

шает как ФБ, так и другие показатели свойств надежности. Для 2-го типа (наиболее массового в МСЖА) уменьшение времени периодического контроля приводит к повышению ФБ только в том случае, если расчетно-логические схемы ФБ будут иметь вид параллельного соединения или графы ФБ объектов будут иметь больше двух вершин. Для 2-го типа объектов при использовании общего и отдельного нагруженного резервирования будет повышаться только ФБ (при этом готовность не будет улучшаться, а даже будет ухудшаться) или только готовность (при этом ФБ наоборот будет снижаться). Одновременное повышение ФБ и готовности будет только при использовании любого мажоритарного или ненагруженного резервирования.

Расчетные формулы для определения предельно допустимых периодов контроля для обеспечения допустимых уровней ФБ для различных вариантов резервирования приведены в работах автора. Также выведены формулы для определения предельно допустимого времени устранения опасного отказа в отдельном канале резервирования и допустимой его наработки до опасного отказа в процессе постоянной эксплуатации, по которым принимается решение об оценке реальной ФБ и возможности эксплуатации МСЖА.

УДК 656.259.2:621.391.8:519.2

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КАНАЛОВ С РЕЛЬСОВЫМИ И ИНДУКТИВНО-РЕЛЬСОВЫМИ ЛИНИЯМИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ ОТ ТЯГОВОГО ТОКА

В. Б. ЛЕУШИН, Ф. Р. АХМАДУЛЛИН

Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Основную роль в обеспечении безопасности и реализации графика движения поездов играют системы интервального регулирования движения поездов (СИРДП), первым звеном которых являются путевые датчики (ПД) – рельсовые цепи (РЦ) [2]. Учитывая, что РЦ подвержены влиянию помех, в частности от тягового тока и дестабилизирующих факторов, порождаемых изменениями климатических условий, и динамическому воздействию движущегося поезда, важным критерием надежности функционирования СИРДП является устойчивость работы РЦ. Сбои в функционировании СИРДП возникают, в частности, при воздействии помех в рельсовых линиях (РЛ) РЦ [3].

Разработка и проектирование РЦ, в элементную базу которых входят электромагнитные реле, всегда основывалось с учетом влияния только сосредоточенных по спектру помех в РЛ. В настоящее время при проектировании РЦ широко применяется микроэлектронная элементная база [4, 5], позволяющая применять современные методы обработки сигналов, и поэтому при разработке этого вида РЦ необходимо учитывать влияние всех видов помех в РЛ.

Современные РЦ являются составной частью каналов связи. Учитывая это, одним из решающих факторов сравнительной оценки РЦ является помехоустойчивость путевых приемников (ПП) [3].

Таким образом, при проектировании РЦ для определения их эффективности необходимо установить способность ПП РЦ обеспечить прием и обработку сигналов с заданным уровнем достоверности при наихудших условиях эксплуатации. В соответствии с целевой функцией РЦ предпочтнее следует отдать комплексной характеристике качества ПП – помехоустойчивости.

Развитие микропроцессорной элементной базы позволило при разработке новых и совершенствовании существующих РЦ применять имитационное моделирование (ИМ). На кафедре «АТС на железнодорожном транспорте» СамГУПС разработана ИМ помех в РЛ от тягового тока (рисунок 1) в среде *Simulink* пакета MATLAB на базе параметров помех, установленных в результате регистрации на участках Московской и Куйбышевской железных дорог при движении локомотивов серии ВЛ-10^У, ведущих составы массой от 1 тыс. до 5 тыс. т.

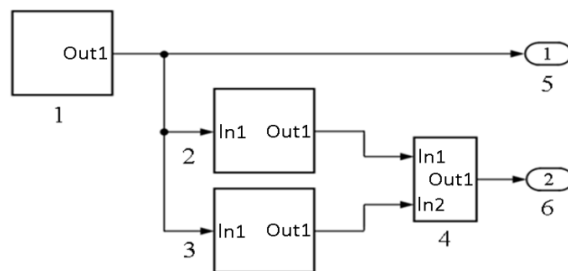


Рисунок 1 – ИМ помех в РЛ:

1 – модель переключений схем управления тяговыми электродвигателями электровоза; 2 и 3 – модели импульсных и флуктуационных помех; 4 – сумматор; 5 и 6 – выводные порты

Установлено, что помехи от постоянного тягового тока состоят из флуктуационных и импульсных помех. Флуктуационные помехи возникают вследствие некачественного токосъёма, импульсные – в моменты переключения схем управления тяговыми двигателями электровоза (0 – тяговые двигатели выключены, С – серийное, СП – серийное-параллельное, П – параллельное) и следуют пачками.

