

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК СТОЙКОСТИ КОРАБЕЛЬНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОЩНЫХ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

А. А. Тесленко

Центральный научно-исследовательский институт "Курс"

Москва, Россия

E-mail: alla.teslenko@live.ru

Проблема обеспечения стойкости радиоэлектронных систем различного профиля к преднамеренным мощным сверхширокополосным электромагнитным излучениям (МЭМИ) актуальна для всех современных радиоэлектронных комплексов гражданского и специального назначения. В работе проводятся исследования вычислительного эксперимента по определению характеристик электромагнитной стойкости при воздействии одиночных МЭМИ для четырёх видов корабельных радиоэлектронных средств: радиосвязной приёмопередатчик ОВЧ, GPS-приёмник, навигационная РЛС, приёмопередатчик спутниковой радиосвязи.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема обеспечения стойкости радиотехнических систем различного профиля к преднамеренным мощным электромагнитным излучениям (МЭМИ) актуальна для всех современных радиоэлектронных комплексов гражданского и специального назначения. Острая необходимость обеспечения радиоэлектронной защиты (РЭЗ) современных многофункциональных радиоэлектронных комплексов обусловлена высокой степенью интеграции основных видов базовых несущих конструкций радиоэлектронного оборудования, начиная от шкафов и стоек до блоков и функциональных узлов, вплоть до компонентного уровня электронной элементной базы. При этом существенно увеличивается подверженность к различным видам отказов таких систем при влиянии мощного внешнего электромагнитного воздействия, в том числе искусственного происхождения [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

До настоящего времени основным средством подтверждения характеристик стойкости радиоэлектронного оборудования к воздействию как кондуктивных, так и излучаемых МЭМВ являлись результаты лабораторных, полигонных или натурных испытаний образцов техники. Помимо того, что такие виды исследований являются трудоёмкими, сложными и дорогостоящими, проблема интерпретации протоколов результатов таких испытаний является отдельной самостоятельной задачей, решение которой не всегда однозначно. Необходимость более глубокого исследования процессов, происходящих при преднамеренных МЭМИ на радиоэлектронные средства, требует применения аналитических и численных методов их описания. Расчётная оцен-

ка стойкости (РОСт) позволяет на ранних этапах проектирования радиоэлектронных систем прогнозировать их предельно-допустимые уровни (ПДУ) по отношению к МЭМИ. Наличие таких оценок позволит на основных этапах жизненного цикла радиоэлектронного средства оценить качество проведения этапов проектирования, отладки и изготовления образцов продукции и принятых организационно-технических, конструктивно-технологических и структурно-схемотехнических решений, направленных на достижение заданного уровня радиоэлектронной защиты. Применение РОСт актуально не только для перспективных проектируемых радиоэлектронных средств, но и для поставляемых или эксплуатируемых серийных образцов. Преднамеренные МЭМИ с точки зрения временных характеристик являются электромагнитными возмущениями в виде сверхкоротких импульсов (СКИ) с фронтами сигналов порядка десятков-сотен пикосекунд, длительностью порядка единиц-десятков наносекунд и частотой следования до единиц мегагерц. С точки зрения частотных характеристик такие воздействия являются сверхширокополосными сигналами (СШП), занимающими полосы радиочастотного спектра до единиц-десятков гигагерц. Данный класс сигналов является наиболее сложным как для теоретического изучения и исследований, так и для практических реализаций и интерпретации результатов испытаний. При этом сигналы могут быть как униполярными, так и биполярными, одиночными или периодическими [2]. Непосредственное влияние МЭМИ на радиоэлектронные средства различного назначения может привести к трём основным качественным эффектам: при воздействии источника МЭМИ на расстояниях порядка тысяч метров от рецептора воздействия происходит инфор-

