

# ВОЗМОЖНОСТИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОЩНЫХ СВЕРХКОРОТКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА

Д. В. Лазарев

Центральный научно-исследовательский институт "Курс"

Москва, Российская Федерация

E-mail: qsk@mail.ru

*Необходимость обеспечения стойкости радиоэлектронных систем различного назначения к мощным сверхкоротким электромагнитным излучениям обуславливает необходимость применения на ранних стадиях их жизненного цикла расчётных методов анализа и оценки. В работе описана технология и механизм применения расчётных методов для оценки электромагнитной стойкости, применяемые на этапе проектирования радиоэлектронных систем. Описываются возможности специализированного исследовательского программного обеспечения для моделирования взаимодействия мощных сверхкоротких электромагнитных излучений на радиоэлектронные средства.*

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема обеспечения стойкости радиоэлектронных средств к мощным (силовым) электромагнитным воздействиям (МЭМВ) является одной из основных при создании современных многофункциональных радиоэлектронных комплексов различного назначения [1, 2]. Функционирование разрабатываемых радиоэлектронных систем в сложной электромагнитной обстановке (ЭМО) становится более традиционным условием их эксплуатации, особенно это характерно для подвижных объектов и сложных наземных инфраструктурных объектов. Тенденция к ужесточению эксплуатационной ЭМО, а также возможная вероятность преднамеренных МЭМВ приводит к выдвиганию повышенных требований к радиоэлектронной защите (РЭЗ) и анализу стойкости, в первую очередь, особо ответственных стратегических радиотехнических объектов специального назначения [3].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Преднамеренные МЭМВ являются дальнейшим развитием методов радиоэлектронного противодействия (РЭП) и ведения радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и относятся в первую очередь к классу методов функционального подавления (ФП). Такие электромагнитные воздействия 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. Основными потенциальными объектами мощных электромагнитных воздействий, определяющими основные аспекты обеспечения электромагнитной безопасности являются четыре класса объектов: радиоэлектронное оборудование различного назначения, работающее в любом сегменте радиочастотного спектра; легковоспламеняющиеся жидкости и газы, имеющие низкие значения температур вспышки; взрывчатые вещества, инициируемые электрическим зарядом; личный состав, персонал, экипаж и другие биологические объекты. Все перечисленные объекты, характеризуются своими особенностями, и требуют отдельного пристального рассмотрения. Необходимость более глубокого исследования процессов, происходящих при преднамеренных МЭМВ на радиоэлектронные средства, требует применения аналитических и численных методов их описания. Расчётная оценка стойкости (РОСт) позволяет на ранних этапах проектирования радиоэлектронных систем прогнозировать их предельно-допустимые уровни (ПДУ) по отношению к МЭМВ. 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. При рас-

смотрении 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 мощного электромагнитного фактора: 1. Сигнальный контур – анализ во временной области электромагнитного возмущения (мгновенной мощности), выдаваемого источником электромагнитного воздействия, с оценкой его параметров (форма, длительность, частота следования, длительность фронта, длительность среза, пиковое значение, время воздействия); 2. Частотный контур – анализ в частотной области электромагнитного возмущения, выдаваемого источником электромагнитного воздействия, с применением прямого быстрого преобразования Фурье (БПФ) для получения амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) зависимости спектральной плотности мощности сигнала; 3. Фидерный контур источника – анализ параметров фидерного устройства (в том числе составного) источника электромагнитного воздействия с оценкой его АЧХ и ФЧХ коэффициента передачи и преобразования транслируемого электромагнитного возмущения; 4. Антенный контур источника – анализ параметров антенного устройства источника электромагнитного воздействия с оценкой его АЧХ и ФЧХ коэффициента передачи и преобразования излучаемого электромагнитного возмущения; 5. Траекторный контур – анализ параметров трассы распространения электромагнитного возмущения с оценкой её АЧХ и ФЧХ коэффициента передачи и преобразования излучаемого электромагнитного возмущения; 6. Антенный контур рецептора – анализ параметров антенного устройства рецептора электромагнитного воздействия с оценкой его АЧХ и ФЧХ коэффициента передачи и преобразования наводимого электромагнитного возмущения; 7. Фидерный контур рецептора – анализ параметров фидерного устройства (в том числе составного) рецептора электромагнитного воздействия с оценкой его АЧХ и ФЧХ коэффициента передачи и преобразования транслируемого электромагнитного возмущения; 8. Защитный контур – анализ параметров схемотехнических защитных устройств от мощных электромагнитных воздействий с оценкой его АЧХ, ФЧХ и переходной характеристики (ПХ) коэффициента передачи и преобразования транслируемого электромагнитного возмущения; 9. Компонентный контур – анализ параметров входных цепей и компонентов рецептора с оценкой их предельно-допустимых уров-

ней (ПДУ) стойкости к мощным электромагнитным воздействиям (анализ во временной области электромагнитного возмущения, дошедшего до входных цепей и компонентов рецептора, с применением обратного быстрого преобразования Фурье (БПФ)). Для каждого описанного уровня анализа рассматриваемого процесса воздействия мощного электромагнитного фактора разработано численно-аналитическое методическое обеспечение, позволяющее проводить оценку применительно к морским радиотехническим системам различного назначения, функционирующим в различных диапазонах радиочастотного спектра. По разработанной технологии и научно-методическому обеспечению было разработано специализированное исследовательское программное обеспечение (СИПО) для моделирования взаимодействия мощных сверхкоротких электромагнитных излучений на радиоэлектронные средства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преимуществом предлагаемого подхода к расчётной оценке стойкости (РОСт) радиотехнических устройств к мощным преднамеренным электромагнитным воздействиям является возможность анализа влияния каждого контура на прохождение рассматриваемого электромагнитного процесса и оценка их вклада в амплитудно-фазо-частотное преобразование структуры исследуемого электромагнитного возмущения. Практическая значимость разработанной технологии и методического обеспечения каждого её этапа заключается в возможности на ранних этапах проектирования радиоэлектронных средств на основе расчётно-оценочной экспертизы их стойкости к потенциальным мощным преднамеренным электромагнитным воздействиям обосновать организационно-технические, конструктивно-технологические и структурно-схемотехнические решения, направленные на достижение заданного уровня радиоэлектронной защиты, а также существенно улучшить разработку программы и методик лабораторных, полигонных и натурных испытаний на этапе контрольно-инструментальной экспертизы (КИЭ) стойкости радиоэлектронных устройств к мощным преднамеренным электромагнитным воздействиям и интерпретации протоколов таких испытаний.

1. Электромагнитный терроризм на рубеже тысячелетий / Под ред. Газизова Т.Р. - Томск, Томский государственный университет, 2002. — 204 с.
2. Баллок 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.
3. ГОСТ Р 51317.1.5-2009 Совместимость технических средств электромагнитная. Воздействия электромагнитные большой мощности на системы гражданского назначения. Основные положения.