



Будущее радиоуправляемых стрелок с автономным питанием



Дмитрий ЕФАНОВ

Dmitry V. EFANOV

The Future of Radio Controlled Switches with Autonomous Power Supply
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 160)

Описывается перспективный способ управления на железнодорожном транспорте, учитывающий минимизацию числа напольных технологических объектов, использование беспроводных технологий передачи данных, а также применение источников возобновляемой энергии для децентрализованных подсистем стрелочных переводов. Все остальные команды предложено реализовывать путём применения киберзащищённого радиоканала с отказом от дискретного позиционирования подвижных единиц и дискретной передачи данных о скоростных режимах движения поездов. Система стрелок с автономным питанием и использованием радиоканала для управления и контроля положения остряков должна адаптироваться поэтапно, начиная с местного уровня и наличия носимых устройств и заканчивая глобальной централизацией в пределах станции.

Ключевые слова: железная дорога, управление движением, цифровизация, альтернативные источники энергоснабжения, радиоканал, железнодорожные стрелки.

Ефанов Дмитрий Викторович – доктор технических наук, руководитель направления систем мониторинга и диагностики ООО «ЛокоТех-Сигнал», профессор кафедры автоматизации, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Ключевым направлением развития железнодорожного транспорта во всём мире стало создание высокоскоростного конкурентоспособного перевозочного комплекса, а также совершенствование принципов эксплуатации инфраструктуры и подвижных объектов с целью оптимизации ресурсов. В этой связи внимание железнодорожного сообщества сосредоточено на интеллектуализации и цифровизации транспортного процесса с переносом значительной части функций по управлению и диагностированию на тяговые подвижные единицы [1–5].

БЕЗ АЛЬТЕРНАТИВЫ НИКУДА

Цифровизация в полной мере позволит учесть интересы всех участников движения, их цели и задачи, оптимизировать загрузку объектов инфраструктуры, подвижного состава и операторов (как центров управления перевозками, станций, так и машинистов), а также открыть пути к созданию умного и энергоэффективного железнодорожного транспорта [6, 7].

Цифровизация – это лишь одна сторона развития. Вторая сторона – решение проблемы энергетики. Известный факт, что основной объём энергии человечество

получает сейчас за счёт использования невозобновляемых источников энергии. Железнодорожный транспорт, и подавно, работает только благодаря им. Эффективность использования энергии в отрасли крайне низкая, велика энергопотеря в ходе технологических процессов, а коэффициенты полезного действия (КПД) — далеки от идеальных (к примеру, КПД электрической тяги, учитывающий аналогичные показатели электростанций, устройств внешнего и тягового электропитания, электроподвижного состава, составляет менее 25 % [8]). Кроме того, значимый недостаток традиционных источников энергии — вредные выбросы и деструктивное влияние на экологическую обстановку [9, с. 87].

Многие страны обращают внимание на глобальные проблемы невозобновляемой энергетики, стоимость ресурсов, влияние на окружающую среду и мировую экологию. Это касается и железнодорожных сетей. Так, к примеру, железные дороги Нидерландов с 2017 года используют преимущественно источники возобновляемой энергии (энергии ветра), а Дания нацелена на переход к тотальному применению возобновляемой энергии в работе железнодорожного комплекса к середине XXI столетия [10]. Развивающиеся страны азиатского континента, прежде всего Япония и Индия, используют энергию солнца, располагая на платформенных крышах станций солнечные панели, ветряные турбины вдоль железнодорожных линий, в том числе управляемые ветровой нагрузкой от движущегося поезда [11, с. 1; 12, с. 1; 13, с. 1; 14, с. 25].

Ведутся исследования по обозначенной теме и в европейских странах [15, 16]. Некоторые работы в области создания систем генерации альтернативной энергетики публикуются инженерами и учёными постсоветского пространства [17], в частности они касаются и сферы управления движением поездов [18]. Свой интерес к этой проблематике проявляет и руководство российских железных дорог [19].

