

4 Выходы схем встроенного контроля объединяются на входах самопроверяемой схемы сжатия парафазных сигналов, реализуемых на основе элементарных модулей сжатия парафазных сигналов [5].

Исследования показывают, что контроль вычислений по двум диагностическим признакам с применением линейных кодов позволяет существенно повысить число тестовых комбинаций среди рабочих для комбинационных устройств и реализовывать более эффективно процедуру рабочего диагностирования, чем при контроле только одного из параметров. В этом случае возрастают показатели контролепригодности самого устройства в части наблюдаемости. Это немаловажный фактор, который говорит о преимуществах построения самопроверяемых устройств для критических приложений, в особенности, связанных с обеспечением безопасности протекающих технологических процессов. В качестве «основы» для синтеза самопроверяемого устройства могут быть выбраны не только коды Хэмминга, но и различные их модификации, обладающие иными диагностическими свойствами [10, 11].

Реализация высоконадежных цифровых систем с применением описанного подхода позволяет совершенствовать технологии синтеза систем критического применения, в том числе, таких, в которых входные данные меняются крайне редко, что распространено во многих отраслях промышленности (включая атомную и военную отрасли) и транспорта [12, 13].

#### Список литературы

- 1 Баранов Л. А. Методология обоснования требований безопасности при использовании систем технического зрения в интеллектуальных системах управления движением поездов / Л. А. Баранов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Интеллектуальные транспортные системы. – Москва, 26 мая 2022. – С. 54–58.
- 2 Reynolds, D. A. Fault Detection Capabilities of Alternating Logic / D. A. Reynolds, G. Meize // IEEE Transactions on Computers. – 1978. – Vol. C-27. – Is. 12. – P. 1093–1098. – DOI: 10.1109/TC.1978.1675011.
- 3 Аксенова, Г. П. Восстановление в дублированных устройствах методом инвертирования данных / Г. П. Аксенова // Автоматика и телемеханика. – 1987. – № 10. – С. 144–153.
- 4 Построение самопроверяемых комбинационных схем на основе свойств самодвойственных функций / М. Гессель [и др.] // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 2. – С. 151–163.
- 5 Сапожников, В. В. Теория синтеза самопроверяемых цифровых систем на основе кодов с суммированием / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов. – СПб. : Лань, 2021. – 580 с. – ISBN 978-5-8114-8076-0.
- 6 Ефанов, Д. В. Самодвойственный контроль комбинационных схем с применением кодов Хэмминга / Д. В. Ефанов, Т. С. Погодина // Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем (МЭС). – 2022. – № 3. – С. 113–122. – DOI: 10.31114/2078-7707-2022-3-113-122.
- 7 Hamming, R.W. Error Detecting and Correcting Codes / R. W. Hamming // Bell System Technical Journal. – 1950. – 29 (2). – P. 147–160. – DOI: 10.1002/j.1538-7305.1950.tb00463.x.
- 8 Ефанов, Д. В. Исследование свойств самодвойственных комбинационных устройств с контролем вычислений на основе кодов Хэмминга / Д. В. Ефанов, Т. С. Погодина // Информатика и автоматизация. – 2023. – Т. 22, № 2. – С. 349–392. – DOI: 10.15622/ia.22.2.5.
- 9 Гессель, М. Обнаружение неисправностей в самопроверяемых комбинационных схемах с использованием свойств самодвойственных функций / М. Гессель [и др.] // Автоматика и телемеханика. – 1997. – № 12. – С. 193–200.
- 10 Сагалович, Ю. Л. Введение в алгебраические коды : учеб. пособие / Ю. Л. Сагалович. – Учреждение Российской академ. наук Ин-т проблем передачи информ. им. А. А. Харкевича РАН. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ИППИ РАН, 2014. – 310 с. – ISBN 978-5-901158-24-1.
- 11 Кудряшов, Б. Д. Основы теории кодирования / Б. Д. Кудряшов : учеб. пособие. – СПб. : БХВ-Петербург. 2016. – 400 с. – ISBN 978-5-9775-3527-4.
- 12 Hidden Faults in FPGA-Built Digital Components of Safety-Related Systems / O. Drozd [et al.] // Proceedings of the 14th International Conference “TCSET’2018, Lviv-Slavsko. – Ukraine, 2018. – P. 805–809. – DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336320.
- 13 Сапожников, Вл. В. Синтез систем управления движением поездов на железнодорожных станциях с исключением опасных отказов / Вл. В. Сапожников. – М. : Наука, 2021. – 229 с. – ISBN 978-5-02-040877-7.

