

Оценка состояния электрических цепей пригородного поезда



Денис КАЗАРИН

Denis V. KAZARIN

Представлены результаты разработки и промышленного использования на предприятиях ОАО «РЖД» системы комплексной диагностики секций электропоездов, обеспечивающей в условиях депо автономную, автоматическую, достоверную и полную оценку технического состояния моторвагонного подвижного состава.

Ключевые слова: электропоезд, диагностика, достоверность, безопасность движения, функция тока.

Assessment of Electric Circuits of Commuter Train

Kazarin, Denis V. – researcher at Research and industrial center «Dynamics» (Omsk).

The author presents the results of development and use at JSC «Russian Railways» enterprises of a system of complex diagnostics of electric trains sections, which ensures in railway shed an autonomous, automatic, reliable, complete assessment of technical conditions of motorized rolling stock.

Key words: electric train, diagnostics, reliability, traffic safety, stream function.

Казарин Денис Викторович – научный сотрудник НПЦ «Динамика» (г.Омск).

Обеспечение безопасности и бесперебойности железнодорожных пригородных пассажирских перевозок в условиях роста интенсивности эксплуатации, значительной изношенности и недостаточного темпа обновления парка моторвагонного подвижного состава выдвигает жесткие требования к уровню его технического обслуживания и ремонта.

Согласно статистической отчетности холдинга «Российские железные дороги», высокий уровень повреждаемости оборудования электропоездов сохраняется. При этом сложные и наиболее ответственные узлы, агрегаты и системы в большей степени подвержены отказам. В том числе и электрические цепи. На их долю, включая низковольтные цепи управления, а также высоковольтные силовые и вспомогательные; по своей топологии, структурным и функциональным особенностям бесспорно являющихся наиболее сложной системой электропоезда, приходится свыше 55% брака, отказов и повреждений. Как правило, они связаны с неудовлетворительным качеством обслуживания и ремонта в депо, причем причины завуалированы так называемым «человеческим фактором» — пропуском дефектов, потенциальных источников брака в эксплуатацию [1].

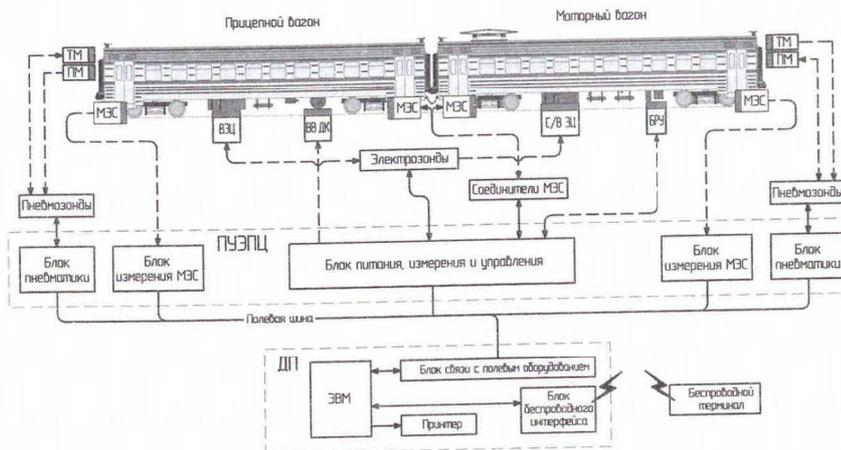


Рис. 1. Структурная схема подсистемы диагностирования электрических цепей электропоездов.

Доминирующее влияние на качество ремонта в депо оказывает послеоперационный контроль, осуществляемый либо с помощью простейших приспособлений и устройств, либо во время отладки путем опробования электропоезда под контактным проводом в нескольких различных режимах функционирования. Затраты времени при таком подходе к контролю значительны, составляют до 30% от всего технологического цикла, а результаты носят субъективный характер из-за различного уровня квалификации и степени ответственности исполнителей [2].

Кардинально изменить существующее положение, повысить качество ремонта моторвагонного подвижного состава при одновременном сокращении продолжительности и трудоемкости обязательного контроля можно на основе автоматических систем комплексного диагностирования [3, 4].

