

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

УДК 621.391.825

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВОЗДЕЙСТВИЯ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ ПОМЕХ ПРЕДНАМЕРЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

К. А. БОЧКОВ, И. О. ЖИГАЛИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Для современных программно-аппаратных комплексов микроэлектронных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (МСЖАТ) характерны высокие скорости обработки информации, что требует применения быстродействующей элементной базы. Быстродействие достигается за счет миниатюризации, уменьшения уровня полезного сигнала, повышения тактовых частот и уменьшения времени переключения до наносекунд.

Многочисленными исследованиями установлено, что наибольшую опасность нарушения функционирования современных микропроцессорных систем, проявляющихся в виде сбоев и повреждений микроэлектронных элементов, представляют собой одиночные и периодические электромагнитные импульсы преднамеренного воздействия (ЭИПВ) наносекундной длительности. В связи с этим МСЖАТ становятся уязвимыми к воздействию ЭИПВ, классифицируемых в многочисленных источниках как электромагнитный терроризм [1].

В современных условиях обострившейся политической обстановки существенно возрастает угроза электромагнитного терроризма, суть которого – оказание деструктивного электромагнитного воздействия на микроэлектронные системы с целью их разрушения или нарушения работы.

Следует также учитывать и особенности расположения МСЖАТ на объектах железнодорожного транспорта в зданиях, постах электрической централизации, релейных шкафах на переездах и перегонах и т. д., не имеющих периметров охраны. Все эти обстоятельства необходимо учитывать при разработке и изготовлении современных МСЖАТ с целью подтверждения предъявляемых к ним самых высоких требований стандартов по функциональной безопасности (УПБ 4/SIL 4 по IEC 61508).

Для обеспечения требуемых показаний по надежности и безопасности функционирования МСЖАТ в условиях ЭИПВ рассмотрим возможные методы анализа.

Первый, наиболее распространенный, основан на физическом моделировании воздействия ЭИПВ на исследуемую систему (устройство) с помощью специальных, достаточно сложных и дорогостоящих, генераторов. Такие испытания приводят, как правило, к деструктивным последствиям для элементов. Анализ путей проникновения помех и способов защиты от ЭИПВ при этом становится очень сложным, а иногда и невозможным. Эта же проблема возникает и при прогнозировании устойчивости микроэлектронных систем в зависимости от размеров возможной зоны поражения и использовании различных способов и средств экранирования и геометрической ориентации наиболее ответственных плат в экранированных корпусах с неоднородностями.

Второй метод заключается в использовании пакетов моделирования, которые можно использовать для прогнозирования последствий проникновения ЭИПВ в корпуса аппаратуры микроэлек-

тронных СЖАТ численными методами анализа электромагнитных полей, в частности методом конечных элементов (пакеты ANSYS HFSS, CST MWS, COMSOL и др.).

Моделирование позволяет учесть наличие нескольких паразитных антенн и интерференцию их излучения, что важно при сложной конструкции объекта испытаний. Используя моделирование можно тестировать эффективность средств защиты, не повреждая объект. Тем не менее из-за большого объёма вычислений методы моделирования не позволяют в полной мере решать задачи прогнозирования воздействия ЭИПВ, т. к. построение математической модели и расчёт характеристик для электродинамических систем сложной конфигурации часто является слишком трудоёмкой задачей.

Кроме того, методу конечных элементов присущи погрешности, которые могут негативно сказаться на адекватности результатов моделирования воздействия ЭИПВ на аппаратуру микроэлектронных СЖАТ. Указанные погрешности метода конечных элементов связаны [2]:

- с ошибками дискретизации, являющимися результатом геометрических различий границы рассматриваемой области и ее модели;
- ошибками базисной функции, обусловленными разностью между точным решением и его представлением в виде комбинации базисных функций заданного вида;
- ошибками округления, связанными с конечной длиной разрядной сетки компьютера и большим числом операций, выполняемых при решении задачи методом конечных элементов.

Третий метод основан на использовании принципа подобия. Суть подхода заключается в использовании стандартного генератора наносекундных импульсов помех, характеристики которого по длительности фронта импульса близки к параметрам ЭИПВ за исключением энергии. Таким параметрам соответствуют генераторы электростатических разрядов (ЭСР) по стандартам ГОСТ 30804.4.2, ГОСТ Р 50607. Тогда используя генератор ЭСР и проведя испытания устройств микроэлектронных СЖАТ путем непосредственного воздействия на неоднородности (апертуры) корпусов этих устройств можно, на условии эквивалентности импульсов помех [3] и на основе математических моделей механизма проникновения ЭИПВ, прогнозировать возможные результаты воздействия ЭИПВ с определенного расстояния.

Для оценки воздействия ЭИПВ и прогнозирования устойчивости микроэлектронных СЖАТ необходимо решение двух задач. Первая задача – определение мощности и коэффициента направленности антенны генератора ЭИПВ, необходимых для создания в месте расположения аппаратуры СЖАТ помех, превышающих порог восприимчивости этой аппаратуры. Вторая задача – определение радиуса поражения для данного генератора ЭИПВ и для данной аппаратуры СЖАТ.

