

3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 621.38

ВЛИЯНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ИМПУЛЬСОВ ПОМЕХ НА МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

К. А. БОЧКОВ, Д. В. КОМНАТНЫЙ, Н. В. РЯЗАНЦЕВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), построенные на основе аппаратно-программных комплексов, являются высокоинтеллектуальными системами управления движением поездов, обеспечивающими заданный уровень безопасности их функционирования. Вместе с тем использование микроэлектронной элементной базы, микропроцессоров и IT технологий привело к появлению новых видов угроз по обеспечению безопасности движения поездов.

Одним из новых видов угроз микропроцессорным СЖАТ является «электромагнитный терроризм», суть которого заключается в преднамеренном воздействии на них сверхширокополосным импульсом помех (СШИП) высокой энергии.

Следует отметить, что воздействие СШИП различной энергии на микроэлектронные СЖАТ могут приводить как к сбоям в работе объектных контроллеров, так и к физическому разрушению элементной базы, влияющим на возможное появление опасных отказов.

Такие импульсы, в отличие от традиционных источников помех, обладают распределением спектральной плотности в диапазоне от сотен МГц до единиц ГГц, что позволяет им легко проникать в аппаратно-программные комплексы (АПК) микроэлектронных устройств через паразитные емкостные каналы. Отличительной особенностью СШИП является также соизмеримость длительности воздействия импульсов с длительностью рабочих и тактовых импульсов АПК СЖАТ, что делает их намного опаснее, чем воздействие электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва микросекундной длительности с шириной спектра от единиц кГц до сотен МГц.

При проведении испытаний на устойчивость к воздействию СШИП обычно используют специальные генераторы с излучателями на основе антенной решетки из ТЕМ-рупоров или излучателей на основе параболических рефлекторов. Исходя из этого можно предположить использование таких же методов и при преднамеренном воздействии «электромагнитном терроризме» на микроэлектронные СЖАТ. Рупорные излучатели образуют сферические, сравнительно слабонаправленные волны, а параболические рефлекторы формируют плоскую остронаправленную волну с шириной диаграммы в несколько градусов.

В условиях прямой видимости объекта поражения допустимо использовать выражения для поля указанных типов волн во временной области:

$$\text{– плоская волна } E(R, t) = \frac{1}{2} E_m f\left(t - \frac{R}{c}\right) e^{-\frac{\gamma}{2}R};$$

$$\text{– сферическая волна } E(R, t) = \frac{1}{R} E_m f\left(t - \frac{R}{c}\right) e^{-\gamma R},$$

где $E(R, t)$ – мгновенное значение напряженности электрического поля, В/м; E_m – амплитуда напряженности, В/м; R – расстояние, м; t – время, с; c – скорость света, м/с; γ – коэффициент затухания, м⁻¹.

Из приведенных выражений следует, что плоская волна затухает за счет рассеяния в среде, которое в воздушном пространстве достаточно слабо. Сферическая волна затухает с расстоянием и за

счет рассеяния в среде. Поэтому плоские волны являются наиболее опасными с точки зрения функционирования аппаратуры СЖАТ.

Из приведенного соотношения для плоской волны следует, что волна в точке наблюдения имеет ту же форму, что и волна, излученная антенной. Амплитуда волны в точке наблюдения мало изменяется по сравнению с излучаемой. Отверстие в корпусе-экране АПК СЖАТ вырезает из фронта волны импульс напряженности поля $E(t)$, форма которого совпадает с формой импульса излученной волны.

При воздействии на то же отверстие генератором-имитатором сверхширокополосных импульсных помех напряжение генератора также создает импульс напряженности поля в отверстии. Поэтому подобрав генератор соответствующих импульсов или воздействуя на отверстие эквивалентным импульсом, можно косвенно оценить последствия электромагнитного импульса преднамеренного воздействия. Наиболее близким по форме и ширине спектра является использование стандартного генератора электростатических разрядов, например, в соответствии с ГОСТ 30804.4.2

При использовании такого подхода не требуется проводить испытания в безэховых камерах с использованием дорогостоящих генераторов и излучателей СШИП с напряженностями электрического поля от единиц до сотен кВ/м.

Это позволит спрогнозировать поведение АПК СЖАТ при преднамеренном воздействии «электромагнитного терроризма» с предполагаемыми характеристиками используемого генератора в функции от расстояния прямой видимости на объект АПК СЖАТ.

Зная характеристики электрической составляющей поля в раскрытии отверстия, можно численным или аналитическим методом получить оценку поля, проникающего сквозь неоднородность внутрь корпуса ТС ЖАТ, и энергии помех, наведенной в паразитных антеннах узлов ТС. При этом оценка аналитическим методом является пессимистической, так как перекрывает все возможные резонансы в электродинамической системе ТС ЖАТ.

Для практической реализации описанной методики, ускорения расчетной работы в Научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) «Безопасность и электромагнитная совместимость технических средств» (БЭМС ТС) НИИЖТа при БелГУТе разработана программа [1], которая осуществляет расчеты параметров помех внутри корпуса-экрана с неоднородностями. Предусмотрена возможность расчета параметров помехового излучения от круглого и прямоугольного отверстий, тонкой щели, болтового соединения, при воздействии на апертуру биекспоненциального и гауссового импульсов напряжения. При этом в окне программы выбираются вид импульса, форма неоднородности экрана, задаются параметры импульса, неоднородности, координаты точки наблюдения внутри корпуса. Затем в результате работы программы пользователь получает значения составляющих вектора потока энергии в заданной им точке наблюдения.

Полученные в НИЛ «БЭМС ТС» НИИЖТа при БелГУТе научные результаты позволяют проводить оценку соответствия по требованиям к функциональной безопасности, а также прогнозировать поведение АПК СЖАТ при преднамеренном воздействии СШИП.

Список литературы

1 Бочков, К. А. Системный подход к прогнозированию воздействия сверхширокополосных импульсов помех на ключевые системы информационной инфраструктуры / К. А. Бочков, Д. В. Комнатный // Технологии ЭМС. – 2017. – № 4. – С. 3–10.