Известные разработки в области диагностики технического состояния железнодорожного транспорта обладают низкой степенью автоматизации процедур управления объектом при диагностировании и постановки диагноза и ориентированы в основном на локомотивный подвижной состав (электропоезда и тепловозы) [5], что в силу значительных конструктивных и принципиальных отличий от него моторвагонного подвижного состава не позволяет использовать эти разработки для диагностики электрических цепей электропоездов.

В рамках инвестиционных проектов ОАО «РЖД» с целью повышения эксплуатационной готовности и ремонтной технологичности электропоездов в последние четыре года в 12 моторвагонных депо проведено внедрение систем комплексной

диагностики секций электропоездов КОМПАКС®-ЭКСПРЕСС-ТРЗ, включающих семь подсистем диагностирования наиболее сложных и повреждаемых узлов и агрегатов: колесно-моторных блоков, изоляции высоковольтных электрических цепей, пантографа, пневматической тормозной системы, цепей управления, силовых и вспомогательных электрических цепей.

Система имеет стационарное исполнение и устанавливается на участке испытаний — ремонтном стойле депо, вмещающем секцию электропоезда. Посекционное диагностирование, взятое за основу, технически проще реализуемо и экономически более выгодно в сравнении с диагностированием всего поезда целиком или отдельно взятого вагона, к тому же позволяет достичь высоких показателей полноты, глубины и достоверности диагноза. Принятое исполнение системы дает возможность проводить комплекс метрологически обеспеченных измерений в точках, имеющих существенное пространственное удаление (около 50 м).

Подсистема диагностирования электрических цепей имеет структуру, представленную на рис. 1 и содержит [6]:

- диагностический пост (ДП), в состав которого включены ЭВМ с принтером, блок беспроводного интерфейса и блок связи с поевым оборудованием;
- беспроводной терминал;
- подсистему управления электропневматическими цепями (ПУЭПЦ), в состав которой включены блоки пневматики с пневмозондами, блоки измерения напряжений на контактах разъемов межсекционных электрических соединений цепей управления (блоки измерения МЭС), блок питания, измерения и управления



с соединителями межвагонных электрических соединений (МЭС), электророзндами, соединителем БРУ для подключения к блоку реле ускорения и соединителем ВВ ДК для подключения к двигателю главного компрессора электропоезда серии ЭР2.

Диагностирование электрических цепей секций электропоездов осуществляется в специальном тестовом режиме функционирования цепей управления, обеспечивающим отработку силовыми и вспомогательными цепями всего диапазона возможных комбинаций. Данный режим задается системой автоматически путем изменения комбинации внешних воздействий, номинал которых соответствует штатным рабочим воздействиям, и состава контрольных точек, в качестве которых выбраны контакты поездных и секционных проводов.

На каждом интервале функционирования цепей в работу включается/выключается только один элемент (ветвь), при этом производится измерение суммарного тока, потребляемого цепями управления, а также напряжений на контактах разъемов межвагонных и межсекционных соединений, соответствующих поездным и секционным проводам. Все ветви цепей управления подключаются параллельно источнику внешнего воздействия, поэтому, в соответствии с законом Кирхгофа функция суммарного тока может быть представлена в виде:

$$I_{\Sigma}(t) = I_{11}(T_1) + I_{12}(T_1) + \dots + I_{ij}(T_q) = \sum_{i,j,S=1}^{n,k,q} I_{ij}(T_S),$$

где I_{ij} — ток, потребляемый n_{ij} -м элементом (i -й элемент, j -й ветви); T_S — интервал функционирования.

