



РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СИСТЕМ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ С ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ УСТРОЙСТВ СОПРЯЖЕНИЯ С ОБЪЕКТАМИ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

Антон Антонов¹, Антон Васильев¹, Галина Чернева², Владислав Кузьмин¹
ant-a-antonov@yandex.ru, vasiliev.a.ur@gmail.com, cherneva@vtu.bg, kuzmin.vs@edu.rut-miit.ru

¹ *Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ))
127994, Москва, ул. Образцова, 9, РОССИЯ*

² *Высшая транспортная школа им. Т. Каблешкова
1574, София, ул. «Гео Милев», 158, БОЛГАРИЯ*

Ключевые слова: железнодорожная автоматика, микропроцессорная централизация, безопасность, информационная безопасность

Резюме: в статье рассмотрены преимущества и требования применения систем микропроцессорной централизации с децентрализованным размещением устройств сопряжения с объектами управления и контроля на железнодорожной станции, сформулированы требования к системе по информационной безопасности. Описано требование обновления данных о состоянии контролируемых путевых объектов микропроцессорной централизации стрелок и сигналов. Обоснована и рассчитана величина времени передачи данных от устройств сопряжения с объектами до центрального процессора системы. Показана возможность реализации децентрализованного размещения устройств сопряжения с объектами управления и контроля, что позволит снизить капитальные затраты при строительстве и эксплуатации, повысить уровень функциональной безопасности микропроцессорных систем централизации на железнодорожных станциях.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на сети Российских железных дорог для выполнения задач, сформулированных в стратегии развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года [1], долгосрочной программы развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») до 2025 года [2], Стратегии научно-технологического развития ОАО «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга) [3] проводится реализация Стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД» [4, 5]. Она предусматривает реализацию цифровых проектов с применением современных цифровых технологий. В частности на основе технологии цифрового моделирования в строительстве (BIM) созданы цифровые двойники пилотных объектов, на основе распределённых реестров разрабатывается доверенная среда локомотивного комплекса, обеспечен контроль жизненного цикла деталей

грузовых вагонов, внедряются смарт-контракты в сфере грузовых перевозок. Для объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта предусматривается реализация нескольких проектов, таких как автоматизированное планирование работы по ремонтам и текущему содержанию на основании данных прогноза; предиктивная аналитика технического состояния на основе данных мобильных средств диагностики; предиктивная аналитика (прогноз технического состояния) устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) на основе данных диагностики; формирование программ текущего содержания и ремонта на основе прогноза технического состояния объектов железнодорожной автоматики и телемеханики.

Одними их основными направлениями инновационного развития холдинга ОАО «РЖД» является внедрение инновационных систем автоматизации и механизации станционных процессов («интеллектуальная станция»), разработка и внедрение перспективных технических средств и технологий инфраструктуры путевого комплекса, железнодорожной автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения, инновационных информационных и телекоммуникационных технологий.

На станциях для осуществления поездной работы по приему, отправлению поездов, маневровой работы в пределах станции и обеспечения безопасности движения поездов продолжают внедряться микропроцессорные телемеханические устройства для централизованного управления стрелками и сигналами. Эти устройства называются микропроцессорной (микрокомпьютерной) централизацией стрелок и сигналов (МПЦ) [6, 7, 8, 9].

2. ПРЕИМУЩЕСТВА И ТРЕБОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

По сравнению с применяющимися на станциях системами электрической централизации (ЭЦ) системы МПЦ имеют ряд преимуществ, основные из которых:

- более высокий уровень надёжности: дублирование узлов, в том числе центрального процессора (ЦП), а также наличие непрерывного обмена информацией между ЦП и объектом управления и контроля;
- возможность удалённого управления объектом управления (светофором, стрелочным электроприводом и др.);
- возможность осуществления интеграции управления перегонными устройствами СЦБ и приборами обеспечения безопасности в одном станционном процессорном устройстве;
- расширенный набор технологических функций, включая замыкание маршрута без открытия светофора, блокировку стрелок в требуемом положении, запрещающих показаний светофоров, изолированных секций для исключения задания маршрута и другие;
- наличие более детальной информации о состоянии устройств СЦБ на станции с возможностью её передачи в региональный центр управления перевозками;
- наличие возможности для установки объектных контроллеров для объекта управления на станции и/или перегонах.

Микроэлектронная техника позволяет осуществлять двукратное и трехкратное резервирование аппаратных и программных средств. Это увеличивает надёжность и безопасность системы. Введение избыточности дает возможность создания мощных средств самодиагностики, прогнозирования отказов и самовосстановления, что позволяет сделать систему малообслуживаемой.

