

Список литературы

- 1 IEC 61508-1(2010). Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems. – Part 1: General requirements. – М. : PCT, 2010. – 132 с.
- 2 CENELEC-EN 50129. Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling. – Киев: УкрНИИЦ, 2019.
- 3 МГС ГОСТ 33895–2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на перегонах железнодорожных линий. Требования безопасности и методы контроля. – Введ. 11.01.2017. – М. : Стандартиформ, 2017. – 16 с.
- 4 МГС ГОСТ 33893–2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных переездах. Требования безопасности и методы контроля. – Введ. 11.01.2017. – М. : Стандартиформ, 2017. – 16 с.
- 5 МГС ГОСТ 33894–2016. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных станциях. Требования безопасности и методы контроля. – Введ. 11.01.2017. – М. : Стандартиформ, 2017. – 30 с.
- 6 **Кустов, В. Ф.** Разработка требований функциональной безопасности для устройств железнодорожной автоматики / В. Ф. Кустов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2020. – № 2 (41). – С. 28–30.

УДК 681.51

ПРИМЕНИМОСТЬ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ, СЧЁТЧИКОВ ОСЕЙ И ОПТОСЕНСОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

В. В. ЛЯНОЙ, Р. В. ГНИТЬКО

АО «НПЦ «Промэлектроника», г. Екатеринбург, Российская Федерация

На место рельсовых цепей (РЦ) как средства контроля свободности/занятости участков пути претендуют две основные технологии: счётчики осей, преимущественно с помощью индуктивных датчиков колеса (ИДК), и опто сенсорные системы. Рассмотрим возможности и ограничения каждой из них в сравнении с РЦ.

ИДК и системы счётчиков осей (ССО) на их основе применяются с середины XX века, имеют меньшую стоимость жизненного цикла по сравнению с РЦ, в настоящее время в мире внедрено более полумиллиона счётных пунктов. В пятёрке мировых лидеров – Thales (более 150 тыс.), Frauscher (более 120 тыс.), Pintsch Tieffenbach (более 80 тыс.), Siemens (около 50 тыс.), НПЦ «Промэлектроника» (около 25 тыс.). Таким образом, накоплен большой опыт эксплуатации ИДК и ССО, область их применения и функциональные возможности значительно шире, чем у РЦ.

Технология счётчиков осей уже давно вышла за рамки металлодетекции. Новейшие датчики позволяют собирать, обрабатывать и передавать более 40 различных параметров, например: скорость, вибрацию, температуру, положение и диаметр колеса, направление движения, а современные технологии обработки информации дают нам цифровую 3D-модель ферромагнитных масс. При этом на порядки снизилась вероятность сбоев и отказов по сравнению с датчиками 90-х и даже нулевых годов.

На последней выставке InnoTrans мировые лидеры представили новые линейки решений на основе счётчиков осей: для прикладных задач эксплуатации, информационно-логистических систем предприятий, а также объектные контроллеры счётчиков осей с использованием беспроводных сетей передачи данных. Такие интеллектуальные решения соответствуют мировым тенденциям развития техники и востребованы в крупных инфраструктурных проектах.

Однако по своей природе ИДК являются точечными датчиками и не обеспечивают две функции РЦ: контроль излома или изъятия рельса и АЛСН. Но являются ли РЦ релевантным средством контроля излома или изъятия рельса?

По данным исследований российских учёных В. М. Филиппова и А. А. Маркова, основными являются случаи изломов рельсов в зоне сварных стыков (более 35 %), из-за поперечных трещин в головке (≈ 25 %), и из-за трещин коррозионного происхождения в подошве рельсов (≈ 20 %).

Исследования, проведённые НИЦ-ПУТЬ на Горьковской ж. д., показывают, что большинство изломов рельсов происходит под поездами, в местах со сверхнормативными отступлениями в параметрах путевой решётки, где возникает продольное кручение рельса от приложенной поездами нагрузки. В подошве рельса зарождается и развивается усталостная трещина, которая приводит к излому рельса под поездами по дефектам 69 и 79. А при боковом смещении головки рельса внутрь колеи происходит динамическое соударение гребня колеса и головки рельса. В результате происходит зарождение и развитие горизонтальных и поперечных трещин.

