.ru. 17.07.2013.*
5. *ГОСТ Р 50009-2000 «Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства охранной сигнализации. Требования и методы испытаний».*

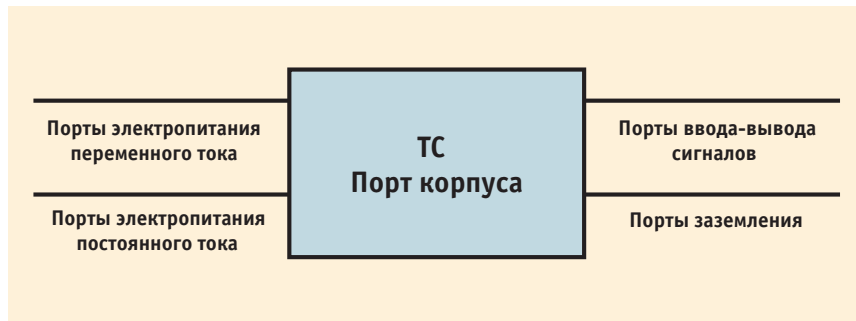


Рис. 4. Излучение и проникновение электромагнитного поля через порт корпуса

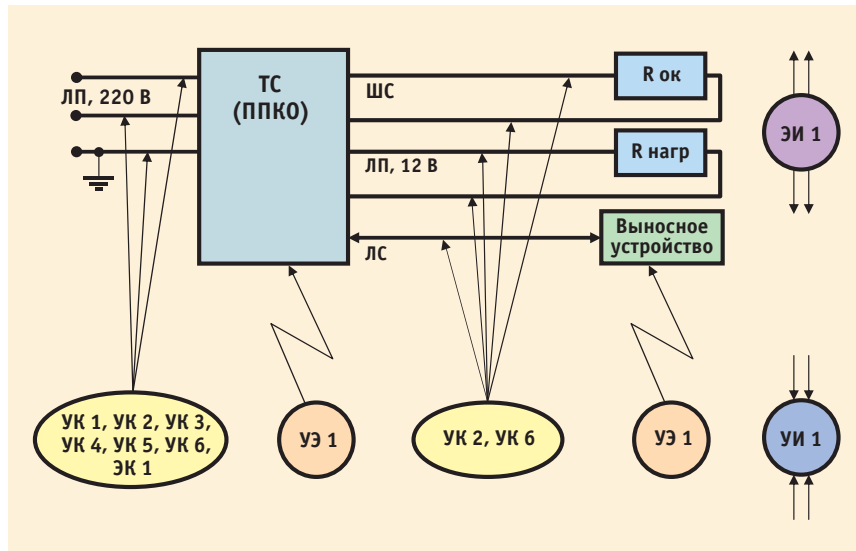


Рис. 5. Методы и места взаимодействия, измерения электромагнитных помех

Рис. 6. Нормы на кондуктивные и излучаемые ИРП по ГОСТ Р 51318.22

Нормы на кондуктивные и излучаемые ИРП по ГОСТ Р 51318.22.

ТС класса А не должны применяться в бытовой обстановке: в жилых, коммерческих и производственных зонах с малым энергопотреблением и подключаться к низковольтным распределительным электрическим сетям. ТС класса Б предназначены для применения в бытовой обстановке: жилых, коммерческих и производственных зонах с малым энергопотреблением (см. ГОСТ Р 51317.6.3).