В пределах каждого интервала T_S наибольшая динамика изменения функции тока принадлежит элементу, обеспечивающему выполнение основной функции — изменение режима функционирования. Динамическая составляющая тока остальных элементов в пределах этих же интервалов незначительна. Таким образом, функция тока на интервале T_S сводится к следующему:

$$I_{\Sigma}(T_S) = I_1(T_S) + I_2(T_S) + \dots + I_n(T_S) = \sum_{i=1}^n I_i(T_S).$$

Ток каждого элемента (ветви) может быть определен как приращение суммарного тока в начале интервала, соответствующего

включению данного элемента в работу, а неисправный элемент вычислен по номеру интервала, на котором было обнаружено несоответствие функции тока:

$$I_{n_{ij}} = I_{\Sigma}(T_S) - I_{\Sigma}(T_{S-1}) = \Delta I_{\Sigma_S}.$$

Полученные значения токов используются при расчете сопротивлений элементов и ветвей, которые выступают в качестве диагностических признаков, объективно характеризующих техническое состояние цепей управления:

$$R_{n_{ij}} = \frac{U_{BB}}{I_{n_{ij}}},$$

где U_{BB} — значение напряжения внешнего воздействия.

Оценка состояния высоковольтных цепей производится на определенных интервалах функционирования (в соответствующих сборках) без подачи в них высокого напряжения, а путем пропуска постоянного тока напряжением малой величины, измерения тока и напряжений на участках цепи, выделенных в результате назначения контрольных точек, и расчета их сопротивлений. Низкий уровень проверочного воздействия обеспечивает безопасность обслуживающего и ремонтного персонала, неповреждаемость оборудования электропоезда при наличии критических неисправностей в высоковольтных цепях, простоту измерительных и проверочных трактов, элементов стыковки подсистемы с контрольными точками высоковольтных цепей.

При диагностировании головных секций для проверки органов управления поездом (кнопок управления, контроллера и крана машиниста) дополнительно используется автоматизированный режим работы системы. В данном режиме внешние воздействия частично задаются оператором путем выполнения предписанных действий по переключению органов управления. Все измерительные процедуры система выполняет автоматически.

Вовлечение в процесс диагностирования максимального количества штатных аппаратов и устройств, среди которых трансформатор управления, главный компрессор и пневматическая сеть, обеспечивает автономность процесса от деповских устройств преобразования электроэнергии и снабжения пневматической сети секции воздухом. Максимальное сохранение

структурных и функциональных взаимосвязей и как следствие возможность автоматизации процессов не только сбора данных, но и управления объектом обуславливают достижение высокой достоверности, глубины и полноты выявления неисправностей при наименьшей продолжительности диагностирования [7].

Развитые программно-аппаратные средства обеспечивают в условиях депо качественную оценку технического состояния цепей управления, высоковольтных силовых и вспомогательных электрических цепей секций электропоездов 15 различных серий как постоянного, так и переменного тока на единой базе.

В ходе внедрения систем и при последующей их эксплуатации было выявлено большое число различных неисправностей электрических цепей, среди которых следует отметить обрыв резистора реле заземления (ЭР9Т), чрезмерное усилие отключающих пружин электромагнитных контактов (ЭР2, ЭР9Т), наличие постороннего металлического предмета в штепсельном разъеме межсекционного электрического соединения, ошибку в монтаже высоковольтных проводов печного и калориферного отопления (перепутывание на контакторах) и другие, редко встречающиеся на практике. Время, затрачиваемое на выявление и устранение подобного рода неисправностей без помощи системы, по самой скромной оценке более чем в 10 раз превосходит время, которое тратится на те же цели с ней.

Анализатор в виде тренда реального времени тока цепей управления и тока силовых электрических цепей дает пример выявления неисправности блокировочного контакта реостатного контроллера электропоезда ЭР2.

Тренд, входящий в состав базы знаний, различающей не менее 90% возможных неисправностей электрических цепей электропоездов различных серий и положенной в основу автоматической экспертной системы, демонстрирует, что совпадение момента начала несоответствия функции тока с моментом первого включения/выключения рабочего элемента (контакта, катушки, участка цепи) — надежный диагностический признак неисправности именно этого элемента.

Распознавание описанных в базе знаний дефектов, производится систе-

мой автоматически путем анализа совокупности диагностических признаков на различных интервалах функционирования, благодаря оригинальному программному обеспечению комплекса [8].

