



УДК 629.423.24:629.488.27:681.518.5

**В.Н. Костюков, д-р техн. наук, А.В. Костюков, канд. техн. наук,
Д.В. Казарин, научный сотрудник (НПЦ "Динамика", г. Омск)**
E-mail: post@dynamics.ru http: www.dynamics.ru

Диагностика качества сборки электрических цепей электропоездов

Изложены некоторые результаты разработки и применения систем комплексного диагностирования качества сборки и ремонта оборудования электропоездов, широко используемых на предприятиях ОАО "Российские железные дороги" и перспективных для железнодорожной отрасли в качестве путей повышения надежности, максимально полного использования ресурса оборудования электропоездов при одновременном снижении издержек на ремонтные и как средство скорейшей реконструкции системы ремонта на безопасной ресурсосберегающей основе.

Some results of development and use of systems for complex quality diagnostics of electric trains' equipment assembling and repair are presented. These systems are commonly used at enterprises of «Russian railways» and very promising for railway branch as a way of reliability increase, maximum full use of electric train equipment resource with simultaneous decrease of expenses for repairs, and as a way of the rapid reconstruction of repair system based on safe resource-saving principles.

Ключевые слова: диагностика, электропоезд, технологический цикл ремонта, методика диагностирования.

Key words: diagnostics, electric train, technological cycle of repair, methodology of diagnostics.

Безопасность и бесперебойность железнодорожных пригородных пассажирских перевозок зависит от надежной работы каждого звена и в существенной степени от эксплуатационной надежности более 7,5 тыс. секций электропоездов. В настоящее время для поддержания требуемого уровня надежности мотор-вагонного подвижного состава (электропоездов) предусмотрена система технических обслуживаний и текущих ремонтов, основанная на планово-предупредительном принципе, устанавлив-

вающем объем и перечень обязательных контрольно-измерительных и ремонтно-восстановительных операций [1].

При такой системе технологический цикл подъемочного ремонта (рис. 1) включает снятие с электропоезда до 75 – 85 % узлов и аппаратов, их очистку, разборку и дефектацию с целью выявления имеющихся повреждений и

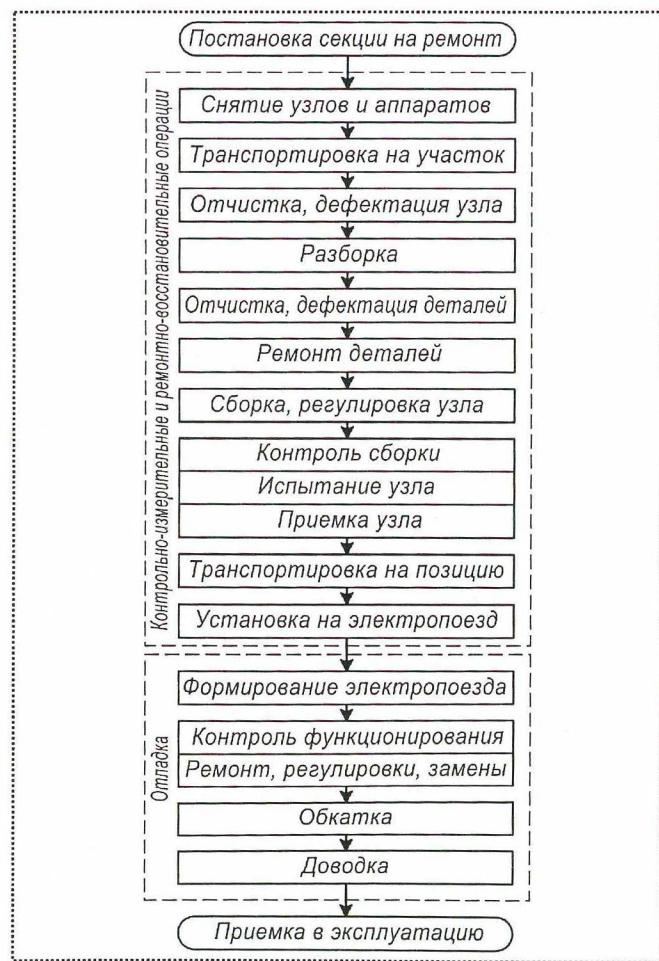


Рис. 1. Технологический цикл подъемочного ремонта электропоезда



неисправностей, по результатам которого вырабатывается дальнейшая стратегия ремонта. После ревизии и, если выявлен дефект, после ремонта проводят сборку узла и его контроль, включающий в себя комплекс испытаний, направленных в основном на определение работоспособности узла в целом и позволяющий оценить качество ремонтных и сборочных работ.

В некоторых случаях контроль сборки может быть частично перенесен на процесс обкатки и регулировки узла. Например, в ходе обкаточных испытаний тяговых двигателей могут быть измерены параметры вибрации, температура нагрева, сопротивление изоляции, параметры настройки коммутации, несущие объективную информацию о качестве сборки узла.

С ремонтных и испытательных участков все осмотренные и отремонтированные узлы и аппараты транспортируются на позицию сборки электропоезда. Объединение узлов и элементов между собой образует сложные по своей структуре и топологии системы, имеющие многочисленные механические и электрические связи. Наиболее сложными из таких систем являются электрические цепи, включающие низковольтные цепи управления, высоковольтные силовые и вспомогательные цепи, а также часть пневматической сети электропоезда.

Исправность и работоспособность отремонтированного оборудования не является объективной гарантией его правильной работы в составе той или иной системы электропоезда, поскольку в результате ошибок монтажа могут быть нарушены взаимосвязи между элементами, аппаратами и узлами, возникнуть повреждения при транспортировке, в процессе сборки и последующей отладки. Возникновение дефектов на данной стадии технологического цикла ведет не только к увеличению продолжительности ввода электропоезда в эксплуатацию (периода отладки), но и, в случае пропуска дефекта, к браку и отказам на линии.