мационное подавление, проявляющееся в интенсивном воздействии электромагнитных радиопомех, приводящих к полной потере полезного сигнала на время действия электромагнитного возмущения; при воздействии источника МЭМИ на расстояниях порядка сотен метров от рецептора воздействия происходит функциональное подавление, проявляющееся в полной или частичной потере работоспособности радиоэлектронного оборудования, которая сохраняется не только на время действия электромагнитного возмущения, но и после него, вследствие чего для восстановления работоспособности радиотехнической системы требуется вмешательство оператора; при воздействии источника МЭМИ на расстояниях порядка десятков метров от рецептора воздействия происходит физическое подавление, проявляющееся в физическом разрушении радиотехнических цепей и электрорадиоэлементов оборудования, приводящее к полному выходу из строя отдельных трактов радиотехнической системы, для восстановления работоспособности которой требуется замена функциональных узлов. При рассмотрении излучаемых МЭМВ на радиотехнические системы различного назначения необходимо, в первую очередь, рассмотреть такие воздействия через их антенно-фидерные тракты, которые являются наиболее вероятными рецепторами и наиболее уязвимыми к данному виду воздействий. Разработанная технология расчётно-оценочной экспертизы (РОЭ) стойкости радиотехнических систем различного назначения представляет собой поэтапный анализ различных уровней (контуров) рассматриваемого процесса воздействия излучаемого мощного электромагнитного фактора. Для получения достоверных результатов расчёта необходимо, помимо прочего, наличие детальных исходных данных по всем учитываемым компонентам исследуемого радиоэлектронного средства. При этом из-за необходимости получения таких данных для сверхширокой полосы радиочастот, обусловленной сверхширокополосностью МЭМИ, целесообразно применять системы автоматизированного проектирования (САПР) для электродинамического моделирования и расчёта необходимых характеристик. Преимуществом применения для этих целей САПР является также возможность снижения трудоёмкости получения многочисленных исходных характеристик, возможность расчёта сложных компонентов исследуемого радиоэлектронного средства с учётом их разнообразных геометрических и физических параметров, возможность трансляции полученных численных массивов в пользовательские прикладные программы. Исследовалось воздействие четырёх видов сверхкоротких электромагнитных возмущений в виде уни-

полярных и биполярных импульсов (полупериод синуса, один полный период синуса, двухэкспоненциальный, синус, затухающий по экспоненте), излучаемых четырьмя видами рупорных антенн (пирамидальный, Е-секториальный, Н-секториальный, конический). Объектами воздействий сверхкоротких электромагнитных излучений являлись антенные устройства четырех видов корабельных радиоэлектронных средств: радиосвязной приёмопередатчик ОВЧ (159 МГц) – вибраторная штыревая антенна, GPS-приёмник (1575.42 МГц) – микрополосковая антенна, навигационная РЛС (9.41 ГГц) – антенная решётка, приёмопередатчик космической радиосвязи (11.7 ГГц) – зеркальная параболическая антенна. По итогам проведённых исследований был сделан ряд заключений. Наиболее опасным является биполярный сверхкороткий электромагнитный импульс наносекундного диапазона в виде затухающего по экспоненте синуса, излучаемый пирамидальной рупорной антенной. Наименее эффективным является униполярный сверхкороткий электромагнитный импульс наносекундного диапазона в виде полусинуса, излучаемого зеркальной параболической антенной. Наиболее стойким к МЭМИ из рассмотренных является приёмопередатчик радиосвязи ОВЧ диапазона с вибраторной антенной. Наименее стойким к МЭМИ из рассмотренных является приёмопередатчик спутниковой связи СВЧ диапазона с зеркальной параболической антенной. Одними из определяющих факторов электромагнитной стойкости являются коэффициент усиления антенных устройств и полоса пропускания приёмников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическая значимость разработанной технологии и методического обеспечения получения расчётных оценок ПДУ относительно МЭМИ заключается в возможности на ранних этапах для проектируемых радиоэлектронных средств обосновать организационно-технические, конструктивно-технологические и структурно-схемотехнические решения, направленные на достижение заданного уровня РЭЗ, а для уже существующих радиоэлектронных систем, в том числе эксплуатируемых, существенно улучшить разработку программ и методик лабораторных, полигонных и натурных испытаний на этапе контрольно-инструментальной экспертизы (КИЭ) стойкости к излучаемым МЭМИ.

1. Электромагнитный терроризм на рубеже тысячелетий / Под ред. Газизова Т.Р. - Томск, Томский государственный университет, 2002. — 204 с.
2. Балок Н.В., Кечиев Л.Н., Степанов П.В. Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты. - М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. - 478 с.