

Объектами кибератак на железнодорожном транспорте могут являться бортовые программно-аппаратные системы управления локомотивами, микропроцессорные системы железнодорожной автоматики и телемеханики и электроснабжения.

Нарушение штатного режима работы микропроцессорных информационно-управляющих систем способно значительно снизить эффективность работы участка железной дороги. Так, например, системы интервального регулирования движения на скоростных и высокоскоростных участках активно используют радиоканал. В случае негативного воздействия на него, например, с использованием средств подавления диапазона ISM или GSM, определение скорости движения и многих других параметров становится невозможным. Это потребует перехода на движение по сигналам автоблокировки и приведет к увеличению интервала попутного следствия, а, следовательно, и снижению пропускной способности участка.

Более опасные угрозы связаны с возможностью нарушения безопасности движения поездов из-за вмешательства в алгоритмы работы стационарных устройств микропроцессорных систем ЖАТ и бортовых устройств безопасности на локомотивах. Превышение максимально допустимой скорости, задание враждебных маршрутов, изменение состояния сигналов на станции и перегонах чреват очевидными последствиями вплоть до крушения.

Необходимо максимально использовать достижения науки и техники для развития и широкого внедрения на железнодорожном транспорте технологий кибербезопасности.

Все программно-управляемые микропроцессорные системы железнодорожного транспорта нужно обязательно проверять на функциональную безопасность, отсутствие незадекларированных возможностей и несанкционированного доступа. Схемотехнические решения и программное обеспечение таких систем уже на стадии проектирования должны учитывать возможность проведения различного рода кибератак.

Следует постепенно переходить на полный цикл производства таких систем с использованием отечественной элементной базы. Нужно внедрять принципы открытого программного продукта и разрабатывать новые альтернативные варианты управления движением поездов при безусловном сохранении существующих ручных режимов управления, которые будут незаменимы в случае широкого проведения кибератак.

#### Список литературы

- 1 **Шабельников, А. Н.** Компоненты киберфизических систем в составе КСАУ СП / А. Н. Шабельников, А. В. Суханов // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 1. – С. 17–19. – DOI : 10.34649/ AT.2020.1.1.002.
- 2 WHITE PAPER: On Artificial Intelligence : A European approach to excellence and trust / European Commission. Brussels, 2020. URL: [https://ec.europa.eu/info/files/white-paper-artificial-intelligence-european-approach-excellence-and-trust\\_en](https://ec.europa.eu/info/files/white-paper-artificial-intelligence-european-approach-excellence-and-trust_en).
- 3 **Семион, К. В.** Стратегия цифровой трансформации / К. В. Семион // Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 4. – С. 5–6.
- 4 **Каспаров, И. В.** Применение новых телекоммуникационных технологий на железнодорожном транспорте / И. В. Каспаров // Образование, наука, транспорт в XXI веке: опыт, перспективы, инновации : материалы V междунар. науч.-практ. конф. – Самара : СамГУПС, 2015. – С. 314–316.

УДК 621.391

## ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕТИ СВЯЗИ ДИСТАНЦИИ СИГНАЛИЗАЦИИ И СВЯЗИ

*Д. В. КЛЮЧНИК*

*Минское отделение Белорусской железной дороги*

*В. О. МАТУСЕВИЧ, С. В. КИСЕЛЕВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В последние годы сети связи железной дороги активно обновляются, прокладываются волоконно-оптические кабельные линии связи, внедряется соответствующее оборудование передачи данных. Однако в эксплуатации остается большое количество медных магистральных кабельных линий связи. Так, по Молодечненской дистанции сигнализации и связи доля таких линий достигает 40 %. Эксплуатация медных магистральных кабелей будет продолжаться еще не менее 10–15 лет. Для уплотнения каналов связи и передачи данных на таких участках в настоящее время используется аппаратура аналоговых систем передачи типа К-60П, П-302-П, К12+12, SUKTN-12N-W, выпущенная в 1980-х годах. Вся эта аппаратура реализована на аналоговой

элементной базе, потребляет большое количество электроэнергии, морально и физически устарела. Большинство узлов оборудования нуждается в дорогостоящем капитальном ремонте (замена блоков, элементов). Для ее содержания в работоспособном состоянии ежегодно выполняется большой объем работ по текущему ремонту отдельных блоков, замена монтажа и радиодеталей, тратятся значительные финансовые средства.