Высокая повреждаемость оборудования электропоездов в эксплуатации, в частности электрических цепей, на долю которых по данным статистической отчетности ОАО "Российские железные дороги" приходится свыше 55 % брака и отказов, в 80 % случаев – результат недостатков качества сборки. Субъективность оценки качества сборки систем электропоезда, обусловленная отсутствием современных средств контроля, является главной причиной неудовлетворительного качества ремонта в депо (согласно классификации ОАО "Российские железные дороги" принятой для анализа причин повреждения оборудования) [2].

Контроль качества сборки, как правило, проводят во время отладки путем опробования оборудования под контактным проводом в нескольких различных режимах функционирования либо в депо при помощи простейших контрольных ламп, при этом затрачивается значительное время.

Так, отладка, имеющая цель установить работоспособность оборудования в составе систем электропоезда и довести его до требований основных инструкций, составляет до 30 % времени технологического цикла, при этом в ожидании отладки, в зависимости от ремонтных мощностей депо, каждая отремонтированная секция простоявает в среднем 50–200 % чистого времени технологического цикла, поскольку для опробования оборудования, проводимого, как правило, за пределами сборочного цеха под контактным проводом, необходим сформированный поезд из трех – шести секций.

Повышение качества ремонта мотор-вагонного подвижного состава при одновременном сокращении продолжительности и трудоемкости отладки возможно на основе автоматических систем комплексного диагностирования качества ремонта и сборки наиболее сложных и ответственных систем электропоездов, обеспечивающих достоверную количественную и качественную оценку их технического состояния.



ния в соответствии с требованиями основных руководящих документов [3].

Методика диагностирования электрических цепей электропоездов

Функционирование электрических цепей электропоездов в штатных режимах осуществляется при помощи контроллера машиниста и других органов управления поездом, посредством которых происходит подача электрических управляющих воздействий на поездные провода. Аппараты цепей управления, подсоединенны к поездным проводам, получая питание, отрабатывают возложенные функции по сбору или переключению в высоковольтных схемах. При подключении к контактному проводу напряжение контактной сети преобразуется оборудованием высоковольтных цепей:

- в полезную работу — тягу или торможение, характеризуемое силой, скоростью и ускорением;
- в выработку электроэнергии генераторами и передачу ее на секционные провода цепей управления для питания двигателя подвагонного компрессора и аппаратов в пределах секции;
- в создание запаса сжатого воздуха, необходимого для работы цепей управления, тормозной системы и другого оборудования с пневматическим приводом во всем поезде.

Электрические цепи электропоезда с указанием входных, выходных и внутренних сигналов можно представить в виде структурной диагностической модели (рис. 2) [4].

Входными являются сигналы, соответствующие рабочим воздействиям, подаваемым при помощи органов управления на поездные провода цепей управления X_{Upi} , а также сигналы, соответствующие напряжению контактной сети X_{Uci} , подаваемому на высоковольтные цепи каждой секции, где i — номер секции.

Выходными сигналами, по которым, как правило, проводят оценку качества функционирования электрических цепей электропоезда при отладке, являются сигналы, характеризующие способность электропоездом в целом выполнять полезную работу:

v — скорость движения;

B — тормозной эффект;

Z_{Uuyi} — параметры электроэнергии (напряжение, частота), вырабатываемой генераторами и преобразователями;

p — давление в пневматической сети;

Z_{Uci} — сигналы цепей сигнализации.

Внутренними сигналами, несущими наибольшую информацию о техническом состоянии, качестве сборки и функционировании цепей, но не оцениваемыми объективно на этапе обычной отладки, являются сигналы, имеющие механический (Y_{ui} — замыкания контактов, сбор схем) и электрический (Z_{Upi} , Z_{Usi} — напряжения на поездных и секционных проводах цепей управления) характер.

Последовательная структура электрических цепей электропоезда и отсутствие резервирования ведет к тому, что при отказе, например, в секции 1, вызванном обрывом поездного

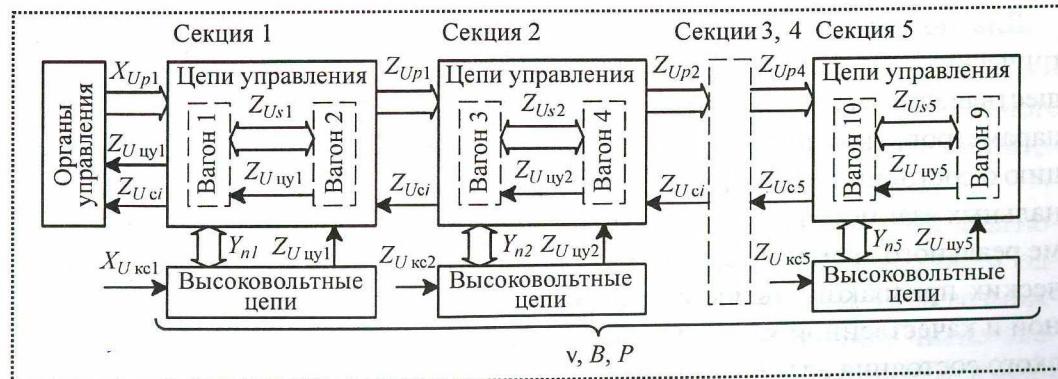


Рис. 2. Структурная диагностическая модель электрических цепей электропоезда



проводов, рабочее воздействие не достигнет входа секции 2 и всех последующих секций, в результате их электрические цепи не выполнят заданных функций.

При отказе элемента или аппарата цепей управления в одной секции, ведущем к функциональному нарушению, не будет осуществлен сбор высоковольтной схемы на неисправной секции, в то время как на других секциях высоковольтные схемы соберутся. Отказ в высоковольтной цепи, не вызывающий срабатывание защиты, не оказывает влияния на работу цепей управления как в этой, так и в других секциях.

Последовательность структуры электрических цепей и возможность формирования электропоездов различных составов делают технически сложно реализуемой задачу диагностирования качества сборки и ремонта всего поезда целиком в объеме, предусмотренном соответствующими руководящими документами.

