

УДК 681.518.5:656.25

**В. А. Шатохин, канд. техн. наук,  
А. А. Порошин**

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К КОНТРОЛЮ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Представлены функциональные задачи, которые должна решать система технического диагностирования и мониторинга. Определены основы для построения системы диагностирования и мониторинга устройств электропитания железнодорожной автоматики и телемеханики с целью обеспечения бесперебойного электропитания потребителей электроэнергией высокого качества. Описаны объекты, состояние которых необходимо диагностировать в вводных устройствах, распределительных устройствах, а также диагностируемые параметры аккумуляторной батареи, резервной электростанции. Указаны условия, оказывающие влияние на срок службы аккумуляторной батареи. Приводятся возможные решения по реализации диагностики контролируемых объектов, позволяющие экономить время, затрачиваемое эксплуатационным персоналом на техническое обслуживание для снижения эксплуатационных расходов, повысить надежность электропитания ЖАТ, что позволит улучшить показатели безопасности, бесперебойности и эффективности перевозочного процесса.

система технического диагностирования и мониторинга; высококачественное и бесперебойное электропитание; вводные устройства; распределительные устройства; устройства бесперебойного питания; резервная электростанция

### **Введение**

В последние десятилетия на железных дорогах России проходят поэтапное внедрение и модернизация систем технического диагностирования и мониторинга (СТДМ) железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) [1, 2]. Внедрение СТДМ позволяет перейти от регламентного вида технического обслуживания (ТО), занимающего значительное время эксплуатационного персонала, к ТО по состоянию, что позволит снизить эксплуатационные расходы) [3]. Благодаря тому, что при ТО по состоянию сведены к минимуму вмешательства в работу системы ЖАТ, можно уменьшить количество так называемых слепопрофилактических отказов.

Для обеспечения непрерывности и безопасности перевозочного процесса системы электропитания устройств ЖАТ решают важные и ответственные задачи, среди которых можно выделить обеспечение бесперебойного, т. е. непрерывного во времени, электропитания систем и устройств ЖАТ с необ-

ходимым для их надежного функционирования качеством электроэнергии. Поскольку конструктивные, схемные и технологические возможности повышения надежности систем ограничены, естественным путем устранения этого недостатка является разработка методов и средств контроля работоспособности и поиск неисправностей оборудования [4]. Благодаря внедренным на российских железных дорогах микропроцессорным системам расширились возможности для решения задач диагностирования [5].

В данной работе описываются устройства электропитания ЖАТ, состояние которых необходимо диагностировать в процессе работы, предлагаются решения по реализации процесса их диагностирования.

## 1 Объекты контроля и постановка задач диагностирования

Электроэнергетическое оборудование состоит из конечного числа элементов, и соответственно в нем может возникнуть конечное число дефектов [6]. К устройствам, входящим в систему электропитания ЖАТ, относятся:

- вводные устройства;
- распределительные устройства;
- устройства бесперебойного питания;
- резервная электростанция.

Все перечисленные устройства состоят из модулей, в которых тоже могут возникать дефекты, приводящие к нарушению работы системы. Эти модули и являются объектами контроля СТДМ.

Обеспечение заданного уровня надежности функционирования устройств электропитания ЖАТ требует разработки СТДМ, которые позволят выявлять предотказные состояния объектов контроля, что значительно сократит количество опасных и защитных отказов устройств ЖАТ [7].

Для бесперебойного функционирования средств электропитания СТДМ должны решать такие функциональные задачи, как:

- сбор, обработка, передача, хранение и отображение необходимой диагностической информации;
- автоматизация измерения параметров и их оценка;
- протоколирование режимов работы диагностируемых устройств;
- выявление отказов и сбоев в работе;
- сокращение времени восстановления устройств ЖАТ при отказах;
- прогнозирование технического состояния диагностируемых устройств и заблаговременное предупреждение о возможных неисправностях;
- повышение срока службы системы;
- снижение издержек по обеспечению непрерывной работы системы.

Важной частью любой системы диагностирования является аппаратно-программный комплекс. По каналам передачи данных программируемый

контроллер в соответствии с заложенными в него программными алгоритмами может осуществлять сбор данных со всех объектов диагностирования. Эффективное использование вычислительных возможностей технических средств возможно благодаря применению объектных контроллеров. Все они должны образовывать единую систему, по которой данные стекаются в пункты концентрации информации, где принимается окончательное решение о техническом состоянии объектов контроля. После обработки данных необходимая диагностическая информация передается обслуживающему персоналу.