Стоит отметить, что есть и противники возобновляемых источников энергии, высказывающие аргументированные сомнения относительно их использования именно на

данном этапе развития. Против альтернативной энергетики выступал ещё в 1975 году и академик П. Л. Капица [20, с. 40–41].

Железнодорожный транспорт в России, по сути, не использует возможности возобновляемых источников энергии. В качестве редких позитивных примеров можно привести разве что распределённые системы технического диагностирования и мониторинга сложных инженерных конструкций, подобных железнодорожной контактной подвеске: в такой системе [21, с. 22] с помощью солнечных панелей повышается ресурс диагностических приборов, работающих от автономных источников энергоснабжения. Низкая стоимость производства электроэнергии «по старинке» — главный аргумент противников практики применения источников возобновляемой энергии в России. [10].

Несмотря на все трудности адаптации источников возобновляемой энергии в специфике железнодорожных комплексов, мировое сообщество всё чаще и чаще обращает внимание на них как вероятную в недалёком будущем альтернативу традиционным способам энергоснабжения. Одна из возможностей в использовании возобновляемой энергетики относится к системам управления движением поездов.

РАЗДЕЛЯЙ И УПРАВЛЯЙ

Системы управления движением на железнодорожном транспорте представляют собой совокупность стационарных средств и устройств, располагаемых в непосредственной близости к дорожному полотну и использующих его во многих случаях в качестве тракта передачи данных, а также носимых или бортовых средств управления на тяговых подвижных единицах [22, с. 20].

В роли основных стационарных средств позиционирования подвижных единиц выступают рельсовые цепи (изобретённые во второй половине XIX века), а также системы счёта осей. Причём первые широко распространены на железных дорогах постсоветского пространства. Названные средства предполагают позиционирование в пределах одного участка, оборудованного рельсовой цепью или ограниченного системой счёта осей. Перспективой разви-



тия датчиков позиционирования подвижных единиц является постепенное вытеснение весьма ненадёжных рельсовых цепей и использование счётчиков осей, в более далёкой перспективе возможно применение спутникового позиционирования.

В основном функцию регулирования движения поездов выполняют системы и устройства сигнализации, включающие в себя разнообразные светофоры (их изобрели в начале XX века) и источники звуковой сигнализации. Информация машинисту о скоростных режимах и числе впереди лежащих свободных участков контроля подвижных единиц передаётся в виде светового сигнала. Он поступает на стационарный (напольный) светофор участка контроля, на который разрешено или запрещено въехать, а также на бортовой (локомотивный) светофор. Для приёма данных о цветовом сигнале на локомотиве участки железных дорог оборудуются автоматической сигнализацией с кодированием световых показаний специальным кодом. Такой способ позиционирования подвижной единицы — это регулирование движения в пределах стационарных участков с низкой градацией скоростей.

Возможности современной беспроводной связи позволяют организовывать так называемые «подвижные» блок-участки, когда сам поезд является центральным объектом движения, а на бортовое оборудование поступают данные обо всех допустимых параметрах движения и впереди и позади следующих подвижных единиц в режиме реального времени [23, с. 363; 24, с. 227]. Перспектива развития средств сигнализации — ликвидация светофорной системы и использование прямых указаний машинисту о скорости ведения поезда (вплоть до автоматизации этой функции). При всём том главным недостатком светофорной сигнализации следует признать наличие развёрнутой и распределённой кабельной сети, прокладываемой вдоль путей станций и перегонов.

В качестве средств реализации различных технологических процессов на станциях, связанных с необходимостью разделения поездов, высвобождения путей для их движения и прочим, выступают железнодорожные стрелки. Именно они позволяют осуществлять перемещение подвиж-

ного состава на различные пути и изменение траекторий их движения. Среди всех стационарных средств управления на железнодорожном транспорте в будущем будут сохранены только стрелки, а также механизмы их перевода между крайними своими положениями.

Тем не менее в настоящее время все обозначенные средства управления движением охвачены кабельной сетью, а само управление и энергоснабжение преимущественно централизованы. Управление движением осуществляется посредством систем электрической централизации с отдельными или интегрированными системами интервального регулирования на перегонах.