МПЦ может быть реализована в двух вариантах: с централизованным расположением оборудования и децентрализованным расположением оборудования. При централизованном варианте размещения процессорный модуль централизации

(ПМЦ), реализующий логические взаимозависимости между станционными объектами, и аппаратура управления напольными устройствами (система объектных контроллеров (СОК)) располагается на посту централизации станции. При децентрализованном варианте ПМЦ размещается на посту централизации, а СОК распределяется по станциям в непосредственной близости от объектов управления. В основном используется первый способ, так как не обеспечивается нормативное значение устойчивости к климатическим факторам, что приводит к большим расходам на кабельную сеть.

В настоящее время уровень развития микропроцессорной техники позволяет реализовывать децентрализованное управление напольными объектами автоматики и телемеханики за счет сокращения габаритов и массы микропроцессорных устройств, уменьшения энергоемкости, повышения надежности и снижения их стоимости в производстве.

Децентрализованное размещение устройств управления и контроля напольными объектами позволяет сократить число напольных кабелей, упрощает схемы управления, повышает уровень функциональной безопасности за счет исключения ряда возможных отказов и мешающих влияний, расширяет функциональные возможности диагностики работы устройств.

Однако, к недостаткам такого размещения можно отнести необходимость построения территориально-распределенной вычислительной сети, которая должна иметь достаточный уровень надежности при приемлемом уровне затрат.

Помимо обязательных требований, предъявляемых к системам МПЦ, таких как требование по безопасности функционирования, надежности, технической совместимости, электробезопасности, пожарной безопасности, к программному обеспечению, комплекса требований по электромагнитной совместимости, на основании [10] МПЦ с децентрализованными устройствами сопряжения с объектами (УСО) должно соответствовать требованиям защиты информации:

- Требованиям по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации [11];
- Стандарта ОАО «РЖД» СТО РЖД 02.049-2014 [12].

3. РЕАЛИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Для выполнения этих требований должны быть использованы следующие меры информационной защиты:

- идентификация и аутентификация устройств; управление идентификаторами; управление средствами аутентификации; двусторонняя аутентификация; защита аутентификационной информации при передаче;
- меры ограничения программной среды, такие как управление запуском компонентов программного обеспечения, управление установкой компонентов программного обеспечения; управление временными файлами;
- меры защиты носителей информации, которые исключают возможность несанкционированного чтения информации, осуществляют контроль использования интерфейсов ввода-вывода информации; контроль ввода-вывода информации на носители информации;
- аудит безопасности, реализующий генерирование временных меток и синхронизацию системного времени, регистрацию событий безопасности, защиту информации о событиях безопасности;
- обеспечение целостности, а именно контроль целостности программного обеспечения, контроль целостности информации, контроль данных, вводимых в автоматизированную систему;

- обеспечение доступности, включая обеспечение возможности восстановления информации, программного обеспечения при нештатных ситуациях; контроль предоставляемых вычислительных ресурсов;

- защита информационной системы и ее компонентов при возможном возникновении задержки или прерывания выполнения процессов с высоким приоритетом со стороны процессов с низким приоритетом; защита неизменяемых данных; перевод автоматизированной системы в безопасное (защищенное) состояние при возникновении отказов.

Часть этих мер предусмотрена условиями обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте, часть является специфической при использовании микропроцессорных систем безопасности.

Основными требованиями к системам передачи данных, связанных с системами безопасности, является обеспечение достоверности сообщения, которое образуется из параметров подтверждения целостности, последовательности и актуальности сообщения на стороне получателя. Требование к системе можно разделить на три основные группы: временные, количественные и качественные.

Для организации безопасного и эффективного движения дежурному по железнодорожной станции необходимо предоставлять достоверную информацию по технологическим состояниям стационарных путевых объектов следующих видов:

- централизованных стрелок: положение, замыкание, блокирование, местное управление, выключение из зависимостей, перевод, автовозврат, потеря контроля;

- светофоров, сигнальные показания, состояния нитей ламп (светодиодных светооптических систем). блокирование светофора, выдержка времени на открытие светофора;

- секций маршрутов (стрелочно-путевых, бесстрелочных участков пути, приемо-отправочных путей): наличие подвижного состава, замыкание, блокирование, ограждение пути, местное управление, кодирование, искусственное размыкание, отсутствие контроля, выключение из электрической централизации стрелок и сигналов;

- состояния объектов, отключенных от управления;

- состояние других объектов управления и контроля, а также смежных систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики - состояние источников питания устройств электрической централизации стрелок и сигналов.

