

сов Белорусской железной дороги в соответствии с требованиями законодательства в сфере информационной безопасности.

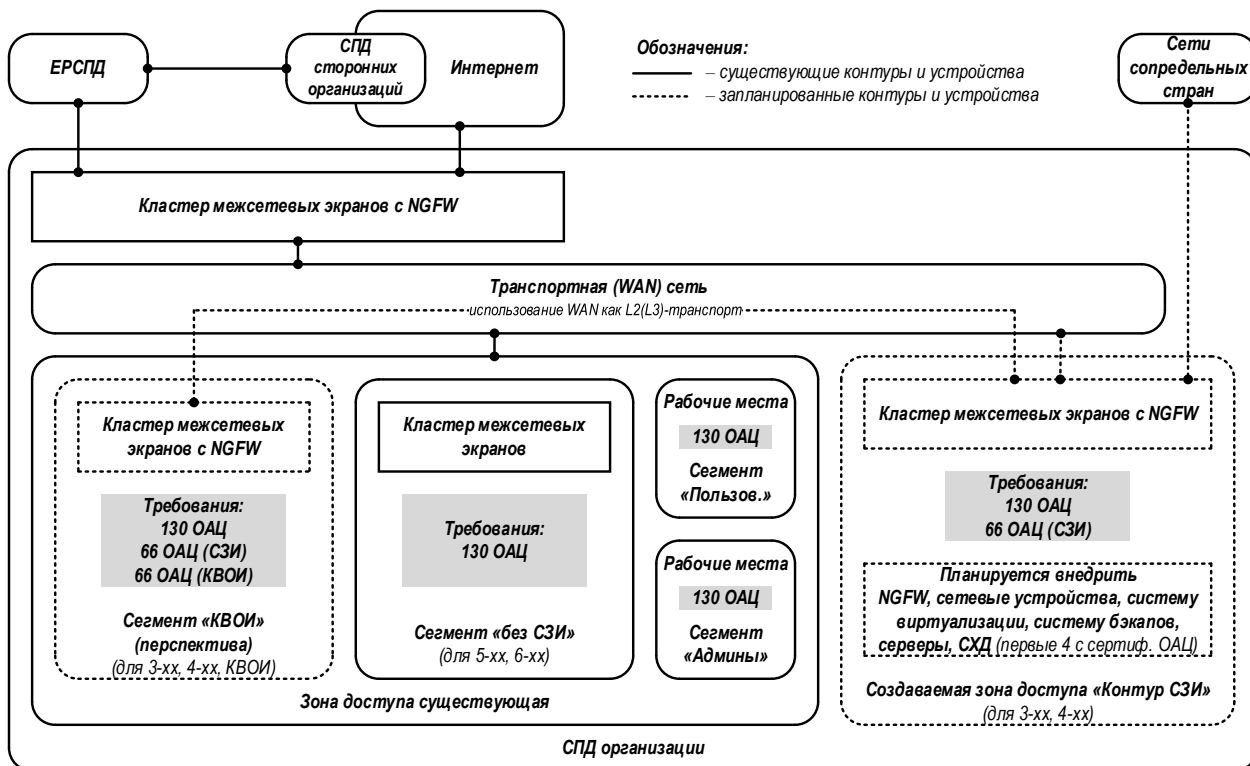


Рисунок 1

УДК 621.391.825

МОДЕЛЬ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СЖАТ К ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИМПУЛЬСАМ ПРЕДНАМЕРЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

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

На современном этапе развития научного направления «электромагнитная совместимость» внимание специалистов привлечено к проблеме защиты критически важных объектов от электромагнитных импульсов преднамеренного воздействия (ЭИПВ). Эта проблема начала обсуждаться в первые годы XXI века и с того времени приобретает все большую актуальность по причине обострения международной обстановки, возросшей террористической активности, появления доступных злоумышленникам низкого и среднего технического уровня малогабаритных генераторов ЭИПВ.