Одним из вариантов увеличения объемов передачи данных и улучшения функциональных возможностей систем связи до внедрения волоконно-оптических линий является построение цифровой системы передачи (ЦСП) по магистральным медным кабелям связи [1].

При создании таких ЦСП необходимо учитывать следующие основные аспекты:

- минимально необходимый объем каналов связи и систем передачи данных, достаточный для обеспечения услугами связи конкретного участка железной дороги;
- возможность наращивания объемов передачи данных за счет расширения функционала оборудования;
- электромагнитная совместимость с существующими системами связи в конкретной кабельной линии при условии их совместной эксплуатации;
- возможность использования оборудования после построения волоконно-оптических линий связи;
- экономическая целесообразность внедрения ЦСП по медному кабелю, энергоэффективность его использования.

Выбор конкретного типа оборудования обусловлен стоящими задачами по предоставлению услуг связи и передачи данных на участке. Как правило, для решения основных задач по обеспечению перевозочного процесса и работы различных информационных ресурсов на линейных станциях необходимо выделение до 8 ТЧ-каналов, 4–8 абонентов АТС с возможностью выхода на железнодорожную телефонную сеть, до 4 портов Ethernet для подключения работников станций к локально-вычислительной сети Белорусской железной дороги.

Пример построения ЦСП между малыми линейными станциями либо между узловой станцией и линейной станцией по логической топологии «точка»-«точка» на базе гибких модульных мультиплексоров Zelax MM-527RC приведен на рисунке 1 [2].

В представленной на рисунке 1 структурной схеме показан вариант комплектации мультиплексоров Zelax MM-527RC для организации по двум парам магистрального кабеля 8 телефонных каналов (модули MIME-4FXO, MIME-4FXS), 4 каналов ТЧ (модули MIME-4FXO) и канала Ethernet 10/100 BaseT (модуль MIME-Ethernet). При такой конфигурации скорость передачи данных составляет до 1,2 Мбит/с, что позволяет подключить к локально-вычислительной сети рабочие места билетных и товарных кассиров, начальников станций железнодорожных и различное оборудование, не требующее передачи больших объемов информации.

Гибкие модульные мультиплексоры Zelax MM-527RC в зависимости от используемых модулей позволяют организовать по медным кабелям связи канал SHDSL.bis для передачи потока E1, Ethernet стандарта 10/100 BaseT, стандартных каналов ТЧ с 2- и 4-проводным окончанием, телефонных каналов, по которым могут работать, как обычные аналоговые телефонные аппараты, так и факсимильные аппараты и модемы для каналов ТЧ. При передаче голосовых данных используется динамическое выделение полосы канала. Дальность устойчивой работы ЦСП без использования регенераторов достигает 25 км.

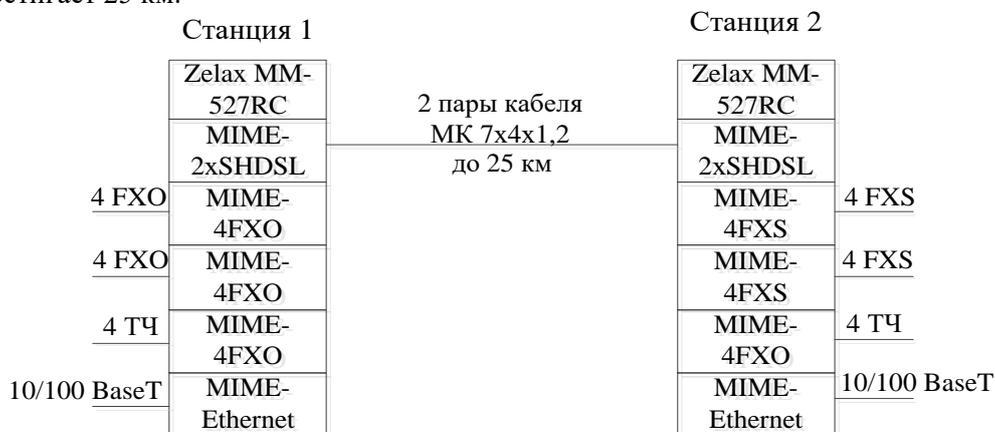


Рисунок 1 – Структурная схема ЦСП на базе мультиплексоров «Zelax»

Внедрение данных мультиплексоров позволит вывести из эксплуатации малоканальные аналоговые системы передачи типа SUKTN-12N-W, П-302-П, а также АТС линейных станций.