Рельс с трещиной уже является остродефектным и подлежит незамедлительной замене. При этом остродефектные и дефектные рельсы не обеспечивают разрыв электрической цепи, а поэтому не выявляются контрольным режимом РЦ и должны обнаруживаться только методами дефектоскопии.

Далее, в момент излома рельса под поездом РЦ находится в шунтовом режиме и не может выявить это явление. Учитывая вышесказанное, РЦ как средство контроля излома или изъятия рельса целесообразно применять только на участках с интенсивным и особо интенсивным движением.

Рассмотрим вопрос передачи данных о поездной ситуации и допустимой скорости движения без использования РЦ. Для этого следует применять различные виды цифровых радиоканалов, обеспечивающих множественный доступ и автоматический хэндоверинг. Выбор типа сети обмена данными определяется экономической целесообразностью, но при этом необходимо учитывать пригодность этой сети с точки зрения обеспечения безопасности движения поездов. Речь идёт об обеспечении необходимой скорости обмена данными с учётом интенсивности движения, специфики радиоканала, помеховой обстановки, алгоритмов обработки информации. В этой связи рискованно использовать сети, разработанные для интернета вещей (LoRaWAN и т. п.), из-за крайне низкой скорости передачи данных и уязвимости для хакерских атак. Более приемлемы высокоскоростные сети типа Wi-Fi, Wi-Max (с доработкой ПО), LTE-R и т.п. НИИЦ «Промэлектроника» ещё в 2008 г. получил положительные результаты эксперимента по передаче сигналов АЛСН посредством радиоканала на базе транспортного уровня сети Wi-Fi.

В зависимости от характера и интенсивности движения радиосеть может обеспечивать непрерывное, квазинепрерывное (на станциях, блок-постах и участках приближения к ним) и даже точечное кодирование. Здесь как дополнительное (а для малодеятельных участков – и как альтернативное) средство точечного кодирования могут использоваться активные путевые приёмоответчики (транспарентные бализы).

В начале 10-х годов нынешнего века в мире получили широкое распространение оптосенсорные технологии. Базируются на возникновении электрических эхо-сигналов при поперечных или продольных деформациях волоконнооптического кабеля (ВОК), а также при изменении его температуры. Есть две основных технологии: FBG, основанная на изменении свойств брэгговских решёток ВОК (есть определённые сложности, связанные с необходимостью применения специальных ВОК), и C-OTDR, использующая рэлеевские отражения в типовых ВОК. На базе данных технологий создан ряд оптосенсорных систем (Distributed Acoustic Sensing, DAS).

Анализ отражённых сигналов, принятых рефлектометром, позволяет выявить множество событий, происходящих на участке железной дороги протяжённостью до нескольких десятков километров, таких, как:

- прохождение подвижного состава, формирование ГИД;
- определение дефектов колёсных пар, тележек и рельсов;
- несанкционированный доступ к объектам ж.-д. инфраструктуры;
- сход подвижного состава;
- определение загрузки вагонов, скорости поезда и т. п.

По совокупности функциональных возможностей системы DAS экономически намного эффективнее традиционных средств фиксации вышеуказанных событий.

Вместе с тем есть ограничения применения DAS в системах обеспечения безопасности движения поездов. Физические принципы оптосенсорных технологий определяют однозначные соотношения между длиной контролируемого участка, разрешающей способностью и отношением сигнал/помеха. Поэтому продольная точность в типовых применениях не превышает 10–15 м, что ограничивает использование DAS в системах обеспечения безопасности движения на станциях. Отмечена практическая невозможность различения, по какому из путей многопутного участка следует поезд. Параметры оптосенсорных систем сильно зависят от внешних механических факторов, например, сейсмической активности. С другой стороны, DAS-системы не могут обнаружить вагон, неподвижно стоящий на участке пути. Из материалов зарубежной печати известно о ряде инцидентов, связанных с нарушением безопасности движения поездов, при эксплуатации DAS-систем.