Современные микропроцессорные и компьютерные системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), призванные обеспечивать безопасность движения поездов, также требуют защиты от ЭИПВ. Подтверждением этому является реализация в Евросоюзе проекта SECRET (Security of Railways against Electromagnetic aTtacks). Но в ограниченно опубликованных результатах работы по проекту описаны только исследования воздействия ЭИПВ на штатные антенны радиоэлектронных СЖАТ. Кроме этого пути, воздействие ЭИПВ может осуществляться непосредственно на аппаратуру СЖАТ внутри технических зданий по свободному пространству, по цепям питания и по интерфейсным линиям. Анализ нормативно-технической документации по проблеме защиты от ЭИПВ позволяет заключить, что воздействие по свободному пространству более доступно для злоумышленников низкого и среднего технического уровня. Генераторы ЭИПВ этого типа могут быть

скрытно доставлены к поражаемому объекту на малое расстояние. Их воздействие может привести к сбоям и отказам, нарушающим условия безопасности движения поездов. Поэтому необходимы модели анализа и прогнозирования устойчивости СЖАТ к ЭИПВ при воздействии по свободному пространству.

В докладе рассматривается такая модель, использование которой обеспечивает сокращение сроков расчетного анализа и натурных испытаний, исключение использования дорогостоящего испытательного оборудования и применения разрушающих воздействий.

Модель основана на сопоставлении импульса электростатического разряда (ЭСР) и импульса преднамеренного воздействия. Возможность сопоставления обосновывается тем, что оба импульса имеют совпадающую полосу частот спектра и сходные пути проникновения в аппаратуру через неоднородности корпуса. Базовые положения модели предложены автором в 2012 г, а в 2020 году о возможности такого сопоставления упоминается в нормативной документации о защите от ЭИПВ, разработанной в Евросоюзе.

Исходными данными модели являются параметры импульса ЭСР, устойчивость к которому установлена путем расчетных оценок и натурных испытаний по известной методике.

Принимается, что при воздействии части фронта электромагнитной волны ЭИПВ на паразитную антенну она излучает внутрь корпуса аппаратуры СЖАТ импульс напряженности электромагнитного поля той же формы и длительности, которые имеет импульс, поступивший от генератора. Излучаемому импульсу соответствует импульс напряжения в антенне. Аналогичный импульс напряжения создается при прямом ЭСР от генератора на паразитную антенну.

Тогда первый шаг моделирования – сопоставление импульса напряжения от воздействия ЭИПВ известной формы и импульса ЭСР по спектрально-энергетическому условию эквивалентности импульсов. Находится амплитуда и временные параметры импульса напряжения, эквивалентного ЭСР по энергии, активной полосе частот, следовательно, по последствиям воздействия.

Второй шаг – анализ воздействия, принимаемого ЭИПВ на неоднородности корпуса аппаратуры: отверстия, щели, соединения. Эти неоднородности являются паразитными антеннами, которые под действием импульсных помех возбуждают помеховое электромагнитное поле внутри корпуса.

Для апертурной антенны (в виде круглого или прямоугольного отверстия) путем анализа передачи энергии через антенну показано, что амплитуда импульса напряжения и амплитуда принимаемого ЭИПВ связаны коэффициентом использования антенны и ее характерным размером. При этом учитывается соотношение, связывающее напряжения электрической составляющей излучаемой внутрь электромагнитной волны и напряжение в раскрыте антенны. Для щелевой антенны (с длиной много большей ширины и шириной до миллиметра), а также для штыревой антенны в виде винтового соединения амплитуды импульса напряжения и напряженности электрического поля принимаемого импульса связаны эффективной длиной антенны.

Тогда имеется возможность на втором этапе моделирования найти амплитуду напряженности электрической составляющей электромагнитной волны принимаемого ЭИПВ по амплитуде эквивалентного импульсу ЭСР импульса напряжения, который возникает в паразитной антенне при переизлучении ЭИПВ.