Вариантом построения ЦСП с более широкими функциональными возможностями между узловой станцией и линейными станциями участка одного направления может быть система, построенная на базе оборудования MC04-DSL [3]. Пример такой системы, построенной по топологии «цепочка», приведен на рисунке 2.

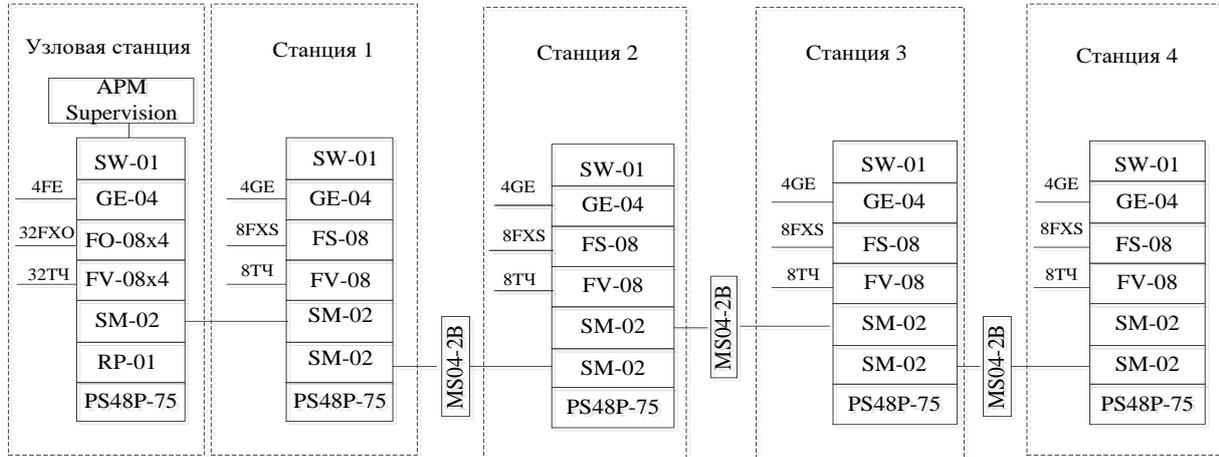


Рисунок 2 – Структурная схема ЦСП для оборудования MC04-DSL

В представленной на рисунке 2 структурной схеме показана ЦСП между узловой станцией и четырьмя последовательно расположенными линейными станциями. Исходя из технологической потребности, на каждой линейной станции выделяется по 8 телефонных каналов, по 8 каналов ТЧ и по 4 порта Ethernet 10/100 BaseT. ЦСП подключается по двух парам магистрального кабеля связи. Для увеличения скорости передачи данных на перегонах между станциями устанавливаются необслуживаемые регенераторы. В рассматриваемой конфигурации оборудования скорость передачи информации составит до 6 Мбит/с.

Данная система позволяет организовать передачу информации от узловой станции к линейным станциям с выделением на каждой станции участка портов Ethernet стандарта 10/100 BaseT, телефонных и ТЧ каналов. Оборудование MC04-DSL является гибкой программно-аппаратной платформой с большим спектром применяемых модулей для решения различных задач. Количество выделяемых на каждой станции каналов связи и портов для передачи данных, а также скорость и объем передаваемой информации зависит от выбранной конфигурации оборудования, типа кабельных линий связи и длины участков регенерации.

Преимуществом системы является включение в симметричные медные магистральные кабели связи совместно с аналоговыми системами передачи типа К-60П, К12+12. При наращивании функционала системы можно организовать ЦСП не только между узловой станцией и несколькими линейными станциями, но и между соседними узловыми станциями. Внедрение такой системы передачи данных позволит вывести из эксплуатации аналоговую аппаратуру К-60П, К12+12 и др. Кроме того, оборудование MC04-DSL имеет возможность дальнейшего развития путем установки дополнительных плат, обеспечивающих работу системы по волоконно-оптическим кабелям. Таким образом, при прокладке оптоволоконного кабеля имеется техническая возможность увеличить скорость передачи данных до 1,25 Гбит/с.