Наиболее эффективным в части достижения необходимой глубины, полноты и достоверности при одновременном снижении продолжительности диагностирования, сокращении непроизводительногоостояния секций является принцип, основанный на посекционном диагностировании качества сборки электропоездов. В основу принципа положена структурная и функциональная законченность секции как подвижной единицы, имеющей полный комплект оборудования (за исключением органов управления) и предусмотренной для работы по системе многих единиц в составе электропоезда.

Диагностирование качества сборки электрических цепей секций электропоездов осуществляется путем измерения электрических параметров, несущих объективную информацию о состоянии всех структурных и функциональных взаимосвязей, с вычислением в режиме реального времени характерных диагностических признаков, являющихся количественной и качественной характеристикой технического состояния элементов, аппаратов и узлов.

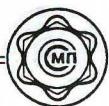
Для оценки целостности поездных проводов, выявления ошибок монтажа и корпусных замыканий используют сигналы, соответствующие напряжениям на контактах межсекционных электрических соединений $\{Z_{Upi}\}$, используемых для работы секций по системе многих единиц. Оценка правильности функционирования аппаратов и ветвей цепей управления, целостности секционных проводов и отсутствия ошибок их монтажа осуществляется на основе сигналов, соответствующих напряжениям на контактах межвагонных электрических соединений $\{Z_{Usi}\}$, используемых для соединения вагонов в секцию, и токов, характеризующих проводимость каждой ветви цепей управления $\{Z_{In}\}$.

Оценку технического состояния, а также качества ремонта, сборки и регулировки аппаратов, элементов и узлов проводят путем вычисления сопротивлений участков цепей управления $\{R_n\}_{uц}$ и анализа временных параметров работы многопозиционных коммутационных аппаратов (силовых пневматических контроллеров).

Оценку качества сборки силовых и вспомогательных цепей проводят без подачи в них высокого напряжения путем пропускания постоянного тока малого напряжения $\{X_U\}_{uц}$ и измерения тока $\{I_{xu}\}$ и напряжений на участках цепи $\{Z_U^{KT}\}$ с одновременным расчетом их сопротивлений $\{R_n\}_{uц}$. Это обеспечивает неповреждаемость участков цепей в случае их неправильной сборки. Участки выделены в результате назначения контрольных точек, в которых измеряются электрические потенциалы.

При выборе участков контроля и назначении контрольных точек учтены следующие требования:

- доступность контрольных точек и простота подключения к ним;
- минимизация количества участков и контрольных точек при обеспечении полного покрытия рассматриваемой цепи;
- возможность однозначного различения места дефекта, неисправного блока или узла;



- минимальная погрешность при измерениях;
- соответствие получаемых параметров требованиям руководящих документов.

Автоматизация процесса диагностирования и, как следствие, повышение достоверности оценки качества сборки электрических цепей на различных этапах технологического цикла обеспечивается путем вовлечения в процесс максимального количества штатных аппаратов и устройств.

Посредством подачи последовательности внешних воздействий $\{X_u\}_{uy}$, номинал которых соответствует штатным рабочим воздействиям $\{U_{xu}\}$, на контакты межвагонных электрических соединений поездных и секционных проводов реализуется специальный тестовый режим функционирования цепей управления (T_s) (здесь $s = \overline{1, q}$ — интервал функционирования), обеспечивающий возможность оценки выбранной совокупности диагностических признаков и организующий отработку силовыми и вспомогательными цепями всего диапазона возможных комбинаций, определяемых положениями силового пневматического контроллера и других высоковольтных коммутационных аппаратов.

В различных комбинациях высоковольтных цепей (сборках) проводятся измерение и расчет диагностических признаков силовых и вспомогательных цепей, чем достигается удовлетворение требованиям руководящих документов. Специальный тестовый режим функционирования обеспечивает возможность определения тока каждого элемента (ветви) цепей управления $\{Z_{I_n}\}$ при минимуме числа датчиков путем выделения динамической составляющей суммарного тока потребления цепями управления на каждом интервале функционирования $\{Z_{I_\Sigma}(T_s)\}$, характеризующей включение данного элемента (ветви) в работу.

Внешние воздействия, подаваемые на контакты поездных и секционных проводов $\{X_u\}_{uy}$, обеспечивают штатное функциониро-

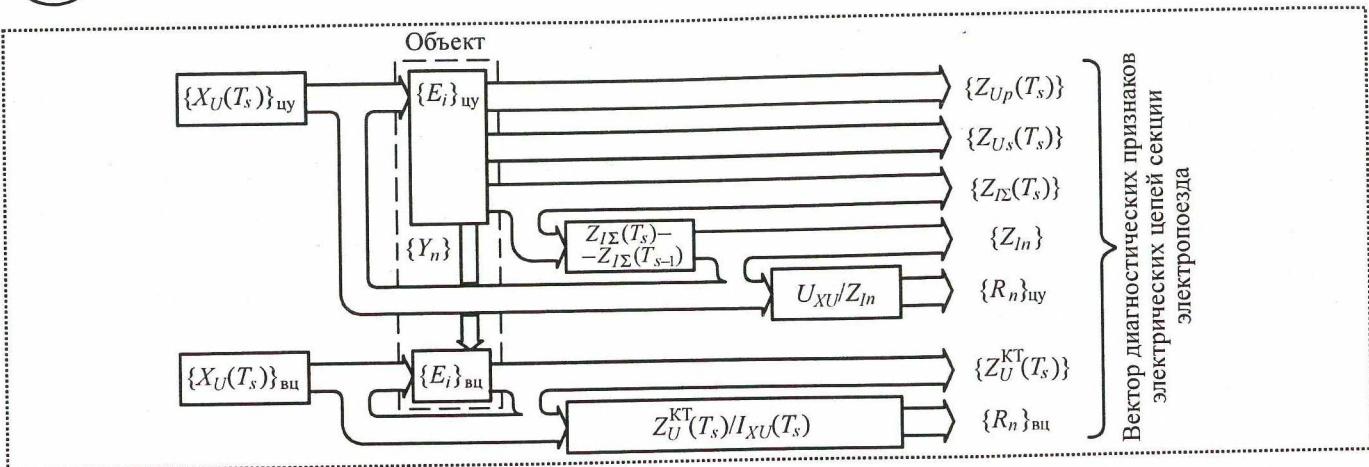
вание двигателя компрессора, трансформатора управления и других устройств, позволяя достичь автономность процесса диагностирования, т.е. независимости от внешних устройств воздухоснабжения и преобразования электрической энергии.