Сравнение свойств и функциональных возможностей РЦ, ССО и DAS показано в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика	РЦ	ИДК и ССО	DAS
Достоверный контроль свободности/занятости участка	+	+	–
Контроль излома/изъятия рельса	–/+	–/–	+/+
Кодирование	+	–	–
Позиционирование подвижного состава	–	+	+
Измерение скорости	–	+	+
Контроль схода подвижного состава	–	+	+
Выявление дефектов подвижного состава/погрузки	–/–	+/–	+/+
Измерение температуры рельса	–	+	–
Непрерывное взаимодействие с подвижным составом	+	–	+
Устойчивость к пониженному (нулевому) сопротивлению балласта	–	+	+
Сейсмическая устойчивость	+	+	–
Энергетическая эффективность	–	+	+
Обработка сигнала малой вычислительной мощностью	+	+	–
Обеспечение УПБ 4 без дополнительных средств	+	+	–
Простота монтажа и наладки	–	+	–
Нечувствительность к типам колёс и верхнего строения пути	+	+	–
Нечувствительность к загрязнению поверхностей колёс и рельсов	–	+	+
Максимальная длина контролируемого участка, км	2,5/0,8	∞	50
Удельная стоимость жизненного цикла перегонных систем в относительных единицах (РЦ = 100 %)	100	30	30

Таблица 1 показывает, что у каждого из апробированных способов обнаружения проходящего по пути состава и контроля свободности/занятости участка есть свои сильные и слабые стороны, и максимальный эффект даёт их комбинированное применение, о чём свидетельствует, например, выступление профессора Марка Энтони, руководителя департамента МСЖД на WDF-2017, а также наличие таких продуктов у зарубежных производителей систем ЖАТ. При этом безопасное определение свободности/занятости участка пути обеспечивают только РЦ и ССО.

Настоящий доклад не предусматривает рассмотрение координатного метода определения свободности/занятости на базе СНС, триангуляции, пассивных бализ, одометров, доплеровских радаров и т. п. Отдельно взятый, он также не обеспечивает требуемый уровень безопасности из-за не решённой пока задачи автоматического контроля координаты хвостового вагона. Но как дополнение к одному из базовых, этот метод представляет собой перспективное средство интервального регулирования.

Резюмируя вышеизложенное, можно предложить экономически эффективные варианты оснащения системами ЖАТ участков с различным характером и интенсивностью движения. Базовая технология – счёт осей. В порядке возрастания интенсивности движения:

Для малодеятельных участков – микропроцессорная полуавтоматическая блокировка со счётчиками осей. По требованию заказчика дополняется устройствами кодирования на базе точечного или квазинепрерывного радиоканала.

При увеличении трафика устанавливается один или несколько автоматических блок-постов.

При дальнейшем увеличении интенсивности движения – переход к автоблокировке на базе счёта осей с непрерывным радиоканалом для кодирования.

На участках с интенсивным и особо интенсивным движением, а также высокоскоростных, применяется автоблокировка на базе РЦ с подвижными блок-участками и дифференцируемыми участками удаления, по требованию заказчика в качестве 100 % резерва используется автоблокировка на базе счёта осей с непрерывным радиоканалом. Для повышения пропускной способности также может применяться координатный метод.

Во всех случаях дополнительно может быть использована DAS-система для расширения функциональных возможностей и повышения безопасности и готовности комплексной системы контроля свободности/занятости участка.