Реализовав данные решения построения цифровой системы передачи по магистральным медным кабелям связи, можно:

- существенно улучшить качество связи;
- расширить технические возможности систем передачи данных на сети оперативно-технологической связи железной дороги;
- организовать мониторинг оборудования;
- существенно сократить эксплуатационные расходы дистанций сигнализации и связи.

## Список литературы

- 1 Филонович, В. Л. Организация сетей технологической связи / В. Л. Филонович, В. С. Андриенко, А. В. Колобов // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 9. – С. 22.
- 2 Телекоммуникационное оборудование Zelaх. Редакция 25. – Минск : Донарит, 2020. – 68 с.
- 3 Цифровая система передачи MC04-DSL. Руководство по эксплуатации KB3.090.011 РЭ (ред. 24 / январь 2016). – Пермь : АДС, 2016. – 174 с.

УДК 656.25(078.5)

## МЕТОД КОСВЕННОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ И МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ К ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИМПУЛЬСАМ ПРЕДНАМЕРЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Д. В. КОМНАТНЫЙ*

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

Проблема обеспечения устойчивости микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (МСЖАТ) к электромагнитным импульсам преднамеренного воздействия (ЭИПВ) становится крайне актуальной в связи с ухудшением положения в мире. Об этом свидетельствует анализ публикаций в научно-технической периодике и ограниченно опубликованные результаты проекта SECRET, выполняемого в Евросоюзе. Для ускорения испытаний и для сокращения потребности в испытательном оборудовании может быть предложена методика косвенной оценки устойчивости МСЖАТ к указанному виду помех.

В предложенном методе используются результаты предварительного расчета и натурных испытаний на устойчивость исследуемой аппаратуры к электростатическому разряду с амплитудой напряжения, соответствующей нормативной жесткости испытаний, а также с дополнительными значениями амплитуды.

Метод основан на сопоставлении импульса напряжения электростатического разряда и импульса напряжения от ЭИПВ.

Испытания на устойчивость к электростатическим разрядам (ЭСР) занимают, как показывает анализ, особое место. По ГОСТ Р 33436.4-1–2015 импульсы испытательного генератора производятся в места неоднородностей на корпусе. Электростатический разряд характеризуется амплитудой, длительностью и формой импульса напряжения, который воздействует на неоднородность корпуса ТС ЖАТ. Эти неоднородности являются паразитными излучающими антеннами, в раскрытие которых под воздействием ЭСР формируется импульс напряженности электрического поля, создающий внутри корпуса помеховые электромагнитные поля. Эти поля имеют и очень широкий спектр, обеспечивающий высокую проникающую способность, и достаточную мощность. Мощность помех определяется импульсом напряжения испытательного генератора, который имеет по ГОСТу сравнительно высокую амплитуду, до 15 киловольт по ГОСТ Р 33436.4-1–2015.

С учетом свойств ЭСР допустимо полагать, что импульс напряжения от электромагнитного импульса преднамеренного воздействия, эквивалентный импульсу ЭСР соответствующей степени жесткости испытания, создаст в раскрытии паразитной антенне и в корпусе рецептора помеховое электромагнитное поле, вызывающее отказы и сбои рецептора.

Представляется, что эквивалентные импульсы должны обладать одинаковой энергией и иметь одинаковую активную полосу частот. От уровня энергии зависят последствия воздействия помех на элементную базу. Следовательно, в паразитную антенну от разных импульсов должна поступать одинаковая энергия, которая затем передается в рецепторы при пренебрежимо малых потерях. Активная полоса частот определяет проникающую способность импульсов. Поэтому целесообразно использовать спектрально-энергетический способ вывода условий эквивалентности импульсов

$$\begin{cases} W_1 = W_2 \\ \Delta f_1 = \Delta f_2 \end{cases}, \quad (1)$$

где  $W_1$  и  $W_2$  – энергии импульсов, Дж;  $\Delta f_1$  и  $\Delta f_2$  – активные полосы частот, Гц.