Перспектива сохранения в качестве средств реализации технологических процессов только железнодорожных стрелок ведёт к тому, что наиболее актуальной задачей выступает возможность создания такой системы управления стрелками, которая будет действовать с минимальным расходом кабеля при организации гарантированно безопасного пропуска поездов. В данном контексте речь может идти о *системах стрелочной централизации* с введением аналогов маршрутизированного перемещения без светофоров с точным позиционированием подвижных единиц (не в пределах дискретных участков контроля).

СТРЕЛОЧНЫЕ ПРИВОДЫ С АВТОНОМНЫМ ПИТАНИЕМ

Основной элемент системы управления железнодорожными стрелками — это стрелочный электропривод, осуществляющий перемещение остяков стрелки (или других элементов её конструкции, например, сердечника крестовины) из одного крайнего положения в другое. Все остальные объекты напольного технологического оборудования при эволюции систем автоматики вполне могут быть ликвидированы [22].

Число элементов управления стрелками определяется, исходя из технологических особенностей станции, наличия на ней пологих стрелок, необходимости дополнительных приводов и т.д. [25, с. 31]. Но одной стрелкой, как правило, управляют с помощью одного привода. Кроме того, стрелки могут быть снабжены защитными устрой-

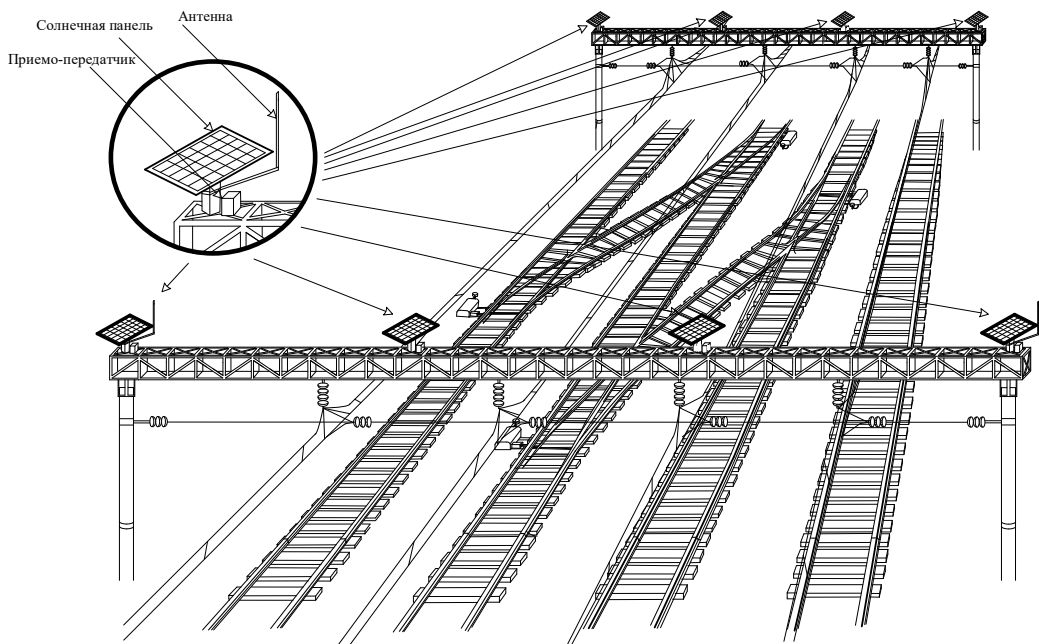


Рис. 1. Расположение элементов энергоснабжения на объектах инфраструктуры тягового хозяйства.

ствами (сбрасывающими башмаками), которые также управляются отдельными приводами. Таким образом, чаще всего на промежуточных станциях насчитывается до 30 стрелок, а на самых крупных, естественно, больше – до 100 и выше. Ввиду малого количества объектов управления строительство системы с развитой кабельной сетью оказывается экономически нецелесообразным, как и последующая эксплуатация таких систем. В особенности это касается станций, где принято решение о переводе управления стрелками с ручного на автоматическое.