Сформулируем требования к информационному обмену при децентрализованном размещении устройств сопряжения с объектами управления и контроля. Согласно ГОСТ 33894 [13] временные требования к информационному обеспечению систем железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных станциях следующие.

1) Информация о состоянии объектов, используемая дежурным по железнодорожной станции или поездным диспетчером в качестве исходной при принятии ответственных управляющих решений или контролируемая станционной системой как условие безопасности движения поездов, должна быть актуальной и достоверной.

2) Обновление данных о состоянии контролируемых путевых объектов электрической централизации стрелок и сигналов должно происходить в реальном времени с задержкой не более 2 секунд относительно эксплуатационного события. Представление устаревшей информации при прекращении поступления данных контроля на время более 5 с должно быть прекращено и выдано предупреждение об отсутствии контроля состояния соответствующего объекта.

3) В функциях безопасности факт отсутствия информации о состоянии контролируемого объекта или устаревшая информация должны переводить станционную систему в защитное состояние.

4) Для организации предупреждения возможных неисправностей, детального анализа условий возникновения нештатных ситуаций и выявления причин возможных аварийных происшествий станционная система должна иметь средства съема и хранения информации, касающейся действий оперативного персонала, состояния оборудования объектов управления и контроля железнодорожной станции, параметров технических средств управления, возможность передачи данной информации в систему диагностики и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики железнодорожного участка. Информация должна быть защищена от разрушения при отказах аппаратуры управления и сбоях в работе устройств энергоснабжения. Время хранения, содержание, порядок доступа к этой информации должны определяться на этапе проектирования.

Одним из важнейших требований является обновление данных о состоянии контролируемых путевых объектов микропроцессорной централизации стрелок и сигналов должно происходить в реальном времени с задержкой не более 2 секунд относительно эксплуатационного события. Данное время складывается из времени цикла УСО, включающее в себя цикл приема и передачи; времени передачи информации от УСО до центрального процессора (ЦП); времени цикла ЦП, включающее в себя три цикла: прием, обработку, передачу; времени передачи от ЦП до автоматизированного рабочего места дежурного по железнодорожной станции (АРМ); времени цикла АРМ, которое также, как и время цикла УСО включает в себя два цикла (прием и передача).

Так как УСО находятся рядом с напольными устройствами, а передача данных с них осуществляется по информационному кабелю, то необходимо обеспечить время передачи от УСО до ЦП в заданных пределах.

$$2 \cdot t_{УСО} + t_{УСО-ЦП} + 3 \cdot t_{ЦП} + t_{ЦП-АРМ} + 2 \cdot t_{АРМ} = 2 (с)$$
$$t_{УСО-ЦП} = 2 - 3 \cdot 0,3 - 2 \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,1 - 0,1 = 0,6 (с)$$

Из полученного результата $t_{УСО-ЦП}$ можно сделать вывод, что системе необходимо максимум 600 мс. За это время ЦП должен сделать запрос на объект управления и получить актуальную и достоверную информацию от УСО о состоянии объекта. Следовательно, для того, чтобы обеспечить требуемое время реакции системы, время передачи не должно превышать 600 мс.

Количественными требованиями, которые должны предъявляться к системам с децентрализованным размещением УСО следует также отнести:

- считывание информации с объектов, контролируемых при реализации функций безопасности, должно происходить с вероятностью ошибки не более 10^{-9} ;
- при использовании телемеханической информации должна быть обеспечена следующая достоверность:
 - вероятность трансформации ответственной управляющей команды не более 10^{-14} ,
 - вероятность трансформации контрольной информации не более 10^{-8} ;
 - вероятность образования ложной команды или контрольного сообщения при отсутствии передачи не более 10^{-12} .

4. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в условиях динамичного развития цифровых систем безопасности железнодорожной автоматики и телемеханики существует возможность реализации децентрализованного размещения устройств сопряжения с объектами управления и контроля, что позволит снизить капитальные затраты при строительстве и эксплуатации,