УДК 656.25

## ОСОБЕННОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТАХ КОНТРОЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

*В. В. КАМЕНСКИЙ, С. В. СОКОЛОВ*

*Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону,  
Российская Федерация*

Транспортный комплекс осуществляет удовлетворение потребностей пассажиров и промышленных предприятий в перевозках. Значительную часть от общего объема всех перевозок транспортного комплекса занимает железнодорожный транспорт. По данным Росстата в прошлом году ОАО «РЖД» осуществило перевозку грузов в количестве 1234,3 миллионов тонн, а количество пе-

реверсивных пассажиров оценивается в 1135,8 миллионов пассажиров. На железнодорожном транспорте перевозки осуществляются специализированными вагонами в составе пассажирских и грузовых поездов [1, 2].

Управление движением грузовых и пассажирских поездов осуществляет поездной диспетчер путем выдачи управляющих воздействий на стрелки и светофоры [3, 4]. Светофоры ограничивают участки железнодорожного пути и передают машинисту сигналы, разрешающие прием и отправление поездов на станциях и разъездах.

С помощью стрелок осуществляется изменение направления движения поездов и обеспечивается прием и отправление поездов на разные пути железнодорожных разъездов и станций. В положении «+» (плюсовом) стрелка не изменяет направление движения поезда, а в положении «-» (минусовом) направление движения поезда изменяется. Управление стрелками осуществляется с помощью стрелочного электропривода.

Поездной диспетчер передает команды управления стрелками и сигналами из диспетчерского центра управления посредством системы диспетчерской централизации, которая воздействует на систему электрической централизации. На контролируемых пунктах диспетчерской централизации (станциях, разъездах и блок-участках) для контроля положения стрелок поездным диспетчером устанавливаются модули ввода сигналов, а для управления – модули вывода сигналов.

Вычислительные устройства контролируемого пункта осуществляют предварительную обработку сигналов от разных объектов контроля. Объекты контроля могут быть простыми (формируют всего один сигнал) или сложными (формируют несколько сигналов). К сложным объектам относится, например, стрелка.

В исправном состоянии стрелочного перевода под током находится одно из двух контрольных реле – МК или ПК. Состояние положения стрелки в минусовом положении обозначим {10} (МК = 1, ПК=0), а состояние плюсового положения стрелки обозначим {01} (МК = 0, ПК = 1).

Перед заданием маршрута в диспетчерской централизации осуществляется моделирование условий безопасности, одним из которых является контроль положения стрелок в маршруте. При проверке положения стрелки в маршруте осуществляется проверка возбужденного или обесточенного состояния одного реле (ПК или МК), между тем, при определенных неисправностях стрелочного привода или модуля ввода сигналов может поступить комбинация сигналов {00} или {11}, которая будет неверно воспринята подсистемой моделирования.

Для правильной работы необходимо убедиться в наличии двух комбинаций сигналов (МК = 1 и ПК = 0 или МК = 0, ПК = 1) и при поступлении комбинации сигналов {00} или {11} блокировать дальнейшую работу контролируемого пункта.

Следующим случаем, требующим особого внимания в процессе предварительной обработки сигналов от сложных объектов контроля, является возможность выхода модулей ввода сигналов из строя. При проектировании схем увязки диспетчерской и электрической централизации контакты реле плюсового (ПК) и минусового (МК) контролирующего реле могут быть подключены как к одному модулю ввода сигналов, так и к двум разным модулям ввода сигналов [5].

Схема ввода сигналов показана на рисунке 1. В процессе эксплуатации системы диспетчерской централизации, особенно при превышении сроков ее эксплуатации, возможны выходы модулей ввода сигналов из строя. Это приводит к отсутствию контроля стрелки у поездного диспетчера до замены неисправного модуля ввода сигналов.