Одновременность диагностирования цепей управления, силовых и вспомогательных цепей с вовлечением в процесс пневматической системы и устройств питания цепей управления позволяет сохранить все структурные и функциональные взаимосвязи, за счет чего достигается высокая достоверность, глубина и полнота диагностики качества ремонта, сборки и регулировки аппаратов, узлов и электрических цепей секции электропоезда в целом при минимальных временных затратах.

Для распознавания технического состояния электрических цепей как единой системы использовано множество E_i ее технических состояний, где $i = \overline{0, n}$. Элементами данного множества являются исправное (работоспособное) e_0 и неисправные (неработоспособные) e_i (при $i \neq 0$) состояния, вызванные наличием дефектов в элементах цепей и недостатками качества ремонта, сборки и регулировки. Процедура формирования вектора диагностических признаков, на основании анализа которого делается заключение о соответствии электрических цепей электропоездов предъявляемым требованиям, представлена на рис. 3.

Описанная методика, в настоящее время используемая для диагностирования качества сборки электрических цепей электропоездов 15 различных серий, эксплуатирующихся на железных дорогах Российской Федерации, реализована в виде прикладных программных модулей, работающих в составе программного обеспечения системы диагностики и мониторинга КОМПАКС®-Экспресс [5].

Исполняемые в модулях алгоритмы диагностирования обеспечивают обнаружение и однозначное различие не менее 90 % возможных дефектов при минимальном числе элементарных проверок. Все алгоритмы имеют

**Рис. 3. Алгоритм формирования вектора диагностических признаков:**

$\{X_U(T_s)\}_{uy}$ – вектор внешних воздействий, подаваемых в цепи управления на каждом интервале функционирования;
 $\{X_U(T_s)\}_{vi}$ – вектор внешних воздействий, подаваемых в высоковольтные цепи на каждом интервале функционирования;
 $\{E_i\}_{uy}$ – множество технических состояний цепей управления;
 $\{E_i\}_{vi}$ – множество технических состояний высоковольтных цепей;
 $\{Y_n\}$ – вектор внутренних неэлектрических сигналов;
 $\{Z_{Up}(T_s)\}$ – вектор выходных сигналов, соответствующих напряжениям на контактах поездных проводов цепей управления на каждом интервале функционирования;
 $\{Z_{Us}(T_s)\}$ – вектор выходных сигналов, соответствующих напряжениям на контактах секционных проводов цепей управления на каждом интервале функционирования;
 $\{Z_{I\Sigma}(T_s)\}$ – вектор суммарных токов потребления целями управления на каждом интервале функционирования;
 $\{Z_{In}\}$ – вектор токов элементов (ветвей) цепей управления;
 $\{R_n\}_{uy}$ – вектор сопротивлений элементов (ветвей) цепей управления;
 U_{XU} – величина напряжения внешнего воздействия;
 $\{Z_U^{KT}(T_s)\}$ – вектор выходных сигналов, соответствующих напряжениям в контрольных точках высоковольтных цепей на каждом интервале функционирования;
 $\{R_n\}_{vi}$ – вектор сопротивлений элементов (участков) высоковольтных цепей;
 $I_{XU}(T_s)$ – величина тока, протекающего в высоковольтных цепях при подаче внешнего воздействия на каждом интервале функционирования

гибкую расширяемую циклическую структуру, позволяющую без существенных трудозатрат добавлять новые элементарные проверки, что является особенно актуальным при освоении новых серий и типов железнодорожного подвижного состава.

Подсистема диагностирования электрических цепей

Ядром подсистемы диагностирования электрических цепей, входящей в состав системы комплексного диагностирования качества сборки и ремонта оборудования электропоездов, является оригинальный промышленный безвентиляторный IBM-совместимый диагностический контроллер и распределенная полевая сеть управляющих модулей, модулей сбора и передачи диагностической информации [6].

Система комплексного диагностирования качества сборки и ремонта оборудования электропоездов является одной из модификаций системы компьютерного мониторинга для предупреждения аварий и контроля состояния – КОМПАКС®, построенной с соблюдением следующих принципов:

- достаточности;
- информационной полноты;
- инвариантности и коллективного распознавания;
- самодиагностики и автоматизированной поверки;
- структурной гибкости и программируемости;
- коррекции неидеальностей измерительных трактов вычислительными методами;



— дружественности интерфейса при максимальной информационной емкости экрана представления данных и многоуровневой организации.

Система включает в себя подсистемы диагностирования:

- колесно-моторных блоков;
- изоляции высоковольтных электрических цепей;
- пантографа;
- пневматической тормозной системы;
- электрических цепей (цепей управления, силовых и вспомогательных цепей).

Подсистема имеет стационарное исполнение, позволяющее проводить многочисленные измерения в удаленных контрольных точках при минимуме временных затрат. Местом расположения оборудования подсистемы является участок испытаний — ремонтное стойло депо, на котором размещается секция электропоезда.