На рисунке 2 представлены осциллограммы, поясняющие процесс формирования помех ИМ (см. рисунок 1). При разработке ИМ импульсных помех от постоянного тягового тока применена марковская модель, в основу которой положены следующие параметры: длительности импульсов, межимпульсных интервалов и амплитуда импульсов, а также длительность интервалов между пачками импульсов.

Адекватность ИМ помех (см. рисунок 2) подтверждает осциллограмма фрагмента записи реальной помехи, соответствующая последовательному переключению контроллера машиниста в положения «0» – «С» – «0» – «СП» – «0» и набору позиций, представленная на рисунке 3.

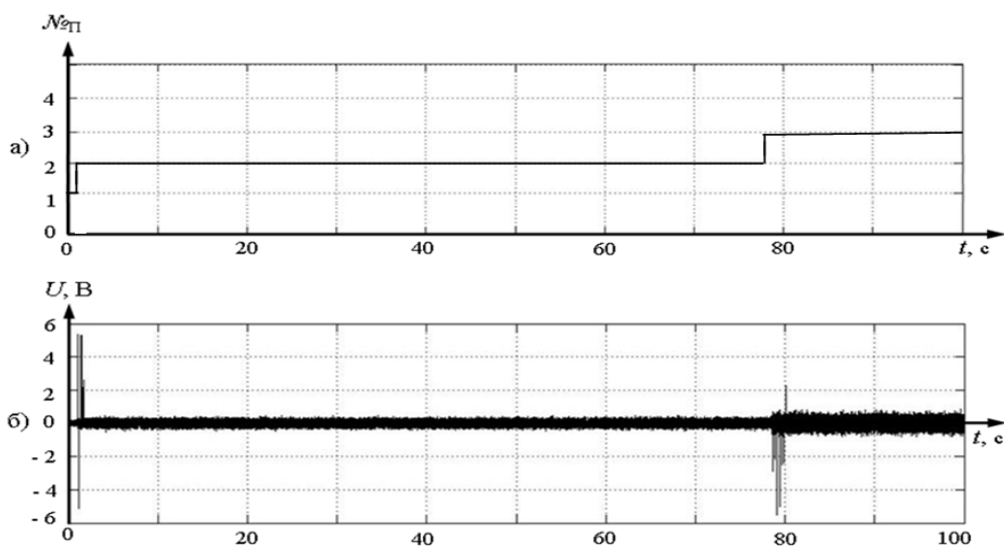


Рисунок 2 – Осциллограммы сигналов:

a – номер позиции ($N_{2П}$) контроллера машиниста (0-С-СП); *b* – модель помехи от тягового тока

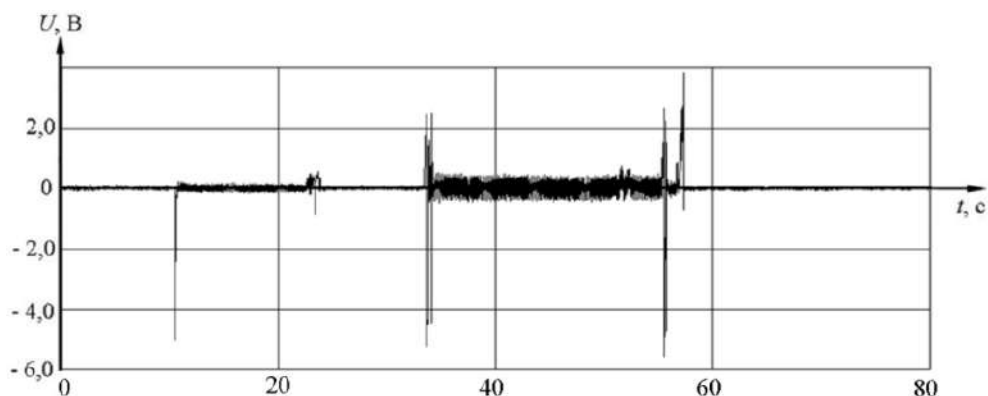


Рисунок 3 – Осциллограмма фрагмента записи реальной помехи от постоянного тягового тока при движении поездного локомотива последовательно в режимах «0», «С», «0», «СП» и «0»

Таким образом, разработанная имитационная модель помех в РЛ (см. рисунок 1) от тягового тока позволяет производить оценку помехоустойчивости каналов с РЛ и индуктивно-рельсовыми линиями.