Современные системы ЖАТ имеют автоматизированные рабочие места электромеханика (АРМ ШН), которые можно дополнить программными модулями СТДМ и с которых можно осуществлять удаленный контроль за состоянием устройств электроснабжения ЖАТ в любой момент времени. Одна из функций СТДМ – интеграция с действующими и создаваемыми информационными и управляющими системами различных служб железнодорожного транспорта [2].

## **2 Диагностика и мониторинг вводных устройств**

Вводные устройства современных систем электроснабжения имеют в своем составе приборы учета с расширенными функциями. К примеру, счетчики учета электроэнергии способны не только измерять расход электроэнергии, но и следить за ее качеством. При этом можно отслеживать перепады электроэнергии, опасные импульсные и грозовые перенапряжения, перерывы в электроснабжении и вести архив данных. В случае возникновения перебоев или нарушений электроснабжения, обратившись к архивам данных, можно установить причину, повлекшую данную неисправность, и принять возможные меры для исключения ее возникновения в дальнейшем. Кроме того, по результатам занесенных в архив данных потребитель имеет возможность предъявлять претензии к качеству внешних источников энергоснабжения, что является важным средством «внешнего» контроля [8].

Применение микропроцессорной техники и современной аппаратуры связи позволяет не только оперативно и с высокой достоверностью передавать необходимую информацию в пункты ее концентрации, но и поднять процесс принятия решения на более высокий уровень, что в конечном итоге позволит повысить эффективность перевозочного процесса.

## **3 Диагностика и мониторинг распределительных устройств**

Распределительные устройства систем электропитания имеют в своем составе коммутационные приборы (рубильники, контакторы и т. п.) с определенным ресурсом срабатываний, указанным в паспорте изделия. Внедрение

СТДМ позволит, используя программные методы, вести подсчет числа выполненных коммутаций и заблаговременно предсказать выработку ресурса срабатываний, тем самым повышая надежность и безопасность системы электроснабжения ЖАТ.

Кроме того, с помощью СТДМ можно осуществлять контроль величины сопротивления изоляции. При этом имеет смысл придерживаться следующих принципов: осуществлять периодический сбор данных о величине сопротивления изоляции и заносить их в архив в течение продолжительного (примерно год) интервала времени. Обслуживающий персонал может запросить данные из имеющегося архива и, анализируя представленные графики изменения параметров, предсказать время их выхода за допустимые значения. Таким образом можно отследить процесс старения изоляции и своевременно сообщить о необходимости ее замены.

#### **4 Диагностика и мониторинг аккумуляторной батареи**

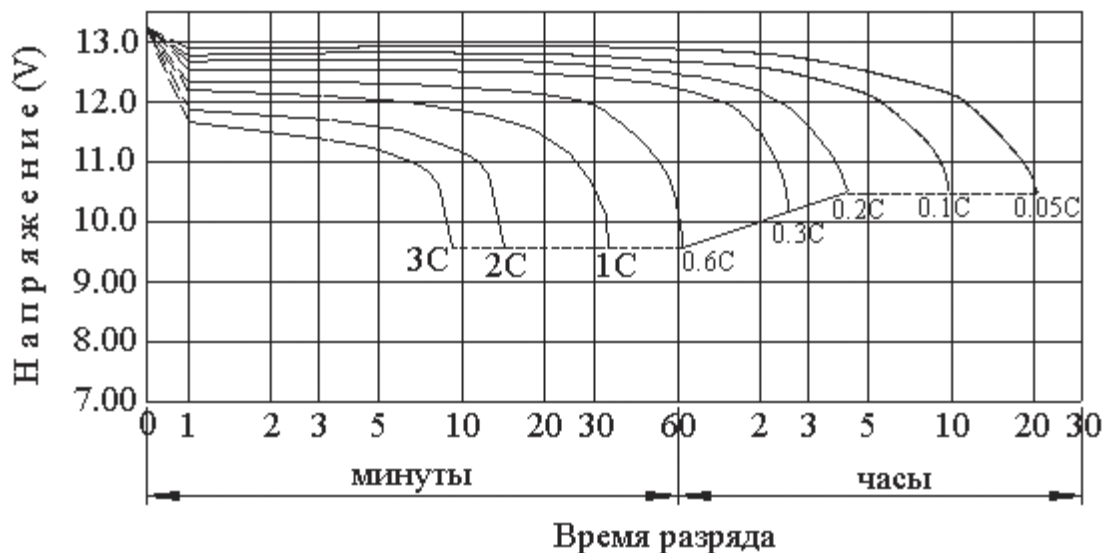
Неотъемлемой специфической частью системы бесперебойного питания являются аккумуляторные батареи (АКБ) – резервный источник электроснабжения на случай пропадания всех фидеров электроснабжения и на время запуска дизель-генераторного агрегата (при его наличии). Глубокая непрерывная диагностика на некотором продолжительном временном интервале эксплуатации позволяет отследить изменения параметров АКБ. К примеру, имея данные об изменении кривой разряда АКБ, можно прогнозировать ее остаточную емкость и время работы при заданных нагрузках (время резервирования), что позволит заблаговременно определить ее предотказное состояние.