Реализованный в системе КОМПАКС®-ЭКСПРЕСС-ТР3 подход к диагностированию электрических цепей позволяет существенно ускорить и упростить отладку электропоездов в условиях депо при выпуске их из ремонтов большого объема путем своевременной, оперативной и качественной совместной оценки технического состояния цепей управления, высоковольтных силовых и вспомогательных цепей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический анализ порч, неисправностей и непланового ремонта электропоездов за 2006 год / ОАО «РЖД». Управление пригородных пассажирских перевозок. — М., 2007.
2. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. — М.: Машиностроение, 2002.
3. Сизов С.В., Аристов В.П., Костюков В.Н., Костюков А.В. Непрерывный мониторинг состояния моторвагонного подвижного состава // Железнодорожный транспорт. — 2008. — №6.
4. Костюков В.Н., Костюков А.В., Казарин Д.В., Лагаев А.А. Комплексная система диагностики электропоездов КОМПАКС®-ЭКСПРЕСС-ТР3 // Железнодорожный транспорт. — 2008. — №5.
5. Наговицын В.С. Совершенствование системы ремонта тягового подвижного состава железных дорог с учетом фактического технического состояния / Дис... док. техн. наук. — М., 2006.
6. Костюков В.Н., Костюков А.В., Лагаев А.А., Казарин Д.В. и др. Система комплексной диагностики электросекций моторвагонного подвижного состава / Заявка №2008 138513 (РФ). Заявлено 26.09.2008. Положительное решение о выдаче патента на изобретение от 15.10.2009.
7. Казарин Д.В. Диагностика состояния электрических цепей электропоездов // Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности: Тезисы докл. Восьмой междунар. конф. — М., 2009.
8. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 20076613920. Модуль диагностики технического состояния электрических силовых цепей и цепей управления электропоезда / Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков Ал.В., Щелканов А.В., Казарин Д.В.; Заявлено 04.06.2007; Опубл. 20.12.2007, RU ОБПБТ №4.

Автор выражает благодарность научному руководителю — доктору технических наук, профессору кафедры «Электрический подвижной состав» ОмГУПС, генеральному директору НПЦ «Динамика» Костюкову Владимиру Николаевичу и научному консультанту — кандидату технических наук, техническому директору НПЦ «Динамика» Костюкову Алексею Владимировичу за постановку задачи и помощь в ее решении.

Координаты автора (contact information):
Казарин Д. В. — post@ynamics.ru

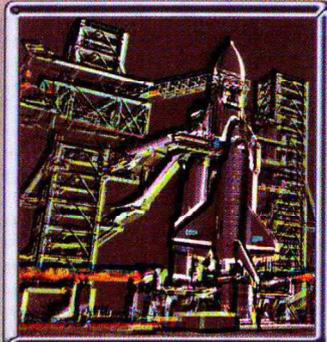
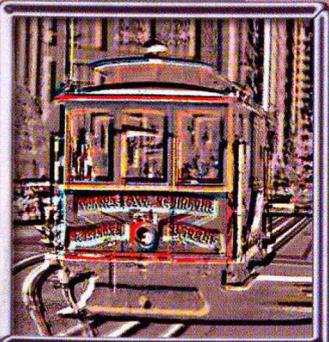
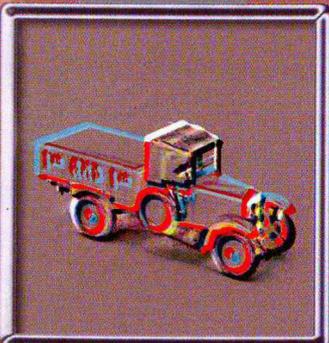
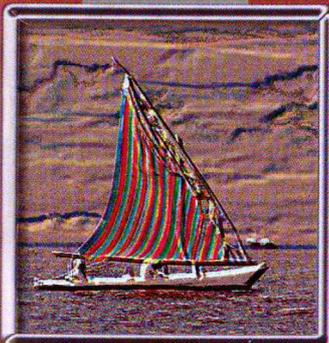


ТРАНСПОРТ МИР

• ТЕОРИЯ • ИСТОРИЯ
• КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

2²⁰¹⁰

ПОЕЗДА ПОБЕДЫ ПОВТОРИЛИ МАРШРУТЫ БОЕВОЙ СЛАВЫ



Стр. 2

ТРАНСПОРТ МИР

• ТЕОРИЯ • ИСТОРИЯ
• КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

2010
(30)