Структурная схема подсистемы, представленная на рис. 4 (3-я с. обложки) содержит [7]:

- диагностический пост (ДП) 1, в состав которого включены ЭВМ 2 с принтером 3, блок беспроводного интерфейса 4 и блок связи с полевым оборудованием 5;
- беспроводной терминал 6;
- подсистему управления электропневматическими цепями (ПУЭПЦ) 7, в состав которой включены блоки пневматики 8 и 12, блоки измерения МЭС 9 и 11, блок питания, измерения и управления 10, межвагонные или межсекционные электрические соединители (МЭС) 15 цепей управления, соединитель с блоком реле ускорения 25, электрозонды 14, пневмозонды 13 и 16 и соединитель высоковольтного блока 21 для питания двигателя компрессора.

Поз. 17, 27 на рис. 4 — питательная (напорная) пневмомагистраль; 18, 28 — тормозная пневмомагистраль; 19, 26 —стыковочные устройства блоков измерения МЭС; 20 — вспомогательные электрические цепи; 22, 23 — соединители МЭС.

Сплошными линиями на рисунке показаны проводные соединения между элементами

подсистемы, пунктирными — соединения элементов подсистемы с электрическими цепями секции электропоезда.

Включение в состав ПУЭПЦ блока 10 обеспечивает при диагностировании формирование управляющих, питающих и тестовых воздействий от штатной трехфазной сети депо и их оперативное подключение к цепям управления, силовым и вспомогательным электрическим цепям, двигателю подвагонного компрессора, а также измерение выбранной совокупности параметров и сигналов. Соединители МЭС обеспечивают быстрое, надежное и безопасное подключение блока к цепям управления через штатные межвагонные электрические соединения секции, а электрозонды — гибкое и надежное соединение с контрольными точками силовых и вспомогательных цепей.

Включение в состав ПУЭПЦ двух одинаковых блоков измерения МЭС обеспечивает в процессе диагностирования измерение параметров и сигналов цепей управления с внешних сторон секции, в том числе для контроля целостности поездных проводов. Два одинаковых блока пневматики, подключаемых посредством пневмозондов, обеспечивающих быстрое и надежное соединение к пневматическим магистралям, путем совместной работы управляют газодинамическими процессами в пневматической сети секции, формируют необходимые для правильного функционирования аппаратов и устройств электрических цепей пневматические воздействия.

Беспроводной терминал предназначен для удаленного управления процессом испытаний из любой точки участка испытаний и позволяет одному оператору без помощников проводить диагностирование головных секций электропоездов, включая кнопки управления, кран и контроллер машиниста, без увеличения трудоемкости и дополнительных временных затрат.

Структура и состав подсистемы диагностирования электрических цепей обеспечивают в условиях депо на единой аппаратно-про-



граммной базе совместную автоматическую оценку качества ремонта, сборки и регулировки аппаратов и устройств цепей управления, высоковольтных силовых и вспомогательных электрических цепей секций электропоездов различных серий, обуславливая высокую полноту и достоверность диагностирования.

Реализация подсистемы

Подсистема реализована и внедрена в составе систем комплексного диагностирования качества сборки и ремонта оборудования электропоездов КОМПАКС® – ЭКСПРЕСС-ТРЗ в 11 мотор-вагонных депо на пяти дорогах ОАО "Российские железные дороги".

Конструктивное исполнение блока ПУЭПЦ выполнено в виде трех шкафов, стационарно устанавливаемых в выбранных местах участка испытаний. Каждый шкаф имеет два отсека, в одном из которых содержится измерительно-управляющая аппаратура, в другом – выносные соединительные элементы и обслуживаемые узлы.

Оригинальная конструкция соединителей МЭС обеспечивает высокую оперативность при одновременном снижении трудоемкости подключения блока питания, измерения и управления к поездным и секционным проводам цепей управления секции электропоезда. Связь между всеми элементами подсистемы обеспечивается проводными соединениями, для защиты которых от внешних воздействий используется электротехнический короб или трубная защита.

Стационарное размещение оборудования подсистемы на участке испытаний и принятые конструктивное исполнение обеспечивают однотипное, оперативное, требующее минимальных трудовых усилий соединение с электрическими цепями секций электропоездов различных серий, минимальные длины кабельных трасс и линий связи с объектом.

Взаимодействие оператора с программным обеспечением подсистемы осуществляется в интерактивном режиме. Путем выбора соответствующего пункта меню оператор вводит

исходные данные – серию электропоезда, тип секции, номера вагонов, вид ремонта, фамилию и имя оператора, после чего нажатием кнопки "Пуск" дает команду ЭВМ на автоматическое диагностирование электрических цепей.

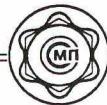
ЭВМ в соответствии с заданным алгоритмом осуществляет идентификацию типа секции и серии электропоезда, проводит управление блоком питания, измерения и управления и блоками пневматики, которые путем совместной работы создают поездное давление в тормозной магистрали и поддерживают его из питательной магистрали в течение всего процесса диагностирования. В ходе выполнения алгоритма ЭВМ осуществляет управление блоком питания, измерения и управления, который через соединители МЭС и БРУ организует функционирование электрических цепей в режиме диагностирования.

При отработке аппаратами цепей возложенных функций блок питания, измерения и управления измеряет напряжения на контактах секционных проводов, токи потребления цепями управления, напряжения на участках силовых и вспомогательных цепей, блоки измерения МЭС измеряют напряжения на контактах поездных проводов цепей управления.

В заданные моменты времени ЭВМ получает от блоков ПУЭПЦ результаты измерений, рассчитывает вектор диагностических признаков, на основе заложенных правил формирует экспертные сообщения и проводит автоматическую оценку технического состояния. При диагностировании головной секции ЭВМ в заданные моменты времени выдает указания оператору, который выполняет их, после чего дает ЭВМ команду подтверждения.

Все получаемые результаты диагностирования в режиме реального времени отображаются на экране монитора с окрашиванием элементов в цвета, характеризующие качество ремонта, сборки и регулировки:

- красный – качество ремонта и сборки не соответствует основным требованиям руководо-



дящих документов, эксплуатация электропоезда недопустима и небезопасна;

■ **желтый** – требуется принятие мер по доводке элементов и узлов электрических цепей до требований руководящих документов, электропоезд может быть допущен в эксплуатацию с незначительными ограничениями;

■ **зеленый** – качество ремонта, сборки и регулировки находится на высоком уровне, оборудование соответствует основным требованиям руководящих документов, а электропоезд может быть допущен в эксплуатацию без ограничений.