Как известно, срок службы АКБ зависит от многих параметров, таких как условия эксплуатации, режим работы, условия хранения. Производитель указывает номинальную емкость АКБ, но важно отметить, что паспортные показатели будут обеспечены лишь при регламентированных производителем условиях эксплуатации, а в случае их невыполнения могут значительным образом отличаться. Одним из таких важных показателей является температурный диапазон, в котором функционирует АКБ. В системах бесперебойного электроснабжения чаще всего используются герметизированные свинцово-кислотные аккумуляторные батареи, температурный диапазон работы для которых составляет  $20 \pm 5$  °С.

Не менее важным фактором, оказывающим влияние на срок службы АКБ, является процесс заряда и разряда. Разряженную батарею заряжают постоянным током, численно не превышающим 10–30% номинальной емкости батареи. Разные производители дают незначительно различающиеся значения напряжения полного заряда АКБ. Общеупотребительным является напряжение 2,4 В на элемент (14,4 В для 12-вольтовой батареи). По мере за-

ряда батареи напряжение на ней увеличивается. После того как напряжение на батарее достигнет конечного напряжения заряда, ток заряда начинают уменьшать, сохраняя напряжение неизменным.

Разряд аккумулятора не допускается производить ниже предельного значения. На практике принято обозначать интенсивность разряда в виде безразмерных единиц  $C$ ;  $1 C$  численно равен емкости батареи при разряде постоянным током в течении 20 часов. Полный разряд определяется как разряд до  $1,8 V$  на элемент (банку) при комнатной температуре. Величина  $1,8 V$  установлена опытным путем как нижняя граница, при разряде ниже указанной границы (ток  $0,05 C$ ) начинается необратимое преждевременное старение батареи. Важно учитывать, что процесс разряда АКБ сложный нелинейный процесс. На рисунке можно видеть, за какое время произойдет разряд АКБ при различных токах разряда. Многократный разряд батареи до напряжений, находящихся ниже штриховой линии, приводит к отказу батареи [9].



Кривые разряда АКБ при различных значениях тока разряда

Подытожив сказанное, приходим к выводу о том, что важно иметь информацию не только о самом объекте (аккумуляторной батарее), но и об условиях, при которых контролируемый объект функционирует. В связи с этим СТДМ должна осуществлять сбор информации о таких параметрах, как:

- температура окружающего воздуха как внутри шкафа, где непосредственно находятся АКБ, так и температура в самом помещении;
- напряжение на АКБ в реальном времени;
- ток заряда АКБ;
- ток разряда АКБ;
- время разряда АКБ.

Анализ перечисленных параметров в течение эксплуатации позволяет оценить состояние АКБ по величине изменения их значений, полученных при текущем замере, измеренных ранее. Имея полученные разности значений, своего рода «историю болезни», можно спрогнозировать время резервирования и срок службы АКБ в конкретных условиях эксплуатации.

## 5 Диагностика и мониторинг резервной электростанции

Не менее важным элементом системы электроснабжения ЖАТ является резервная электростанция, которая используется для железнодорожных объектов особой группы I категории. К I категории относят электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный материальный ущерб, повреждение дорогостоящего оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства. Из их числа выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования [10–12]. Резервная электростанция необходима на случай отключения внешних источников для обеспечения гарантированного электроснабжения нагрузок. С внедрением СТДМ представится возможность контроля основных параметров резервной электростанции:

- напряжения и токов на выходе резервной электростанции;
- частоты вырабатываемого напряжения;
- готовности к работе;
- уровня топлива в баке дизель-генераторного агрегата;
- уровня масла в двигателе дизель-генераторного агрегата.