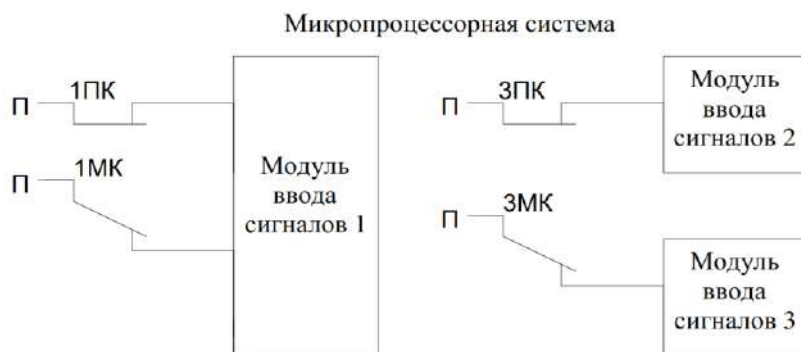


Рисунок 1 – Схема ввода сигналов

Возможны следующие случаи, связанные с неисправностями модулей:

- 1) неисправность одного модуля ввода сигналов с двумя сигналами ПК и МК в одном блоке (модуль ввода сигналов 1);
- 2) неисправность одного модуля ввода сигналов с одним сигналом ПК или МК, второй модуль исправен (модуль ввода сигналов 2 и 3);
- 3) одновременная неисправность двух модулей ввода сигналов (модуль ввода сигналов 2 и 3).

Состояние сигнала при неисправном модуле ввода сигналов обозначим  $\{H\}$ . Состояние сигнала 0 или 1 при исправном модуле ввода сигналов обозначим  $\{*\}$ .

В первом и в третьем случае состояние сигналов МК и ПК неизвестно  $\{HH\}$  (МК = H, ПК = H) и стрелка однозначно будет находиться в положении без контроля.

Во втором случае неисправность может быть в модуле ввода сигналов 2 или в модуле ввода сигналов 3.

При неисправности второго модуля ввода сигналов, осуществляющего ввод сигнала ПК  $\{*H\}$ , и исправности третьего модуля ввода сигналов, осуществляющего ввод сигнала МК при наличии активного сигнала (единица) МК  $\{1H\}$ , можно утверждать, что стрелка находится в минусовом положении. При отсутствии активного сигнала МК  $\{0H\}$  возникает ситуация «Нет контроля стрелки. Возможно стрелка в плюсовом положении».

При неисправности третьего модуля ввода сигналов, осуществляющего ввод сигнала МК  $\{H*\}$ , и исправности первого модуля ввода сигналов, осуществляющего ввод сигнала ПК при наличии активного сигнала (единица) ПК  $\{H1\}$ , можно утверждать, что стрелка находится в плюсовом положении. При отсутствии активного сигнала ПК возникает ситуация «Нет контроля стрелки. Возможно стрелка в минусовом положении».

Таким образом, для обеспечения безопасности движения поездов системы железнодорожной автоматики и телемеханики в процессе предварительной обработки информации о сложных объектах контроля (стрелка, светофор, рельсовая цепь и другие) должны хранить, передавать и обрабатывать в совокупности показания всех датчиков и индикаторов неисправностей сложного объекта контроля как показано выше.

#### Список литературы

- 1 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : утв. приказом Минтранса России от 23 июня 2022 г. – № 250. – 517 с.
- 2 ГОСТ 33894-2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных станциях. – Введ. 2017-11-01. – М. : Стандартинформ, 2017. – 26 с.
- 3 ГОСТ 33896-2016. Системы диспетчерской централизации и диспетчерского контроля движения поездов. – Введ. 2017-11-01. – М. : Стандартинформ, 2017.
- 4 СТО РЖД 1.19.003-2010. Автоматизированные системы диспетчерского управления движением поездов. – Введ. 2017-11-01. – М., 2010. – 43 с.
- 5 СП 235.1326000.2015. Свод правил. Железнодорожная автоматика и телемеханика. Правила проектирования: утв. приказом. Минтранса России № 205 от 06.07.2015 г. Дата введения : 01.07.2015 г. – М. : Минтранс России, 2015. – 145 с.

УДК 65.011.56

## НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*И. В. КАСПАРОВ*

*Самарский государственный университет путей сообщения, филиал в г. Нижний Новгород,  
Российская Федерация*

Развитие железнодорожного транспорта на современном этапе требует новых подходов к созданию и эксплуатации жизненно важных систем управления и обеспечения безопасности движения поездов. Длительное время системы железнодорожной автоматики и телемеханики представляли собой достаточно разрозненные устройства, которые не имели единых требований в области функциональной безопасности и надежности, а также кибербезопасности.

Переход к созданию современных комплексных систем интервального регулирования движения поездов является очень актуальным, так как постоянно происходит усложнение задач перевозочного процесса, поэтому необходима унификация требований, разработка единой методологии оценки киберзащищенности объектов управления, разработка и внедрение методики прогнозирования предотказного состояния элементов инфраструктуры.