Возникает задача создания такого комплекса управления железнодорожными стрелками, который включал бы в себя устройства, позволяющие приводить в движение остряки, расположенные в непосредственной близости к самой стрелке. При этом устройство должно иметь не только привод, но и средства его энергоснабжения, а также передачи информации на управление и информации о достижении крайнего положения стрелки. Понятно, что источники энергоснабжения не предполагают использовать расширенную кабельную сеть. Такой вариант уже сегодня отрабатывается, к примеру, на железных дорогах Швеции для модернизации системы ручного управления стрелками.

Существует несколько решений представленной задачи.

Первое состоит в создании распределённой системы генерации энергии и покрытия станции источниками возобновляемой энергии, которые могут быть расположены на крышах и платформах или же смонтированы на элементах конструкций железнодорожной контактной подвески (рис. 1). С этой целью элементы поддерживающих конструкций сети модернизируются под закрепление на них источников энергии. Причём требуется обеспечить хранение энергии в специальных накопительных подсистемах, в отведённых для этого местах вдоль железнодорожных путей, и нужна кабельная увязка с устройствами автоматического управления железнодорожными стрелками. В данном случае удобно все сигналы по управлению и контролю транслировать посредством кабеля на приёмо-передающие точки в непосредственной близости к антеннам системы организации передачи информации. Сама станция в такой ситуации представляет собой информационное пространство, охваченное промышленным Интернетом вещей (IIoT) [26, с. 1], функционирующим в соответствии со всеми требованиями по киберзащитности [27, с. 29].



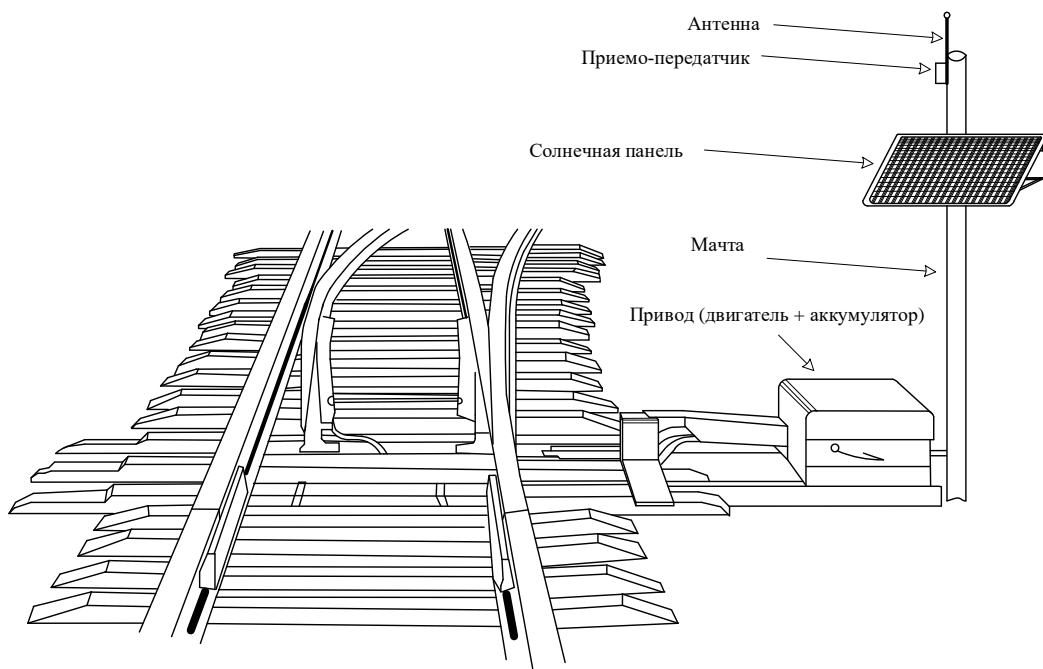


Рис. 2. Расположение элементов конструкции системы управления железнодорожными стрелками.