При этом требуется определить величины, характеризующие порог восприимчивости ТС ЖАТ. Этот порог может быть определен косвенным способом путем моделирования на компьютере или путем непосредственного воздействия на паразитные антенны корпусов микроэлектронной аппаратуры СЖАТ импульсами генератора-имитатора помех, эквивалентными ЭИПВ известной формы.

Импульсы испытательных генераторов чаще всего являются биэкспоненциальными. Импульсы преднамеренного воздействия имеют достаточно разнообразные формы. Параметры импульсов преднамеренного воздействия, эквивалентных воздействовавшим на паразитные антенны биэкспоненциальным импульсам, целесообразно определять по спектрально-энергетическому способу вывода условий эквивалентности импульсов [3].

Для проведения натурных испытаний планируется использовать специально изготовленный макет (или корпус промышленного компьютера). Макет имитирует корпус промышленного компьютера с неоднородностями (технологические отверстия и щели между элементами корпуса). Внутри корпуса располагается антенна ближнего поля, подключенная к цифровому осциллографу (входного сопротивления – 50 Ом) [4]. Альтернативным вариантом является использование вместо антенны платы с типовыми для микроэлектронных СЖАТ элементами и микросхемами для определения порога восприимчивости ТС ЖАТ.

Поле ЭСР создается специальным генератором электростатического разряда в соответствии с ГОСТ Р 50607, ГОСТ 30804.4.2. Плоскость антенны располагается и на различном расстоянии от неоднородности и под разными углами к плоскости неоднородности. В результате экспериментов получаются осциллограммы напряжения в антенне в условиях воздействия помехи, вызванной ЭСР, верхний график – 5 нс/дел., нижний график – 20 нс/дел. (рисунок 1).

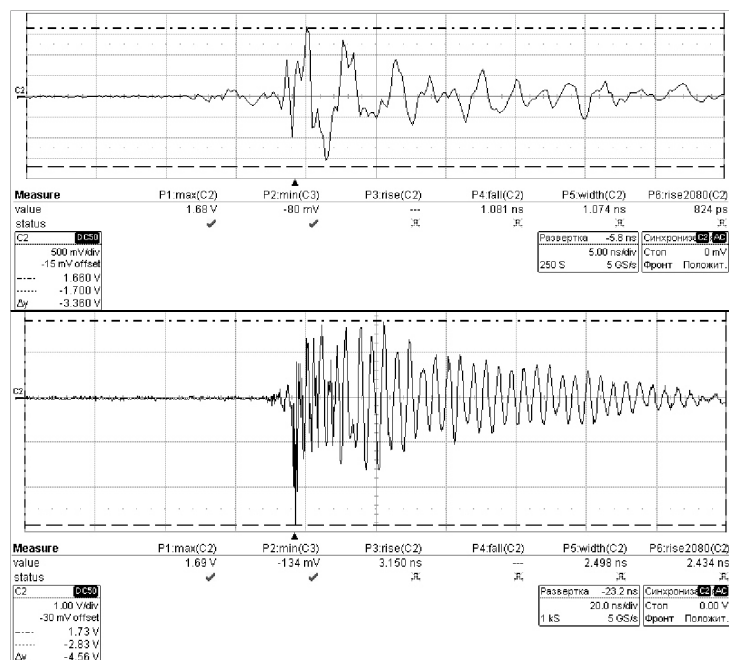


Рисунок 1 – Осциллограммы импульсов

Достоинство описанного метода определения порога чувствительности МСЖАТ с помощью генератора ЭСР заключается в том, что исходные данные для прогнозирования воздействия генераторов ЭИПВ можно получить без проведения разрушающих испытаний МСЖАТ с помощью уникальных дорогостоящих генераторов ЭИПВ.

Таким образом, третий метод, основанный на использовании условий эквивалентности импульсов помех и полученных аналитических моделей механизма проникновения электромагнитных наносекундных импульсов помех, позволяет на ранних этапах разработки и изготовления опытных образцов МСЖАТ прогнозировать их устойчивость к ЭИПВ и определять параметры периметров охраны объектов расположения МСЖАТ.

Список литературы

- 1 **Фоминич, Э. Н.** Электромагнитный терроризм. Новая угроза для информационно-управляющих систем / Э. Н. Фоминич, Д. Р. Владимиров // Военный инженер. – 2016. – № 2. – С. 10–17. – EDN YLYICP.
- 2 **Бочков, К. А.** Прогнозирование устойчивости микросистем железнодорожной автоматики и телемеханики к электромагнитным импульсам преднамеренного воздействия / К. А. Бочков, Д. В. Комнатный, И. О. Жигалин // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2022. – № 2(45). – С. 11–14.
- 3 **Бочков, К. А.** Элементы моделирования электромагнитной совместимости устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / К. А. Бочков, Д. В. Комнатный. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 185 с.
- 4 **Костин, А. В.** Методика измерения помех в цепях бортовой аппаратуры комических аппаратов, вызванных электромагнитным полем электростатического разряда / А. В. Костин, М. Н. Пиганов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17, № 2-4. – С. 804–810. – EDN UMEJIL.

УДК 656.25

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время наблюдается активное использование систем технического зрения (СТЗ) в системах железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ). Типовыми задачами СТЗ являются: распознавание, идентификация, обнаружение, восстановление 3D-формы по 2D-изображениям, оценка траектории движения объекта. В СЖАТ решение этих задач может быть частью функций