Список литературы

- 1 Лисенков, В.М. Статистическая теория безопасности движения поездов : учеб. для вузов / В.М. Лисенков. – М. : ВИНТИ РАН, 1999. – 322 с.
- 2 Лисенков, В.М. Системы управления движением поездов на перегонах : учеб. : в 3 ч. / В.М. Лисенков. – М. : учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2009.

3 Лисенков, В.М. Теория автоматических систем интервального регулирования / В.М. Лисенков. – М. : Транспорт, 1987. – 150 с.

4 Беляков, И.В. Теория и методы реализации адаптивных систем контроля состояния рельсовых линий : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / И.В. Беляков; Московский ин-т инж. ж.-д. трансп. – М., 1996.

5 Бочков, К.А. Теория и методы контроля электромагнитной совместимости микроэлектронных систем обеспечения безопасности движения поездов : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / К.А. Бочков; Московский ин-т инж. ж.-д. трансп. – М., 1993.

УДК 656.25

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Д. В. ПРАКОПЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Устройства железнодорожной автоматики и телемеханики относятся к системам, критичным к безопасности. Одним из обязательных требований при использовании микроконтроллеров в данных системах является анализ их поведения при возникновении отказов. Проведение необходимых испытаний средствами, предоставляемыми поставщиком оборудования, затруднительно, вследствие этого в ИЛ «БЭМС ТС» БелГУТа разработано программное обеспечение «Комплекс имитационных испытаний безопасности» (КИИБ), позволяющий имитировать отказы в микроконтроллерах.

КИИБ предназначен для проведения имитационных испытаний на функциональную безопасность в соответствии с нормативными документами серии ГОСТ Р МЭК 61508. Целью имитационных испытаний является проверка того, что испытываемое устройство при возникновении заданного класса отказов элементов внутренней структуры функциональных блоков, входящих в систему, не формирует сигналы управления и сигнализации, нарушающие условия функциональной безопасности.

В стандарте ГОСТ Р МЭК 61508-2-2012 представлены три уровня требований к охвату диагностикой: низкий (60 %), средний (90 %) и высокий (99 %). На каждом уровне указаны ошибки и отказы, которые подлежат рассмотрению при количественной оценке случайных отказов, для каждого компонента системы.

Проведение имитационных испытаний проходит в несколько этапов. На этапе подготовки производят анализ технической документации на испытываемое устройство, выбор видов, объема и последовательности испытаний, контролируемых параметров и способов их контроля, а также определение форм отчетной документации. Далее устанавливается состав подключаемых внешних библиотек. После этого выбираются режимы работы испытываемого устройства и виды входных воздействий. Затем по методике, разработанной в рамках комплекса, составляется файл проекта, а на следующем этапе – программа проведения испытаний с помощью дополнительного ПО, разработанного в рамках комплекса. Перед началом испытаний осуществляется проверка климатических условий, напряжения электропитания в испытательной лаборатории, работоспособности испытательного оборудования и комплектности ПО. Далее проводятся испытания в основном модуле комплекса. Последним этапом является формирование файла с результатами испытания и их анализ.

В настоящее время КИИБ частично соответствует требованиям нормативных документов. Это связано с появлением новой редакции стандартов серии ГОСТ Р МЭК 61508, в частности добавление новых требований к уровням охвата диагностикой.

Приведение КИИБ в соответствие требованиям нормативных документов осуществляется путем структурного изменения программного обеспечения комплекса, в частности изменяется способ дешифрации команд. В существующей версии КИИБ дешифрация выполняется один раз при загрузке программы в память имитационной модели микроконтроллера. Это значительно повышает производительность комплекса, но не позволяет имитировать отказы в дешифраторе команд и системе адресации.

Осуществляемая модернизация комплекса позволит устранить эти недостатки и в более полном объеме выполнять имитационные испытания безопасных микропроцессорных устройств в соответствии с требованиями нормативных документов.