В окне сообщений автоматически выдаются целеуказующие предписания о неисправностях, обнаруженных при диагностировании, и действиях, которые необходимо предпринять ремонтному персоналу для устранения выявленных дефектов и доводки оборудования.

Окончательная оценка качества сборки проводится по завершению процесса диагностирования после появления соответствующего сообщения в информационной строке экрана, при этом ЭВМ автоматически формирует акты испытаний с диагнозом и заключением о пригодности секции электропоезда к эксплуатации. По команде оператора ЭВМ выводит результаты диагностирования на принтер в виде актов технической готовности, в которых указываются обнаруженные дефекты с количественной оценкой и степенью опасности.

После получения акта технической готовности оператор совместно с ремонтным персоналом проводит работы по устранению обнаруженных дефектов и приведению оборудования электропоезда в соответствие с основными требованиями. После этого диагностирование может быть повторено для проверки качества проведенных ремонтных работ. Процесс совместного автоматического диагностирования электрических цепей секции электропоезда занимает не более 25 мин.

Некоторые результаты промышленного использования системы

В ходе внедрения системы при последующей их эксплуатации было выявлено свыше

150 различных неисправностей электрических цепей, среди которых такие, которые, по мнению наиболее опытного ремонтного персонала, практически не встречаются на практике и, как следствие, не могут быть быстро обнаружены и устранины. К таким неисправностям относятся:

- обрыв резистора реле заземления (Сундукова И.А. Зри в узел. "Гудок". № 175 от 26.09.2008);

- невключение блокировочных контактов высоковольтного выключателя вследствие неверной его установки;

- попадание электроизоляционного лака на блокировочные контакты реле;

- нарушение регулировки вала силового реостатного контроллера и, как следствие, невключение его контакта на одной из позиций (рис. 5, 3-я с. обложки);

- отсутствие минусового провода цепи управления на электропневматическом вентиле тормозного переключателя;

- наличие металлического болта в штепселе межсекционного соединения цепей управления;

- подсоединение цепи печного отопления к контактору калориферной группы, и наоборот.

За время эксплуатации систем в отдельных депо выявлены систематические ошибки и недостатки монтажа электрических схем, среди которых двухсторонний переход лестниц проводов цепей управления реверсивным переключателем на рейках с зажимами, а также отключение калориферной группы отопления путем отсоединения высоковольтного кабеля от соответствующего контактора.

Время, затрачиваемое на выявление и устранение перечисленных неисправностей без помощи системы, согласно экспертной оценке в 10 и более раз превосходит время, достижимое с ней. Кроме того, ряд неисправностей с высокой долей вероятности не мог быть выявлен ремонтным персоналом. Возможными сценариями развития некоторых неисправностей могли быть нарушения графика движе-



ния, а также возгорание вагона электропоезда в пути следования.

Достоверность диагностирования составила не менее 98 %, что полностью подтверждено сверкой показаний системы с результатами проведенных ревизий и ремонтов. Полнота выявляемых неисправностей при этом превысила 90 %, что также подтверждено результатами отладки, обкатки и первого периода эксплуатации электропоездов на линии после ремонта (Сундукова И.А. Неподкупная проверка. "Гудок". № 115 от 29.06.2009).

Выводы

Благодаря использованию подсистемы диагностирования электрических цепей, входящей в состав системы КОМПАКС®-ЭКСПРЕСС-ТР3, появилась возможность:

- оперативно с высокой степенью достоверности выявлять явные отказы и скрытые повреждения оборудования электрических цепей электропоездов, обусловленные недостатками качества ремонта, сборки и регулировки;
- выявлять элементы и аппараты, ведущие к снижению КПД и повышению расхода электроэнергии электропоездом;
- выявлять элементы и аппараты, ведущие к ухудшению условий работы электрических машин и коммутационной аппаратуры;
- обеспечить целенаправленную работу ремонтного персонала по ликвидации дефектов и недостатков качества сборки;
- сократить более чем в 6 раз время, затрачиваемое на обязательный послеремонтный контроль и отладку электропоезда;
- практически полностью исключить брак, отказы в поездной работе и неплановые ре-

монты по электрическим цепям ввиду значительного сокращения их главной причины – неудовлетворительного качества ремонта в депо;

– максимально полно использовать ресурс диагностируемых узлов и аппаратов при сохранении их ремонтопригодности и тем самым снизить потребность в необоснованных ремонтах, т.е. осуществить сдвиг от действующей системы планово-предупредительных ремонтов к прогрессивной системе – ремонту по фактическому техническому состоянию на безопасной ресурсосберегающей основе.

Библиографический список

1. Распоряжение ОАО "РЖД" от 06.04.2006 № 622р "О планово-предупредительной системе технического обслуживания и ремонта мотор-вагонного подвижного состава".
2. Технический анализ порч, неисправностей и непланового ремонта электропоездов за 2006 г. / ОАО "РЖД". Управление пригородных пассажирских перевозок. – М., 2007.
3. Сизов С.В., Аристов В.П., Костюков В.Н., Костюков А.В. Непрерывный мониторинг состояния мотор-вагонного подвижного состава // Железнодорожный транспорт. 2008. № 6. С. 41–42.
4. Казарин Д.В. Диагностика состояния электрических цепей электропоездов // Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности: тезисы докл. Восьмой междунар. конф. – М., 2009. С. 150–151.
5. Комплексная система диагностики электропоездов КОМПАКС®-ЭКСПРЕСС-ТР3 / В.Н. Костюков, А.В. Костюков, Д.В. Казарин и др. // Железнодорожный транспорт. 2008. № 5. 4-я с. обложки.
6. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. – М.: Машиностроение, 2002. 224 с.
7. Stationary complex diagnostic system for electric trains / Alexey V. Kostyukov, Alexandr A. Lagaev, Denis V. Kazarin // The Sixth International Conference on Condition Monitoring and Machinery Failure Prevention Technologies / Ireland, Dublin, 2009. P. 1105–1109.