Помимо контроля вышеперечисленных параметров, СТДМ облегчит процесс «расследования» отказов дизель-генераторного агрегата. При помощи СТДМ можно выяснить причину незапуска резервной электростанции (был ли сигнал на запуск от электропитающей установки, было ли топливо в баке и т. д.).

## Заключение

Применение современных технологий на основе микропроцессорной техники и аппаратно-программных комплексов даст возможность глубже изучить вопрос диагностики устройств электропитания ЖАТ, при этом расширятся возможности для решения задач диагностирования, что позволит

обнаруживать предотказные состояния объектов, а значит, своевременно осуществлять их замену и исключать возможные отказы системы. Таким образом, применение современных СТДМ в работе устройств электропитания в конечном итоге позволит обеспечить безопасность, непрерывность и эффективность перевозочного процесса.

## Библиографический список

1. Бочкарев С. В. Методика комплексной оценки показателей эффективности технического диагностирования и мониторинга / С. В. Бочкарев, А. А. Лыков, Д. С. Марков // Развитие элементной базы и совершенствование методов построения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : сб. науч. тр. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – С. 14–22.
2. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : монография / Д. В. Ефанов. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
3. Сапожников Вл. В. Эффективность систем технической диагностики и мониторинга состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Вл. В. Сапожников, А. А. Лыков, Д. В. Ефанов, Н. А. Богданов // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 4 (29). – С. 47–49.
4. Анищенко В. А. Основы надежности систем электроснабжения : учеб. пособие / В. А. Анищенко, И. В. Колосова. – Минск : БНТУ, 2007. – 151 с.
5. Иванов А. А. Система технического диагностирования и мониторинга / А. А. Иванов, С. Н. Григорьев // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 3. – С. 37–42.
6. Калявин В. П. Надежность и диагностика элементов электроустановок / В. П. Калявин, Л. М. Рыбаков. – СПб. : Элмор, 2009. – 326 с.
7. Сапожников Вл. В. Понятие предотказного состояния / Вл. В. Сапожников, А. А. Лыков, Д. В. Ефанов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 12. – С. 6–8.
8. Папков Б. В. Надежность и эффективность электроснабжения : учеб. пособие / Б. В. Папков, Д. Ю. Пашали. – Уфа : Уфим. гос. авиац. техн. ун-т, 2005. – 380 с.
9. Сайт «Электротранспорт». Раздел «Свинцовые аккумуляторы». – URL : <http://electrotransport.ru>.
10. Шеметов А. Н. Надежность электроснабжения : учеб. пособие для студентов специальности «Электроснабжение» / А. Н. Шеметов. – Магнитогорск : ГОУ ВПО «МГТУ им. Г. И. Носова», 2006. – 131 с.
11. Karyakin A. L. The choice of diesel generator's electrical parameters for electrical systems supply first category of special groups / A. L. Karyakin, D. A. Bulygin // Modern problems of science and education. – 2013. – № 2. – Pp. 182–189.
12. Завалишин В. В. Дизель-генераторная установка автономного электроснабжения с микропроцессорной системой управления / В. В. Завалишин // Вестник Саратовского гос. техн. ун-та. – 2010. – № 3. – С. 38–41.

*Vitaly A. Shatohin,  
Alexey A. Poroshin*

«Automation and remote control on railways» department  
Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university

### **Integrated approach to monitoring of electric power supplies for railway automation and remote control**

The functional tasks that the system of technical diagnostics and monitoring should solve are presented. The fundamentals of constructing a system for diagnostics and monitoring of power supply devices for railway automation and remote control with the aim of providing uninterrupted power supply to consumers with high-quality electricity are proposed. Objects are described, the state of which must be diagnosed in the input devices, switchgears, as well as the diagnosed parameters of the battery, the backup power plant. The conditions affecting the service life of the battery are indicated. Possible solutions for the implementation of diagnostics of monitored objects are given, allowing to save the time spent by personnel for maintenance in order to reduce operating costs, increase the reliability of the power supply of the railway automation and remote control systems, which will improve the safety, uninterrupted operation and efficiency of the transportation process.

system of technical diagnostics and monitoring; high-quality and uninterrupted power supply; input devices; switchgears; uninterruptible power supply devices; backup power station

