

Разработанная сверточная нейронная сеть обнаружения короткозамкнутых витков в обмотках трансформатора по форме кривой тока холостого хода обладает высокой точностью и быстродействием.

Список литературы

1 **Bunjongjit, S.** Analysis of interturn fault characteristics in single phase transformer using experimental setup / S. Bunjongjit, J. Klomjit, A. Ngaopitakkul // 2016 19th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), Chiba, Japan, 2016. – P. 1–5.

2 **Hramyka, I.** Development of Software and Hardware for Identification of Interturn Short Circuit in Single-Phase Transformers / I. Hramyka // Third International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T), Raipur, India, 2024. – P. 241–246. – DOI: 10.1109/ICPC2T60072.2024.10474962.

УДК 656.25+681.518.5

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ЗАМЫКАНИЮ МАРШУТОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЯХ С БОРТОВЫХ СРЕДСТВ ЛОКОМОТИВОВ

Д. В. ЕФАНОВ

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва
Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

Современный этап развития железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) связан с использованием для регулирования движения поездов электрической централизации (ЭЦ) стрелок и сигналов и различных видов блокировки [1]. И стоит только подумать, а ведь это изобретения, датирующиеся более чем веком тому назад! В отрасли ЖАТ, как правило, постепенно улучшаются принципы действия устройств и систем, придуманных в прошлом и позапрошлом веках.

Перспективы совершенствования отрасли ЖАТ, по мнению автора, связаны с распространением управления не только движением поездов на перегонах по радиоканалам, но и с радиоуправлением напольными технологическими объектами, а также с использованием радиоцентрализации (РЦ) и виртуальной централизации [2]. При этом должны развиваться функции самодиагностирования устройств ЖАТ и объектов инфраструктуры железных дорог, а системы управления движением должны учитывать состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава при регулировании движения поездов [3, 4]. Ряд функций по организации управления движением на уровне диспетчерского аппарата должен быть автоматизирован: выбор станций для скрещения и обгона поездов, учет отказов объектов инфраструктуры и подвижного состава при управлении движением по железнодорожным линиям и многое другое. Немаловажным фактором является и то, что должно быть минимизировано участие человека в процессе управления объектами на станции с дальнейшим переходом к роли наблюдателя. И очередным шагом к этому должна стать реализация маршрутного управления объектами ЖАТ без участия человека-оператора (дежурного по станции).

Подготовка маршрутов и их замыкание могут осуществляться непосредственно с движущихся поездов при наличии такой функции в бортовых средствах. Причем подготовка маршрута должна быть не функцией человека-оператора локомотива (машиниста), а функцией информационного сопряжения автоматизированных рабочих мест поездного диспетчера и бортовых средств автоматики. Если имеется график движения поездов и известен график исполненного движения для каждого конкретного поезда, то команды на задание маршрутов могут по защищенному радиоканалу передаваться на бортовые средства локомотивов. После этого, заблаговременно, должны передаваться команды на устройства радиоуправления напольным технологическим оборудованием ЖАТ и осуществляться задание маршрута. Данные о задании маршрута должны передаваться на бортовые средства локомотива, ведущего поезд, для которого этот маршрут предназначен, а также на бортовые средства тех локомотивов, которые ведут поезда на подходах к станции, на которой задается маршрут, и на ней самой. Такой подход к организации управления движением поездов по станциям позволяет постепенно изменить концепцию управления, снизить нагрузку на дежурного по станции, оставив за ним маневровую работу на станции, а для некоторых станций, где маневровая работа не предусмотрена, и вовсе исключить его влияние на процесс управления. Таким образом, просматривается переход к модификации систем управления на станциях и к исключению аппаратов управления с человеко-машинным интерфейсом (как минимум на промежуточных станциях, где допустимы только процедуры скрещения и обгона).