К статье В.Н. Костюкова, А.В. Костюкова, Д.В. Назарова
 «Диагностика качества сборки
 электрических цепей электропоездов»

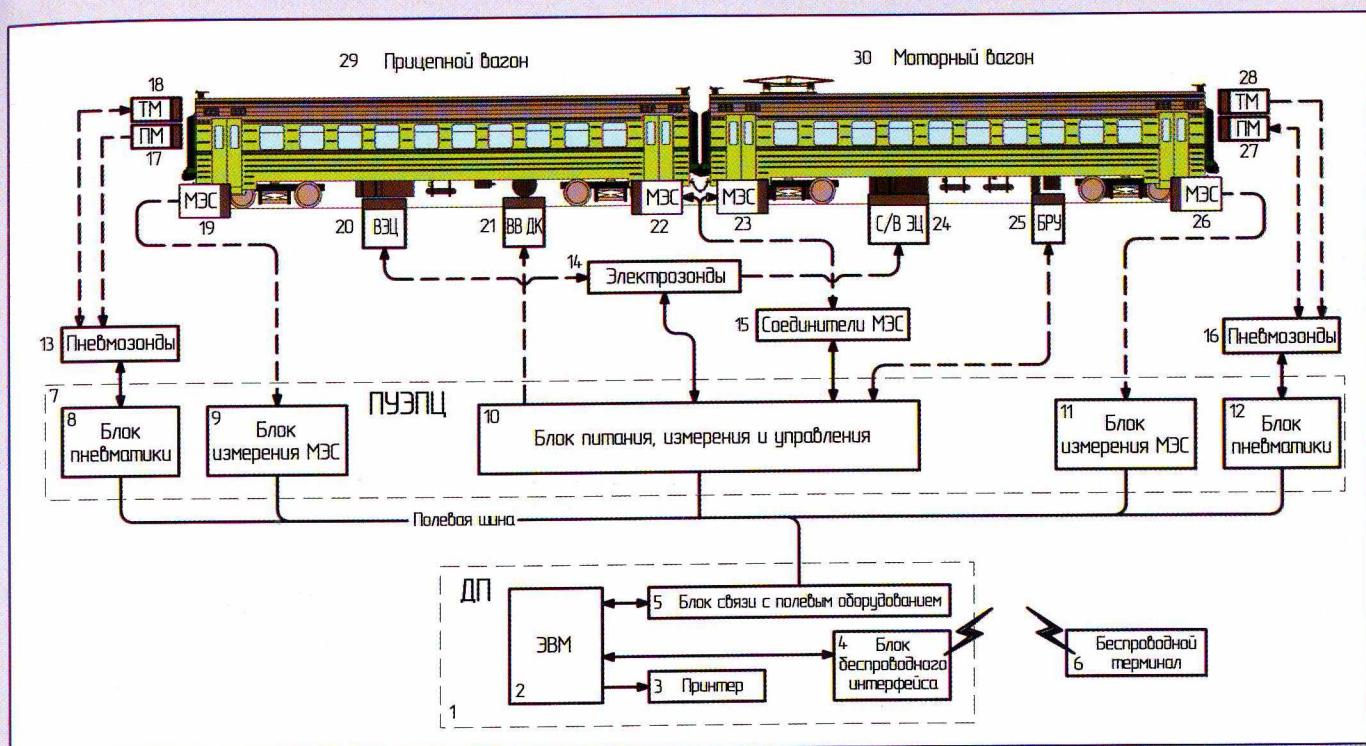


Рис. 4. Структурная схема подсистемы диагностирования электрических цепей

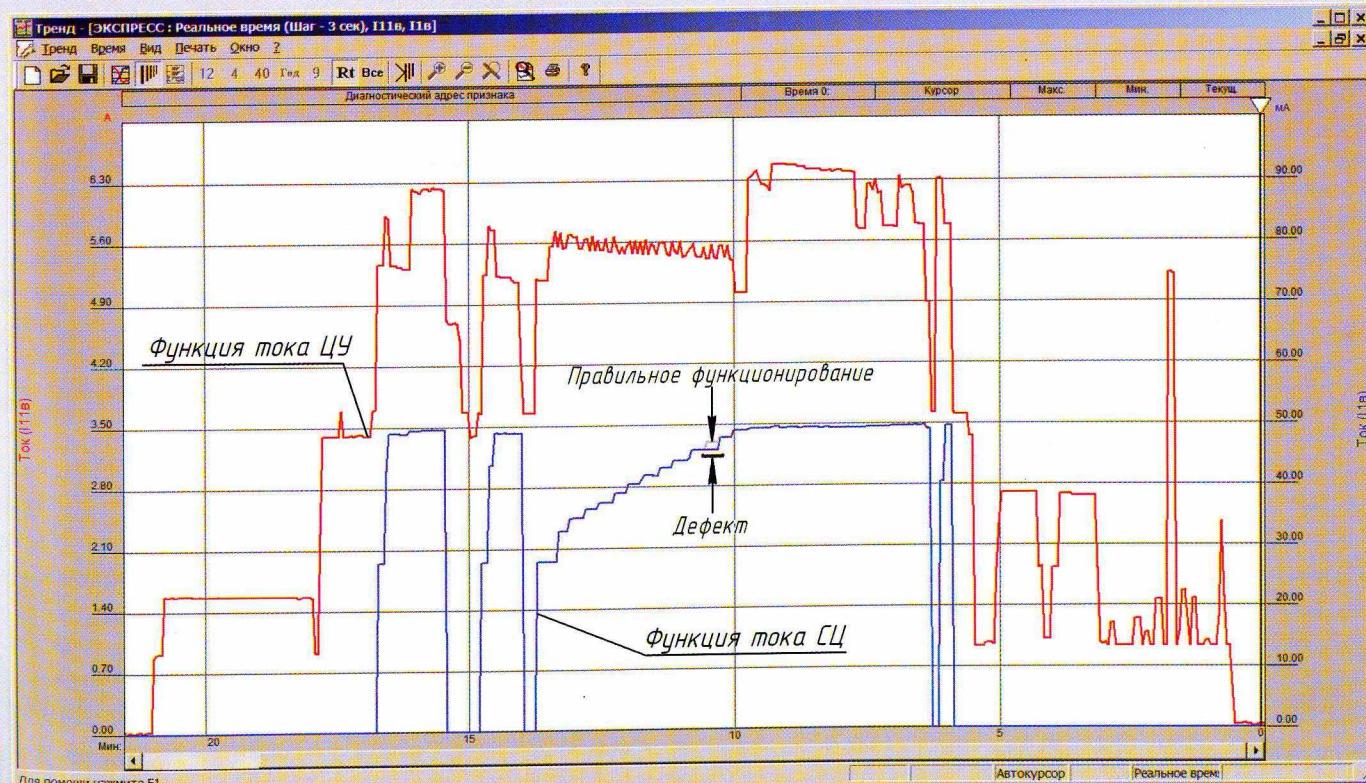


Рис. 5. Тренды реального времени токов цепей управления и силовых цепей:

ток (I_{11B}) и (I_{1B}) – диагностические признаки, соответствующие: первый – суммарному току потребления цепями управления, второй – току, протекающему в силовых электрических цепях при подаче в них внешнего воздействия (в скобках указано имя признака в системе КОМПАКС®-ЭКСПРЕСС)

ISSN 0202-3350

СБОРКА



В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ

12

2009

ASSEMBLING

IN MECHANICAL ENGINEERING,
INSTRUMENT-MAKING

**ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ**

СБОРКА

В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ



ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ
ЖУРНАЛ ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ УТВЕРЖДЕННЫХ ВАК РФ ИЗДАНИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИЙ ТРУДОВ СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ

**12 2009
(113)**

СОДЕРЖАНИЕ

Современные технологии сборки

Базров Б.М. Систематизация технологического обеспечения сборки изделий	3
Голубев С.В., Павлин В.Н. Особенности сборки главных циркуляционных насосов для АЭС с реакторами на быстрых нейтронах	12
Шпилёв А.М., Хвостиков А.С., Марьин Б.Н. Методы и средства обеспечения геометрической взаимозаменяемости сборочных единиц, собираемых по отверстиям	15

Обеспечение качества. Испытания. Контроль

Медарь А.В. Направления развития методов и средств технологического обеспечения выходных параметров точности в сборочном производстве изделий ракетно-космической техники	19
Костюков В.Н., Костюков А.В., Казарин Д.В. Диагностика качества сборки электрических цепей электропоездов	25
Мельников В.П., Муртазин Д.А., Басенин М.А. Методология испытаний авиационно-космической техники с помощью накладных шаговых систем	35