повысить уровень функциональной безопасности микропроцессорных систем централизации на железнодорожных станциях.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Распоряжение Правительства РФ "О стратегии развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года" от 17 июня 2008 г. № 877-р // Собрание законодательства Российской Федерации. 2008 г. № 29. Ст. 3537
- [2] Распоряжение Правительства РФ "Об утверждении долгосрочной программы развития открытого акционерного общества "Российские железные дороги" до 2025 года" от 19 марта 2019 г. № 466-р // Собрание законодательства Российской Федерации. 2019 г. № 12. Ст. 1354
- [3] Распоряжение ОАО «РЖД» «Об утверждении стратегии научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга) от 17 апреля 2018 г. №769/р // cipi.samgtu.ru URL: http://cipi.samgtu.ru/sites/cipi.samgtu.ru/files/belaya_kniga.pdf (дата обращения: 10.05.2022).
- [4] Кобзев С.А. и др. Как идёт цифровая трансформация в ОАО «РЖД» / беседовали Н.Пулина, С.Шведов // gudok.ru: Транспортный портал. 25.01.2021. URL: <https://gudok.ru/content/infrastructure/1550612/> (дата обращения: 10.05.2022).
- [5] Чаркин Е.И. Стратегический подход к цифровой трансформации / беседовал А.Зубов // Гудок. 06.09.2021. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1577913&archive=2021.09.06> (дата обращения: 10.05.2022).
- [6] Сапожников В.В., Кононов В.А. Электрическая централизация стрелок и светофоров: Учебное иллюстрированное пособие для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. В.В. Сапожникова. – Москва: Маршрут, 2002. – 168 с.
- [7] Сапожников В.В., Кононов В.А., Куренков С.А., Лыков А.А., Наседкин О.А., Никитин А.Б., Прокофьев А.А., Трясов М.С. Микропроцессорные системы централизации: Учебник для техникумов ж.-д. транспорта / Под ред. В.В. Сапожникова. – Москва: Маршрут, 2008.- 398 с.
- [8] Неделчев Н., Христов Х. Электрически централизации. – София: ВТУ «Т.Каблешков», 2008.- 329 с.
- [9] Бочков К.А., Коврига А.Н., Харлап С.Н. Микропроцессорные системы автоматики на железнодорожном транспорте. – Гомель: БелГУТ, 2013.- 254с.
- [10] ГОСТ 34012-2016. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Общие технические требования: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 марта 2017 г. № 230-ст : дата введения 2017-10-01. - Москва : Стандартинформ, 2017. - 45 с.
- [11] Приказ ФСТЭК России "Об утверждении требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры" от 25 декабря 2017 г. N 239 // Федеральная служба по техническому и экспортному контролю [Официальный сайт] URL: <https://fstec.ru/en/53-normotvorcheskaya/akty/prikazy/1592-prikaz-fstek-rossii-ot-25-dekabrya-2017-g-n-239> (дата обращения: 10.05.2022)
- [12] СТО РЖД 02.049-2014. Автоматизированные системы управления технологическими процессами и техническими средствами железнодорожного транспорта. Требования к функциональной и информационной безопасности программного обеспечения : стандарт ОАО «РЖД» : утвержден и введен в действие распоряжением ОАО "РЖД" от 30 декабря 2014 г. N 3192р : дата введения 2015-01-01 // scbist.com URL: <http://scbist.com/attachments/osty/14041d1541591181-sto-rzhd-02-049-2014-avtomatizirovannye-sistemy-upravleniya-tehnologicheskimi-processami-i->

tehnikeskimi-sredstvami-zheleznodorozhnogo-transporta-sto-rzhd-02.049-2014.pdf (дата обращения: 10.05.2022)

[13] ГОСТ 33894-2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханика на железнодорожных станциях. Требования безопасности и методы контроля : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 марта 2017 г. № 233-ст : дата введения 2017-11-01. - Москва : Стандартинформ, 2017. - 29 с.

DEVELOPMENT OF DIGITAL SAFETY SYSTEMS IN THE APPLICATION OF MICROPROCESSOR INTERLOCKING SYSTEMS WITH DECENTRALIZED PLACEMENT OF INTERFACE DEVICES WITH CONTROL OBJECTS

Anton Antonov¹, Anton Vasiliev¹, Galina Cherneva², Vladislav Kuz`min¹

¹ Russian University of Transport (RUT (MIIT))

127994, Moscow, 9 Obrazcov str. RUSSIA

²Todor Kableshkov University of Transport

1574, Sofia, 158 Geo Milev str. BULGARIA

Key words: *railway automation, microprocessor interlocking, security, information security*

Abstract: *the article deals with the application of microprocessor interlocking systems with decentralized placement of interface devices with command and control facilities at a railway station, including information security system requirements. The requirement to update data on the state of controlled track objects of microprocessor interlocking of switches and signals is described. Substantiated and calculated the value of the time of data transfer from interface devices with objects to the central processor of the system. The possibility of implementing a decentralized placement of interfacing devices with control and monitoring objects is shown, which will reduce capital costs during construction and operation, increase the level of functional safety of microprocessor-based interlocking systems at railway stations.*