На рисунках 1 и 2 изображены укрупненные архитектуры систем управления движением поездов, в которых задание маршрутов на станциях осуществляется с бортовых средств локомотивов. В таких системах используются современные средства беспроводной передачи команд на управление напольным технологическим оборудованием ЖАТ, а также фиксации заданного состояния системы управления движением в бортовых средствах локомотивов. В первой итерации такой системы команды управления с бортовых средств локомотивов должны подаваться на аппарат управления, расположенный на посту электрической централизации (рисунок 1). В последующих (рисунок 2) – непосредственно на контроллеры управления, расположенные у напольного технологического оборудования ЖАТ с виртуальной реализацией зависимостей (без постов централизации стрелок и сигналов).

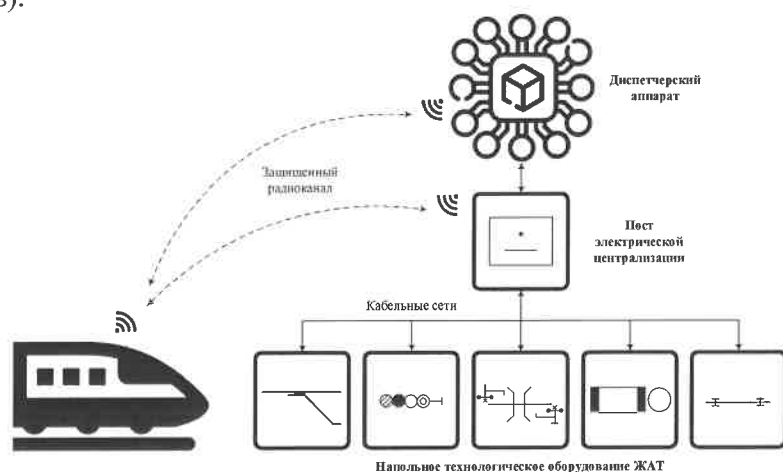


Рисунок 1 – Укрупненная архитектура системы замыкания маршрутов с бортовых средств локомотивов при ЭЦ

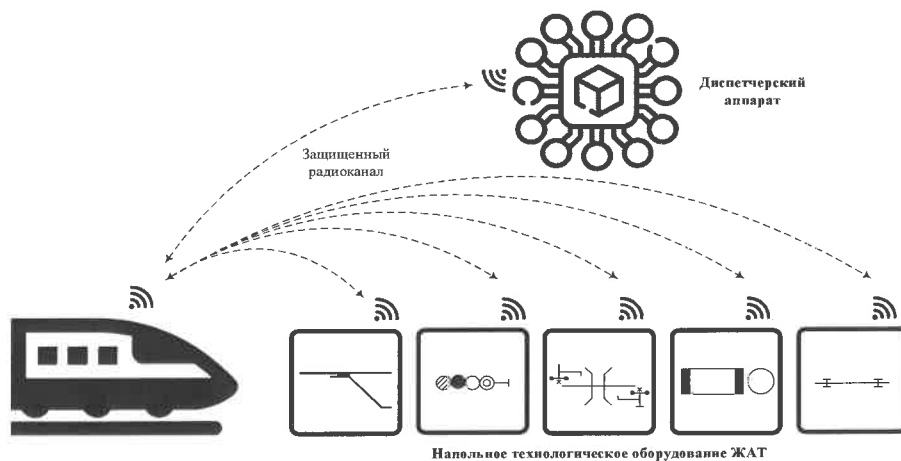


Рисунок 2 – Укрупненная архитектура системы замыкания маршрутов с бортовых средств локомотивов при РЦ

Обозначенный переход, однако, требует совершенствования не только единого аппарата передачи команд на управление движением поездов и задания маршрутов, но и всей идеологии управления, ведь каждый специалист, вовлеченный в эксплуатацию объектов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава, должен будет учитывать «новую» функцию – задания маршрутов с бортовых средств локомотивов. Это на первый взгляд выглядит усложнением процесса управления, но в перспективе дает возможность повышения уровня автоматизации и оперативного управления движением поездов.

Описанный концептуальный подход к построению системы управления движением поездов, по мнению автора, интересен и требует детальной комплексной проработки каждого «винтика в сложном механизме железнодорожного транспорта». Его учет при совершенствовании отрасли ЖАТ позволит в конечном итоге сделать скачок к более высокому уровню автоматизации, минимизации тем самым числа отказов, вызванных действиями человека, вовлеченного в процессы решения задач эксплуатации, а также к повышению показателей безопасности движения поездов.