Другим вариантом решения задачи является создание децентрализованных подсистем управления каждой железнодорожной стрелкой в отдельности (рис. 2). Такая подсистема снабжается источником альтернативной энергии, закрепляемом на своей мачте на достаточной для обеспечения вандалоустойчивости высоте, а также средствами накопления энергии и организации передачи данных.

Подобное техническое решение удобно для станций с небольшим (до 30) числом стрелок и сравнительно малой загруженностью.

Сложности построения системы управления железнодорожными стрелками состоят в следующем:

1. Необходимо определить достаточные (с учётом резерва) мощности для обеспечения функциональных задач.

2. Для экономии энергоснабжения опрос приёмо-передающих устройств следует вести не непрерывно, а по мере необходимости изменения состояний железнодорожной стрелки или же по мере возникновения нестандартных ситуаций изменения состояний (нужны датчики, фиксирующие данные события). При этом для обеспечения безопасности нужен

контроль текущего состояния устройств управления.

3. Требуется создание собственного интернета вещей, закрытого для любого доступа.

4. Необходима организация увязки центральной системы позиционирования подвижных единиц на станции с системой управления железнодорожными стрелками по радиоканалу.

Обозначенные проблемы не нашли пока своего решения в полной мере, но частично решаются в системах ручного местного перевода стрелок (например, в вариантах компании Siemens для железнодорожных депо) [28, с. 9]. А сам этап перехода к беспроводной системе управления движением должен происходить поэтапно, с минимизацией напольных объектов железнодорожной инфраструктуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие техники и технологий в первой четверти XXI века позволяет говорить о возможности кардинальных перемен в области систем управления на железнодорожном транспорте и уходе от ставших уже традиционными малоинформативных систем регулирования с дискретными датчиками

позиционирования подвижных единиц, светофорной сигнализацией и развитой кабельной сетью энергоснабжения и передачи данных. Важное значение в этом вопросе имеют два ключевых тренда: «интеллектуализация и цифровизация» и «создание умных систем энергоснабжения». Оба направления должны развиваться параллельно, преследуя цели оптимизации расходов на реализацию технологических процессов по безопасному управлению движением поездов на железнодорожных магистралях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розенберг Е. Н., Батраев В. В. О стратегии развития цифровой железной дороги // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2018. – № 1. – С. 9–27.

2. Digital Railway Strategy. – Network Rail. – April 2018. – 42 p.

3. Bauer T., Benito D. N. Digital Railway Stations for Increased Throughput and a Better Passenger Experience // Signal+Draht. – 2018. – issue 7+8. – pp. 6–12.

4. Смагин Ю. С., Ефремов А. Ю. Первая цифровая система централизации в Германии // Железные дороги мира. – 2018. – № 8. – С. 63–67.

5. Stäubli R., Gschwend P. Digital Signalling in the Simmenthal // Signal+Draht. – 2018. – issue 10. – pp. 40–46.

6. Розенберг Е. Н., Уманский В. И., Дзюба Ю. В. Цифровая экономика и цифровая железная дорога // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 5. – С. 45–49.

7. Лёвин Б. А., Цветков В. Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. – 2018. – № 3. – С. 50–61.

8. Коэффициент полезного действия локомотива. [Электронный ресурс]: <http://lokomotiv.ru/podvizhnoy-sostav/koefficient-poleznogo-deystviya-lokomotiva.html>. Доступ 29.10.2018.

9. Грачев В. А., Плямина О. В. Экологическая безопасность и экологическая эффективность энергетики // Век глобализации. – 2017. – № 1. – С. 86–97.

10. Сила ветра: как Дания решила полностью перейти на возобновляемую энергию. [Электронный ресурс]: <http://www.furfur.me/furfur/changes/changes/217567-denmark>. Доступ 29.10.2018.

11. Hayashiya N., Watanabe Y., Fukasawa Y., Miyagawa T., Egami A., Iwagami Y., Kikuchi S., Yoshizumi H. Cost Impacts of High Efficiency Power Supply Technologies in Railway Power Supply – Traction and Station // 15th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE/PEMC), 4–6 September 2012, Novi Sad, Serbia, pp. LS3e.4–1 – LS3e.4–6. – DOI: 10.1109/EPEPEMC.2012.6397441.

