

много меньшей 0,5 Эрл (половина предельной СИН в 1 Эрл через однолинейную ЦСЛ), качество обслуживания абонентов на участке вполне приемлемо и не вызывает нареканий. Следовательно, если расчетная или измеренная СИН в ЧНН при некоторой  $U_{\text{пер}}$  составляет около 0,5 Эрл, то  $U_{\text{реал}} \approx 0,5U_{\text{пер}}$ , и наоборот, если для передачи сообщений требуется некоторая  $U_{\text{реал}}$ , то у провайдера надо арендовать  $U_{\text{пер}} \geq 2 U_{\text{реал}}$ .

#### Список литературы

1 Егоров, В. Б. Передача «новых» сообщений по «старому» тракту / В. Б. Егоров // Инновационный транспорт. – № 1 (15). – 2015. – С. 76–79.

УДК 681.518.5+656.05

### СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКИ

*Д. В. ЕФАНОВ, В. А. ГРОСС*

*ООО «ЛокоТех-Сигнал», г. Москва, Российская Федерация*

С развитием компьютерных технологий стал возможен переход к интеллектуальным системам мониторинга сложных инженерных конструкций и сооружений, к которым относится и инфраструктурный комплекс железных дорог. Прежде всего, системами непрерывного мониторинга должны оборудоваться нерезервируемые технические объекты, от надежности функционирования которых непосредственно зависят качество и эффективность перевозочного процесса [1]. К таким объектам в комплексе железнодорожной инфраструктуры относятся элементы и конструкции контактной сети.

Большинство отказов железнодорожной контактной сети приходится на контактную подвеску, которая функционирует в сложных условиях постоянного изменения состояния окружающей среды, а также периодического взаимодействия с электроподвижным составом. Статистика отказов говорит о том, что на провода и тросы контактной подвески, струны, зажимы, детали и воздушные стрелки приходится свыше 60 % всех отказов элементов контактной сети. Некоторые отказы тросов и проводов контактной подвески приводят к длительным простоям и сбоям в графике движения поездов (обрывы тросов и контактного провода). Сложным является и процесс восстановления работоспособного состояния железнодорожной контактной подвески. Всё это свидетельствует о необходимости совершенствования технологий обслуживания железнодорожной контактной подвески и внедрения стационарных средств автоматического сбора диагностической информации о состоянии основных ее узлов.

Существующими инструкциями по обслуживанию железнодорожной контактной подвески предусматриваются работы по ручному диагностированию с привлечением специализированного персонала, а также периодический мониторинг состояния контактной подвески с помощью вагона-лаборатории [2]. Таких мероприятий, как показывает практика, явно недостаточно для того, чтобы своевременно получать полную, объективную, картину технического состояния и составлять прогноз дальнейших изменений ключевых параметров объекта диагностирования. Работа с контактной подвеской зачастую ведется фактически вслепую: есть данные, когда установлены основные элементы (тросы и провода), их марки, основные показатели надежности, но нет информации о текущем состоянии и степени износа при старении под воздействиями окружающей среды и токоприемников тяговых подвижных единиц. Более того, по сообщениям эксплуатационного штата железных дорог, многие тяговые подвижные единицы выходят на линии с повреждениями токоприемников, что никак не отслеживается. Итог – контактная подвеска испытывает ненормативную нагрузку, а ее элементы подвергаются излишнему износу. Задачу повышения информативности технического персонала о состоянии элементов контактной подвески и предотвращения отказов (обрывов тросов и проводов) можно решить путем установки специализированных стационарных средств мониторинга.

Коллективом разработчиков ООО «ЛокоТех-Сигнал», с учетом многолетнего опыта в создании и эксплуатации систем непрерывного мониторинга устройств железнодорожной инфраструктуры,

разработана инновационная система интеллектуального мониторинга железнодорожной контактной подвески (СТДМ-Э). Немаловажным фактом является то, что многие технические решения отработаны как в лабораторных условиях, так и в условиях полевых испытаний. Система прошла несколько стадий совершенствования. Причем на каждой из них активное участие принимал эксплуатационный штат железных дорог, где проводились испытания системы. Это позволило получить техническое решение, ориентированное на эксплуатационный штат дистанций энергоснабжения железных дорог.