Список литературы

- 1 Theeg, G. Railway Signalling & Interlocking / G. Theeg, S. Vlasenko. – 3ed ed. – Germany : Leverkusen PMC Media House GmbH, 2020. – 552 p.
- 2 Ефанов, Д. В. Радиоцентрализация с распределенными вычислительными ресурсами и развитыми функциями самодиагностирования / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Транспорт Российской Федерации. – 2021. – № 1–2. – С. 40–45.
- 3 Ефанов, Д. В. Концептуальные основы синтеза безопасных систем управления движением поездов / Д. В. Ефанов, В. В. Хорошев, Г. В. Осадчий // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20, № 3 (100). – С. 50–57. – DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-3-6.
- 4 Ефанов, Д. В. Управление надёжностью и безопасностью перевозочного процесса с применением систем непрерывного мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры / Д. В. Ефанов, Е. М. Михайлюта // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21, № 2 (105). – С. 84–94. – DOI: 10.30932/1992-3252-2023-21-2-10.

УДК 004.052.32+681.518.5

СЖАТИЕ САМОДВОЙСТВЕННЫХ СИГНАЛОВ В СХЕМАХ ВСТРОЕННОГО КОНТРОЛЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНЫХ ВЗВЕШЕННЫХ КОДОВ С СУММИРОВАНИЕМ

Д. В. ЕФАНОВ

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва
Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

При синтезе устройств и систем управления на всех уровнях реализации используется контроль вычислений [1–3]. Контроль вычислений связан с внесением в объект автоматизации некоторой избыточности, будь то структурная, информационная или временная избыточность. Именно это дает возможность проведения контрольных процедур и, в конечном итоге, достижения требуемых показателей надежности и безопасности.

Высокого покрытия ошибок в вычислениях можно добиться путем использования импульсного режима функционирования объектов, а также применения для контроля свойств особых классов булевых функций при имеющемся ресурсе временной избыточности [4]. Эффективным является «симбиоз диагностических признаков» – контроля вычислений по признакам самодвойственности и принадлежности формируемых в схемах встроенного контроля (СВК) кодовых слов заданным блоковым кодам. Существуют некоторые блоковые коды, которые позволяют организовать такой «двойной контроль» [5–7].

Одной из задач, возникающих при синтезе СВК, является уменьшение числа наблюдаемых сигналов. Такое действие необходимо для снижения структурной избыточности СВК, а также для обеспечения самопроверяемости ее составляющих. Существует два основных способа сжатия самодвойственных сигналов. Первый из них детально описан в [8] и подразумевает сжатие самодвойственных сигналов с применением трехходовых сумматоров по модулю $M = 2$, которые являются самодвойственными устройствами. Второй способ основан на применении блоковых равномерных кодов, проверочные символы которых описываются самодвойственными булевыми функциями (обозначим их как $(m, k)^{SD}$ -коды, где m и k – число информационных и проверочных символов кодовых слов, а буквы SD («self-dual») указывают на вид функций, описывающих проверочные символы) [4, 6, 7]. Кодеры таких кодов являются самодвойственными цифровыми устройствами и могут эффективно применяться для сжатия сигналов в СВК.

В [9] в качестве схем сжатия рассматриваются кодеры известных блоковых равномерных линейных кодов при определенном числе информационных символов (коды паритета, классические и модифицированные коды Хэмминга). В [10] предложена методика синтеза СВК на основе кодов Хэмминга, подразумевающая покрытие множества выходов объекта диагностирования собственными подмножествами выходов мощностью $n = 3 + 4l$, $l \in \mathbb{N}_0$, с последующим контролем вычислений отдельными подсхемами контроля и объединением их выходов на входах самопроверяемого компаратора. Как показывают многочисленные эксперименты, такой подход позволяет существенно повысить показатели наблюдаемости неисправностей при рабочем диагностировании. Подходят для этих целей и другие линейные коды, например, известные модификации кодов Хэмминга [6, 7].

Дальнейшие исследования показали, что некоторые коды с суммированием также являются $(m, k)^{SD}$ -кодами. Некоторые взвешенные коды с суммированием в кольце вычетов по