СОДЕРЖАНИЕ

Учредитель:

Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)

Редакционный совет:

Б. А. Лёвин – доктор технических наук, профессор МИИТ – председатель совета

Б. В. Гусев – член-корреспондент РАН – заместитель председателя совета

В. И. Галахов – доктор технических наук, профессор МИИТ – ответственный секретарь совета

И. С. Беседин – кандидат экономических наук, начальник Калининградской железной дороги

Ф. С. Гоманков – кандидат технических наук, профессор МИИТ

А. А. Горбунов – доктор политических наук, профессор МИИТ

В. Г. Григоренко – доктор технических наук, профессор Дальневосточного государственного университета путей сообщения

П. С. Грунтов – доктор технических наук, профессор (Республика Беларусь)

Н. А. Духно – доктор юридических наук, профессор МИИТ

Д. Г. Евсеев – доктор технических наук, профессор МИИТ

Л. А. Карпов – кандидат технических наук, профессор МИИТ

В. И. Колесников – академик РАН, профессор Ростовского государственного университета путей сообщения

К. Л. Комаров – доктор технических наук, профессор Сибирского государственного университета путей сообщения

Б. М. Лapidус – доктор экономических наук, профессор

В. П. Мальцев – доктор технических наук, профессор МИИТ

Л. Б. Миротин – доктор технических наук, профессор Московского автодорожного института (технического университета)

Н. П. Терёшина – доктор экономических наук, профессор МИИТ

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

Дмитрий Мачерет	Экономический кризис и транспорт	4
Михаил Грязнов	Подходы к надежности транспортных систем	14
Борис Корольков	Систематика онтологий	20
Анастасия Дудакова	и структуризация категорий знаний	
Михаил Шмулевич	О простое автомобилей в «пробках»	26

НАУКА И ТЕХНИКА

Георгий Гура	Карты условий трения в трибологии	34
Георгий Михальченко	Моделирование динамики скоростного локомотива	44
Алексей Антохин		
Надежда Заглядова	Метод расчета состояния кузова	50
Антон Чучин	Построение модели силовой цепи	54
Окка Пью		
Денис Казарин	Оценка состояния электрических цепей пригородного поезда	60
Максим Хазов	Диагностика питания электровоза	64

ЭКОНОМИКА

Наталья Терёшина	Механизм государственной поддержки вагоностроения	70
Евгений Шатров		76
Анастасия Сорокина	Экономический успех: стратегия и управление	82
Юрий Соколов	Качество услуг и слагаемые эффективности	
Валентин Шлеин		86
Андрей Раппопорт	Смена стратегических альтернатив	

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Анатолий Киселенко	Модели перевозок на основе ИТС	90
Евгений Сундуков		
Константин Ким	Регулирование теплового режима купейного вагона	96
Олег Амосов		
Сергей Иванов		102
Леонид Баранов	О параметрах сопротивления движению метропоездов	
Иван Мелёшин		108
Владимир Линьков	Эффективность расстановки светофоров: новые показатели	
Леонид Сёмин		114
Петр Дегтярёв		
Андрей Токарчук	Паттерн для отражения бизнес-логики	

БЕЗОПАСНОСТЬ

Петр Анисимов	Защита от шума на высокоскоростных магистралях	120
Александр Бочкарёв	Взрывозащитные средства на борту самолета	130
Анна Матешева	Экологические риски и их прогноз	136
Андрей Кодылев	Надёжность корпуса автосцепки	142
Борис Адамович	Энергия волн на службе морской навигации	146
Ахмед-Гири Дербичев		

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

Екатерина Скороходова	О балансе движущих и сдерживающих сил	150
Сергей Тюменев	Дорога в будущее	160
Евгений Малыгин	Интеллектуальная собственность: опыт преподавания в вузе	170
Борис Сергеев		

КОЛЕСО ИСТОРИИ

Николай Григорьев	В ожидании «электроходов»	176
Татьяна Тихонова	Биография фуникулёра: факты и адреса	184

BIBLIONAVIGATION

Вера Багинова	Фундамент и производные роста	192
	Авторефераты диссертаций	195
	Новые книги о транспорте	196