Разработанная коллективом ООО «ЛокоТех-Сигнал» система мониторинга, в отличие от зарубежных аналогов [3–6], ориентирована на использование совместно с подвесками любого типа и в условиях технологий внедрения и эксплуатации контактной сети, свойственных железным дорогам постсоветского пространства.

Сложность организации системы мониторинга железнодорожной контактной подвески состоит в том, что сам объект диагностирования является географически распределенным, а основные узлы контактной подвески удалены на большие расстояния. Это требует постановки диагностических приборов в специально выбранных местах на отдельных анкерных участках железнодорожной контактной сети. Каждый диагностический прибор представляет собой целую подсистему, включающую в себя набор специализированных датчиков (в зависимости от узла крепления на элементах контактной сети они включают в себя тензометры, термометры, акселерометры, инклинометры, психрометры), микропроцессорное устройство обработки данных, устройство памяти, встроенный радиопередатчик, антенну, набор специализированных интерфейсов и встроенную систему энергоснабжения. Такая конструкция приборов позволяет использовать их не только как средства получения и обработки информации, но также как элементы сети передачи данных.

Уникальной является система энергоснабжения самих диагностических приборов. Так как они закреплены на тросах контактной подвески, технически нецелесообразно организовывать центральную систему энергоснабжения. Каждый диагностический прибор содержит собственную систему автономного питания, включающую в себя источник альтернативной энергии и аккумуляторную батарею. Источник альтернативной энергии – солнечная панель, смонтированная в корпус диагностического прибора. Использование подсистемы энергоснабжения в специально разработанных режимах управления приборами позволяет достигать сроков эксплуатации приборов свыше пяти лет. Специалисты компании ведут разработки в области улучшения характеристик питания системы и доведения срока эксплуатации без замены батареи до 10–12 лет.

Сеть передачи данных представляет собой промышленный «интернет вещей». Сеть функционирует по беспроводному интерфейсу в диапазоне нелицензируемых частот. В Российской Федерации таких диапазонов два: 433,075–434,750 МГц и 868,7–869,2 МГц (данные частоты могут эксплуатироваться без оформления специального разрешения государственной комиссии по радиочастотам при условии соблюдения требований по ширине полосы, излучаемой мощности (до 10 мВт в районе частоты 434 МГц и до 25 мВт в районе частоты 868 МГц) и назначению радиопередающего изделия. В системе мониторинга использована частота 868,7 МГц. Она образована за счет диагностических приборов, систем ретрансляторов (они устанавливаются при необходимости в зависимости от технических условий эксплуатации системы и топологии объекта диагностирования) и вертикально направленных антенн.

Данные по беспроводному каналу транслируются в промежуточные концентраторы и концентраторы линейных постов, где проходят окончательную обработку. На оборудовании концентрации данных использовано собственное техническое решение по работе с большими объемами разнородных данных (Big Data), позволяющее осуществлять анализ диагностической информации и прогнозирование с учетом процедуры самообучения системы на основе данных от конкретных объектов диагностирования с конкретными техническими условиями эксплуатации. Это позволило получить достаточно широкий спектр диагностических событий, фиксируемых в системе: определение факта срабатывания компенсирующих устройств, определение фактов ненормативной работы компенсирующих устройств (заклинивания роликов, нарушений в работе компенсирующих устройств, случаи кражи грузов компенсатора и т. д.), фиксация ненормативных событий, вызванных действиями подвижного состава (удары токоприемников, продольные колебания), фиксация ненормативных событий, вызванных внешними дестабилизирующими факторами (сильная ветровая и снеговая нагрузка, падение предметов на контактную сеть), косвенное определение условий образования гололеда, косвенное определение коррозии на проблемных опорах на участках постов.

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-