#### **References**

1. Bochkarev S.V., Lykov A.A., Markov D.S. (2014). Technical diagnosis and monitoring systems performance indicators integrated assessment methodology [Metodika kompleksnoj ocenki pokazatelej ehffektivnosti tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa]. Component base development and railway automation and remote control devices design methods improvement: scientific proceedings [Sbornik nauchnyh trudov «Razvitie ehlementnoj bazy i sovershenstvovanie metodov postroeniya ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki»]. – Pp. 14–22.
2. Efanov D.V. (2016). Concurrent checking and monitoring of railway automation and remote control devices, monograph [Funkcional'nyj kontrol' i monitoring ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki: monografiya]. St. Petersburg, Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university [St. Petersburg: FGBOU VO PGUPS]. – 171 p.
3. Sapozhnikov V.I., Lykov A.A., Efanov D.V., Bogdanov N.A. (2010). Efficiency of systems for technical diagnostics and monitoring of condition of railway tele-matics and automatic equipment [Ehffektivnost' sistem tekhnicheskoy diagnostiki i monitoringa sostoyaniya ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki].



- Transport of Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 4 (29). – Pp. 47–49.
4. Anishchenko V.A., Kolosova I. V. (2007). Basics of power supply systems reliability: Textbook [Osnovy nadezhnosti sistem ehlektrosnabzheniya: ucheb. posobie]. Minsk, Belarusian National Technical University [BNTU]. – 151 p.
  5. Ivanov A.A., Grigor'ev S.N. (2012). Technical diagnostics and monitoring system [Sistema tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa]. Automation in the Industry [Avtomatizaciya v promyshlennosti], issue 3. – Pp. 37–42.
  6. Kalyavin V.P., Rybakov L. M. (2009). Reliability and diagnostics of electrical installations elements [Nadezhnost' i diagnostika ehlementov ehlektrostanovok]. St. Petersburg, Elmor [Ehlmor]. – 326 p.
  7. Sapozhnikov V. V., Lykov A. A., Efanov D. V. (2011). Concept of pre-failure condition [Ponyatie predotkaznogo sostoyaniya]. Automation, Communication, Information Science [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 12. – Pp. 6–8.
  8. Papkov B.V., Pashali D. Yu. (2005). Reliability and efficiency of power supply, textbook [Nadezhnost' i ehffektivnost' ehlektrosnabzheniya: ucheb. posobie]. Ufa, Ufa state aviation technical university [Ufims. gos. Aviac. tekhn. un-t.]. – 380 p.
  9. Web-site «electrotransport.ru», section «Lead accumulators» [Sajt «EHlektrotransport», razdel «Svincovye akkumulyatory»]. URL: <http://electrotransport.ru>.
  10. Shemetov A.N. (2006). Reliability of power supply, textbook for students of «Electric power supply» speciality [Nadezhnost' ehlektrosnabzheniya: ucheb. posobie dlya studentov spcial'nosti «Ehlektrosnabzhenie»]. Magnitogorsk, Magnitororsk state technical university [Magnitogorsk: GOU VPO «MG TU im. G. I. Nosova»]. – 131 p.
  11. Karyakin A. L., Bulygin D.A. (2013). The choice of diesel generator's electrical parameters for electrical systems supply first category of special groups. Modern problems of science and education, issue 2. – Pp. 182–189.
  12. Zavalishin V.V. (2010). Diesel-generator set of autonomous power supply with computer-based control system [Dizel'-generatornaya ustanovka avtonomnogo ehlektrosnabzheniya s mikroprocessornoj sistemoj upravleniya]. Proceedings of Saratov State Technical University [Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta], issue 3 (47). – Pp. 38–41.
  13. ERTMS, Subset-093. GSM-R Interfaces Class 1 Requirements. URL: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/SUBSET-093.aspx>.
  14. Isaev D.A., Stepin A.V. (2015). A comparison of European systems of railway automatic equipment using the road channel to the Russian developments in this area. SWorld. – Pp. 252–259.
  15. Nikitin A., Popov P. (2016). Determining the positions of trains using audio-frequency track circuits. SIGNAL+DRAHT – Pp. 29–34.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии А. Б. Никитиным  
Поступила в редакцию 15.12.2016, принята к публикации 27.01.2017*

*ШАТОХИН Виталий Анатольевич* – кандидат технических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.  
e-mail: vital@crtc.spb.ru

*ПОРОШИН Алексей Александрович* – студент факультета «Автоматизация и интеллектуальные технологии» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.  
e-mail: poroshinSCB@yandex.ru

© Шатохин В. А., Порошин А. А., 2017