Амплитуда напряженности электрической составляющей поля принимаемого ЭИПВ, расстояние от генератора ЭИПВ до рецептора помехи и параметры генератора ЭИПВ связаны уравнением – аналогом уравнения силового подавления радиоэлектронных средств. Допустимо задавать различные параметры генератора, в частности FOM, напряженность на антенне и др., так как эти параметры связаны известными соотношениями теории антенн.

Тогда на третьем этапе моделирования могут быть решены две основные задачи защиты микроэлектронных СЖАТ от ЭИПВ:

- 1) найти параметры генератора, который, будучи размещен на известном расстоянии от аппаратуры СЖАТ, создаст опасное для нее излучение;
- 2) найти расстояние от аппаратуры СЖАТ до генератора ЭИПВ с известными параметрами, на котором воздействие генератора представляет опасность, следовательно, установить радиус защиты.

По результатам анализа разрабатывается план защитных мероприятий: организация радиуса защиты, изменение размещения оборудования в помещениях, дополнительное экранирование оборудования, повышение электромагнитной защиты здания.

При разработке новых СЖАТ описанная модель дает возможность прогноза устойчивости аппаратуры СЖАТ к ЭИПВ, оценки достигнутого уровня защиты. Также возможно выработать требования к размещению оборудования, к конструкции технологических зданий и к организации радиуса защиты.

По результатам доклада можно сделать вывод, что представленная математическая модель анализа и прогнозирования устойчивости СЖАТ к ЭИПВ позволяет решить актуальную проблему защиты микропроцессорных и компьютерных СЖАТ от ЭИПВ. Эта проблема обостряется с введением многоуровневых компьютерных СЖАТ управления движением поездов на высокоскоростных магистралях, которые проектируются в Союзном государстве Беларуси и России. Причем сложность проблемы увеличивается в связи с необходимостью обеспечения требований импортозамещения и независимости железных дорог Союзного государства от внешних производителей из стран, проводящих недружественную политику.

К достоинствам модели можно отнести использование хорошо отработанных процедур испытаний СЖАТ на устойчивость к ЭСР, при которых применяется доступное оборудование. При этом не требуются экранированные камеры или открытые тест-площадки. Организация последних затруднена в городской и пригородной застройке. Так как модель реализует сопоставление ЭСР и ЭИПВ аналитическими методами, то она обладает новизной и может найти применение в практике работы организаций, разрабатывающих и эксплуатирующих СЖАТ.

УДК 656.25

РАСЧЕТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ В ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ ОПЕРАТОРНЫМ МЕТОДОМ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

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

Одной из задач, возникающих при анализе электромагнитной совместимости (ЭМС) микроэлектронной аппаратуры систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), является расчет распространения коротких помеховых импульсов в линиях передачи сигналов узлов этой аппаратуры.

В настоящее время электронные узлы изготавливаются в виде печатных плат. Линии передачи сигналов таких узлов моделируются цепями с распределенными параметрами, омические потери в которых отсутствуют. Нагрузка на приемном конце линии может быть представлена в виде последовательной, параллельной или смешанной цепи из омических сопротивлений и емкостей (RC -цепь).

Для анализа распространения импульсных помех в линии передачи сигнала требуется решить уравнение Даламбера относительно напряжения. Начальные условия принимаются нулевыми. В начало линии подается импульс напряжения. Конец линии нагружен на RC -цепь. Для решения задачи математической физики в замкнутом виде целесообразно применить операторный метод. Однако такая постановка задачи о расчете переходных процессов в идеальной длинной линии не представлена в монографиях по расчету переходных процессов.

Поэтому необходимо рассмотреть решение задачи о расчете переходных процессов в идеальной длинной линии операторным методом, если постановка задачи приближена к практике анализа ЭМС узлов электронной аппаратуры.

Для определенности принимается, что в линию поступает экспоненциальный импульс, который имеет изображение по Лапласу

$$U_{\text{вх}}(p) = \frac{U}{p + \alpha}, \quad (1)$$

где U – амплитуда импульса, В; α – параметр затухания импульса, 1/с.

Линия нагружена на цепь в виде параллельного соединения резистора с сопротивлением R и конденсатора с емкостью C . Операторное сопротивление нагрузки