Список литературы

- 1 Ляной, В. В. Обеспечение безопасности движения железнодорожного транспорта на основе совершенствования индуктивных датчиков регистрации колеса / В. В. Ляной // Транспорт Урала. – № 2 (49). – 2016. – С. 93–96.
- 2 Счет осей Frauscher sensor technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.frauscher.com/assets/media/Broschuere/RU/2012_AxleCounting_RU_WEB.pdf. – Дата доступа : 21.09.2021.
- 3 Инструкция «Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов»: [утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2014 г. № 2499р] [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.tdesant.ru/info/item/144>. – Дата доступа : 21.09.2021.

4 **Филиппов, В. М.** Управление техническим состоянием верхнего строения пути : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1997 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tekhnosfera.com/upravlenie-tehnicheskim-sostoyaniem-verhnego-stroeniya-puti>. – Дата доступа : 23.09.2021.

5 **Марков, А. А.** Актуальные проблемы дефектоскопии рельсов и пути их решения / А. А. Марков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.radioavionica.ru/activities/sistemy-nerazrushayushchego-kontrolya/articles/files/razrab/st_2016_1.pdf. – Дата доступа : 23.09.2021.

6 **Lancaster, Gavin.** DAS: Готовое решение для ж/д отрасли / Gavin Lancaster // Ultimate Rai. – 2018. – № 2. – С. 23–25.

7 Сходы из-за изломов рельса [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://vuzlit.ru/1001608/shody_izlomov_relsa. – Дата доступа : 23.09.2021.

8 **Плотников, О.** Практический опыт эксплуатации сети LoRaWAN. Заметки IoT-провайдера / О. Плотников [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://nag.ru/go/text/101403/>. – Дата доступа : 23.09.2021.

9 УИС. Доклад Марка Энтони на IV Форуме по датчикам колес, Вена, 4–6 октября 2017 г.

УДК 004.052.42

СИНТЕЗ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ СТРЕЛОЧНЫМ ПЕРЕВОДОМ НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

А. В. ПАШУКОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), несмотря на высокую конкуренцию, смогли найти применение во многих отраслях промышленности. Так, ПЛИС применяются в атомной промышленности [1, 2], авиации, военной технике [3], на железных дорогах [4, 5] и т. д.

Использование ПЛИС в области СЦБ на железнодорожном транспорте имеет ряд преимуществ. Среди них выделяются:

- существенное изменение себестоимости создания проекта;
- возможность реализации сложных параллельных алгоритмов;
- высокое быстродействие, необходимое для диагностики устройств ЖАТ;
- возможность программирования или реконфигурации непосредственно в готовой системе;
- аппаратная реализация алгоритмов работы систем ЖАТ;
- уменьшение занимаемого объема необходимой аппаратуры по сравнению с релейными схемами;
- уменьшение затрат электроэнергии.

В данной работе рассматривается возможность создания на ПЛИС схем управления объектами напольной автоматизации железнодорожного транспорта на примере схемы управления стрелочным переводом.

При синтезе схемы управления стрелочным переводом нужно описать логику ее работы в виде конечного автомата, который будет являться основой схемы управления. Для этого воспользуемся графом переходов (рисунок 1).

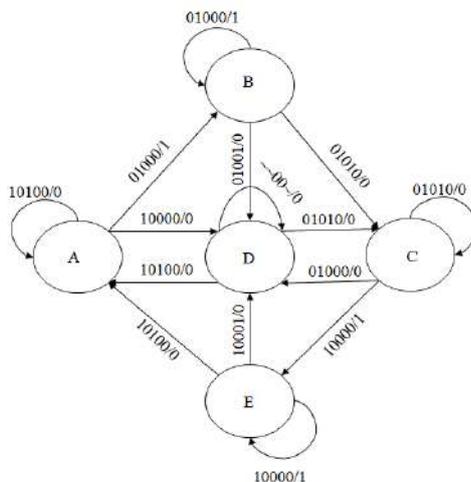


Рисунок 1 – Граф переходов схемы управления стрелочным переводом:
А – плюсовое положение стрелки; В – потеря контроля при переводе «←»; С – минусовое положение стрелки;
E – потеря контроля при переводе стрелки в «+»