

янного тока. Использование интеллектуальной обработки данных позволило перейти к *выявлению предотказных состояний*, связанных с нарушениями в работе поддерживающих конструкций и частичными повреждениями в несущем тросе.

Сегодня система мониторинга железнодорожной контактной подвески, разработанная коллективом ООО «ЛокоТех-Сигнал», представляет собой законченное уникальное решение, готовое для применения на железных дорогах. Применение такого решения давно назрело и способно принести реальную пользу, особенно в условиях развития скоростного и высокоскоростного движения.

Список литературы

- 1 **Ефанов, Д. В.** Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4. – С. 62–65.
- 2 **Барч, Д. В.** Совершенствование системы обслуживания устройств энергоснабжения на основе мониторинга и диагностики / Д. В. Барч // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – № 3. – С. 103–110.
- 3 Online Catenary Temperature Monitoring at New High-Speed Rail Line Cologne-Rhine/Main / N. Theune [et al.] // WCRR. – 2003. – Vol. 18. – Is. 5. – P. 1038–1043.
- 4 **Park, Y.** Reliability Analysis of Arcing Measurement System Between Pantograph and Contact Wire / Y. Park, S. Y. Kwon, J. M. Kim // The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers. – 2012. – Vol. 61. – No. 8. – P. 1216–1220.
- 5 Инновационная контактная сеть СНЦФ V350, испытанная скоростью свыше 500 км/ч // Вести Евразия. – 2014. – № 6. – С. 22.
- 6 Sicat CMS. Catenary monitoring system for overhead contact line systems. – Product information, Version 1.1.4, Siemens AG. – 2016. – 8 p.

УДК 625+656.25

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ КАК СЕРВИС

Д. В. ЕФАНОВ, Г. В. ОСАДЧИЙ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Регулирование движения на железных дорогах осуществляется с помощью систем управления, которые реализуются за счет использования технических средств автоматизации. Управление на станциях осуществляет человек-оператор путем выдачи ответственных команд на управление (управление на большом числе перегонов является автоматическим). При современной системе управления на станции (электрической централизации) процедура управления связана с манипулированием элементами, позволяющими задавать маршруты. Оператор отмечает начальные, некоторые промежуточные и конечные точки по трассе предполагаемого маршрута путем воздействия либо на кнопки пульта-табло, либо путем щелчка мыши по соответствующему объекту, показанному на технологическом окне автоматизированного рабочего места. Все остальные процедуры по проверке условий безопасности движения, переводу ходовых и охранных стрелок, включению разрешающих показаний на светофорах осуществляет система в автоматическом режиме.

Современные системы управления включают в себя релейные, микроэлектронные и микропроцессорные компоненты [1–3]. Тенденции совершенствования систем управления связаны с внедрением высокоинтеллектуальных систем на программируемой элементной базе и микропроцессорной основе, где все технологические операции по реализации маршрутов на станциях выполняет управляющий вычислительный комплекс. Современные системы микропроцессорной централизации – это аппаратно-программные комплексы, реализуемые согласно установленным требованиям по безопасности функционирования.

Затраты на строительство, обслуживание и техническую поддержку микропроцессорных систем весьма велики и исчисляются сотнями миллионов российских рублей. Однако следует отметить, что все системы централизации имеют абсолютно идентичные правила построения и принципы реализации: требуется лишь знать топологию объекта автоматизации. Все остальные компоненты являются стандартными. Процесс же проектирования и внедрения системы управления зачастую не носит уникального характера, а связан только с тиражированием типовых решений.

Многие промышленные объекты обладают собственной, частной, железнодорожной системой, имеющей свое путевое развитие, свою инфраструктуру и, зачастую, свои тяговые подвижные еди-

ницы. Для управления движением предприятия вынуждены заказывать системы управления у тех же производителей, что производят системы управления для магистрального транспорта. Но во многих случаях установленная система управления на промышленном объекте может использоваться не «постоянно нагружено», а только в определенные часы или периоды дня (и даже года). При этом само неиспользуемое оборудование фактически оказывается простаивающим. Владельцам промышленных объектов приходится вкладывать деньги в тот объект, который они не используют на все 100 % возможностей. Выходом из этой ситуации является предоставление системы управления как «услуги» на обозначенное время [4].

С точки зрения управления движением поездов на железнодорожном транспорте любая топология станции или перегона может быть декомпозирована на конечное множество элементов. Они включают в себя типовые конструкции участков путей и их пересечений, а также типовой набор средств автоматизации управления движением для конкретной конструкции (стрелочный электропривод, светофор с конкретной сигнализацией и т. д.). Одним из известных подходов к реализации систем управления на железнодорожном транспорте является объединение в типовые блоки аппаратуры управления и соединение их по географическому принципу согласно топологии станции.

Таким образом, элементы станции объединяются в «шаблоны», которые применяются при соответствующей конфигурации объектов и конструкций на станции [5]. Ключевой является именно топология железнодорожной станции, все средства автоматики и сигнализации применяются согласно действующим инструкциям и стандартам. Именно такой подход в настоящее время реализуется при создании средств автоматизированного проектирования схемных решений железнодорожной автоматики [6].

Имея набор шаблонов, можно сформировать виртуальную систему управления движением поездов, ориентированную на применение для управления движением по станции с любой топологией. Подобная система реализуется в едином вычислительном центре, представляющем собой корпоративное защищенное облако данных. Для управления движением на произвольной станции требуется установка специализированного оборудования. При этом существует два основных способа реализации системы передачи данных к напольному технологическому оборудованию. Первый способ состоит в классическом представлении системы управления с кабельной сетью, подключающей напольное технологическое оборудование к кроссовому стиву и блоку передачи данных в вычислительный центр. Второй способ реализуется за счет установки децентрализованных блоков управления и передачи данных от каждого напольного технологического объекта на основе защищенного радиоканала.