12. Hayashiya N., Itagaki H., Morita Y., Mitoma Y., Furukawa T., Kuraoka T., Fukasawa Y., Oikawa T. Potentials, Peculiarities and Prospects of Solar Power Generation on the Railway Premises // International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA). – 11–14 November 2012. –

Nagasaki, Japan. – pp. 1–6. – DOI: 10.1109/ICRERA.2012.6477458.

13. Srivastava A., Singh A., Joshi G., Gupta A. Utilization of Wind Energy from Railways Using Vertical Axis Wind Turbine // International Conference on Energy Economics and Environment (ICEEE). – 27–28 March 2015. – Noida, India. – pp. 1–5. – DOI: 10.1109/EnergyEconomics.2015.7235107.

14. Kumar A., Karandikar P. B., Chavan D. S. Generating and Saving Energy by Installing Wind Turbines Along the Railway Tracks // International Conference on Energy Systems and Applications. – 30 October – 1 November 2015. – Pune, India. – pp. 25–27. – DOI: 10.1109/ICESA.2015.7503307.

15. Pankovits P., Pouget J., Robyns B., Delhay F., Brisset S. Towards Railway-SmartGrid: Energy Management Optimization for Hybrid Railway Power Substations // IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies, Europe. – 12–15 October 2014. – Istanbul, Turkey. – DOI: 10.1109/ISGTEurope.2014.7028816.

16. Aguado J. A., Sánchez Racero A. J., de la Torre S. Optimal Operation of Electric Railways with Renewable Energy and Electric Storage Systems // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2018. – vol. 9. – iss. 2. – pp. 993–1001. – DOI: 10.1109/TSG.2016.2574200.

17. Гончаров Ю. П., Сокол Е. И., Замаруев В. В. и др. Система преобразования энергии, генерируемой в полосе отчуждения железной дороги с помощью солнечных панелей // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2015. – № 30. – С. 98–108.

18. Кушпиль И. В., Бут А. Н. Использование фотоэлектрических модулей для питания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики // Автоматика на транспорте. – 2017. – № 2. – С. 202–215.

19. Энергия Солнца послужит РЖД. [Электронный ресурс]: <http://www.energovector.com/strategy-energiya-solntsa-poslujit-rzd.html>. Доступ 29.10.2018.

20. Капица П. А. Энергия и физика // Вестник АН СССР. – 1976. – № 1. – С. 34–43.

21. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Седых Д. В. Непрерывный мониторинг железнодорожной контактной подвески // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 3. – С. 20–24.

22. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В. Концепция современных систем управления на основе информационных технологий // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 5. – С. 20–23.

23. Попов П. А., Королев И. Н., Мыльников П. Д. Основные принципы контроля корректности бортовой системы позиционирования средствами железнодорожной автоматики // Автоматика на транспорте. – 2015. – № 4. – С. 355–366.

24. Шаманов В. И. Системы интервального регулирования движения поездов с цифровыми радиоканалами // Автоматика на транспорте. – 2018. – № 2. – С. 223–240.

25. Ossberger H. Modern Turnout Technology for High Speed. – TER Workshop Vienna. – 2016. – 42 p.

26. Hahanov V. Cyber Physical Computing for IoT-driven Services. – New York, Springer International Publishing AG, 2018. – 279 p.

27. Бакуркин Р. С., Безродный Б. Ф., Коротин А. М. Противодействие компьютерным атакам в сфере железнодорожного транспорта // Вопросы кибербезопасности. – 2016. – № 4. – С. 29–35.

28. Trackgaurd Cargo MSR32. Greater Efficiency and Safety in Cargo Transport. – Siemens AG. – 2016. – 22 p. ●

Координаты автора: **Ефанов Д. В.** – TrES-4b@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 02.11.2018, принята к публикации 25.12.2018.