Несколько промышленных объектов (даже десятки!) могут быть оборудованы только напольными объектами автоматики, включая интеллектуальные модули управления устройствами. Виртуальная система централизации управления может быть реализована в одном вычислительном центре и предоставляться как сервис при необходимости использования. Вместе с тем сервис может применяться одновременно для всех промышленных объектов, а не только использоваться как единственная установка централизации управления. Фактически виртуальная система управления представляет собой улучшенный аналог современной диспетчерской централизации, но без установок электрической централизации, а лишь с применением децентрализованных устройств управления и контроля напольным технологическим оборудованием автоматики.

С точки зрения принципов управления целесообразным представляется минимизация количества управляемых и контролируемых объектов. При этом должно пройти несколько стадий в минимизации оборудования для управления. На первой стадии остаются традиционные средства управления и контроля движения – рельсовые цепи, стрелочные электроприводы и светофоры. На второй стадии рельсовые цепи могут быть заменены на оптические датчики точечного контроля. На третьей передаче данных о скоростях перемещения подвижных единиц должна перейти к использованию беспроводных каналов, кроме того, необходим отказ от рельсовых цепей и переход на спутниковое позиционирование. В качестве средств управления и проверки зависимостей остаются устройства управления железнодорожными стрелками и бортовое оборудование подвижных единиц. Они образуют на каждой конкретной станции распределенную вычислительную систему (fog computing).

При отсутствии задач по управлению движением на промышленном объекте все устройства управления и сама вычислительная сеть находятся в спящем режиме. Активация осуществляется при использовании системы управления как услуги.

Таким образом, концепция «система управления как сервис» – это шаг к реализации прогрессивной технологии, когда ты покупаешь услугу, а не громоздкую систему, требующую больших расходов на капиталовложения в строительство и текущие расходы на эксплуатацию.

Список литературы

- 1 **Theeg, G.** Railway Signalling & Interlocking / G. Theeg, S. Vlasenko. – 1st ed. – DW Media Group GmbH Hamburg : Eurailpress. – 2009. – 448 p.
- 2 **Dobias, R.** FPGA Based Design of the Railway's Interlocking Equipments / R. Dobias, H. Kubatova // Euromicro Symposium on Digital System Design, 2004 (DSD'2004), 31 August – 3 September 2004, Rennes, France. – P. 467–473.
- 3 **Efanov, D.** Testing of Relay-Contact Circuits of Railway Signalling and Interlocking / D. Efanov, A. Lykov, G. Osadchy // Proceedings of 15th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2017), Novi Sad, Serbia, September 29 – October 2, 2017. – P. 242–248.
- 4 **Ефанов, Д. В.** Концепция современных систем управления на основе информационных технологий / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 5. – С. 20–23.
- 5 **Потехин, А. И.** Логические модели объектов железнодорожной станции // Проблемы управления. – 2016. – № 5. – С. 71–79.
- 6 Принципы построения средств проектирования железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Седых [и др.] // Автоматизация в промышленности. – 2017. – № 2. – С. 36–40.

УДК 625.25+681.518.5

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ С СОЗДАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Д. В. ЕФАНОВ, В. В. ХОРОШЕВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

С каждым годом технологический потенциал железнодорожного транспорта растет, улучшается и сама организация перевозок. Этому способствует стремление руководства железных дорог к внедрению цифровых технологий и современных систем управления, имеющих расширенный функционал по сравнению с морально устаревшими релейными системами и снабженных развитыми функциями самодиагностирования [1, 2]. Тем не менее коренное перевооружение железных дорог и переоснащение их новыми системами управления невозможно и нецелесообразно по ряду причин, в том числе, и по тому, что нововведения оказываются максимально эффективными в крупных экономических регионах с высокой загруженностью линий. Немаловажным является и то, что скорость научно-технического прогресса в области автоматизации процессов и производств на транспорте значительно превышает скорость инженерной мысли: технические решения быстро устаревают и появляются более совершенные. В этой связи «погоня» за наилучшими техническими решениями несколько теряет смысл.

Важнейшую роль в задаче повышения эффективности и безопасности движения поездов играют средства технического диагностирования и непрерывного мониторинга [3]. Данные средства могут быть мобильными либо же стационарными. Мобильные средства размещаются на подвижном составе и осуществляют процедуру диагностирования периодически с проходом специализированного состава по участкам железных дорог и непрерывно самих бортовых систем. К мобильным средствам диагностирования следует относить и устройства технического персонала, но они, естественно, имеют крайне низкую степень автоматизации процесса измерений диагностических параметров технических объектов. Стационарные средства технического диагностирования и мониторинга устанавливаются в специализированные контрольные точки объектов диагностирования (верхнего строения пути, железнодорожной контактной сети, объектов сигнализации, централизации и блокировки, искусственных сооружений и т. д.) [4]. Диагностические данные от объектов диагностирования передаются посредством сетей передачи данных (проводных и беспроводных) в концентраторы информации и в ситуационные центры мониторинга. Развитие технологий мониторинга в конце второго десятилетия XXI века ведет к тому, что для целых участков железных дорог возможно построение систем мониторинга в виде цифровых аналогов.

Реализация цифровых аналогов объектов диагностирования возможна при решении вопроса взаимной интеграции средств мониторинга объектов разных хозяйств в некоторых географических пределах (например, цифровая модель инфраструктуры на линии, на станции или на перегоне), легко стыкуемых