Макушин А.А., Зубков Е.В., Илюхин А.Н. Управление системой испытания двигателей на основе математической модели	39

Технологическая оснастка для сборки

Аль-Даббас Х. Эксцентриковый инструментальный зажимной патрон	45
Маслов А.Р. Условия многократной установки инструмента посредством термической деформации	48

Информация

К 70-летию кафедры "Технология машиностроения МАМИ".	51
---	----

Подготовка специалистов

Шандров Б.В., Вартанов М.В., Булавин И.А. Исследования кафедры "Технология машиностроения" МАМИ в области сборочного производства	53
--	----

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогу "Роспечать" – 79748, Объединенному каталогу "Пресса России" – 84967, каталогу "Почта России" – 60257) или непосредственно в издательстве Тел.: (499) 268-38-42; тел./факс: 268-85-26. Факс: (499) 269-48-97.

E-mail: sborka@mashin.ru; tsmm@mashin.ru

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "Сборка в машиностроении, приборостроении", допускаются только с разрешения редакции и со ссылкой на источник информации.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

**Председатель
редакционного совета**
Ф.М. МИТЕНКОВ, академик РАН

Редакционный совет

МОСКВА	Ю.Г. КОЗЫРЕВ
А.С. ВАСИЛЬЕВ	А.И. КУМЕНКО
(главный редактор)	А.В. МЕДАРЬ
А.А. ГУСЕВ	Е.А. МИКРИН
М.В. ВАРТАНОВ	Ю.Ф. НАЗАРОВ
А.М. ДАЛЬСКИЙ	В.В. ПОРОШИН
И.Н. ЖЕСТКОВА	Б.В. ШАНДРОВ
(зам. главного редактора)	А.А. ШАТИЛОВ
И.Н. ЗИНИНА	А.Г. ХОЛОДКОВА
Ю.Л. ИВАНОВ	Г.А. ЯРКОВ

Региональные редсоветы

БЕЛГОРОД	ОРЕНБУРГ
Н.А. ПЕЛИПЕНКО	А.Н. ПОЛЯКОВ
БРЯНСК	А.И. СЕРДЮК
О.А. ГОРЛЕНКО	А.П. ФОТ
ВЛАДИВОСТОК	РЫБНИК
Ю.Н. КУЛЬЧИН	В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ
А.А. СУПОНЯ	В.В. НЕПОМИЛУЕВ
В.М. КОРНИЕНКО	А.Н. СЕМЕНОВ
ВОЛГОГРАД	САМАРА
В.Г. КАРАБАНЬ	М.А. ЕВДОКИМОВ
М.Г. КРИСТАЛЬ	Ю.А. ВАШУКОВ
В.И. ЛЫСАК	Г.А. КУЛАКОВ
В.М. ТРУХАНОВ	В.А. НИКОЛАЕВ
ИЖЕВСК	САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
И.В. АБРАМОВ	В.Ф. КУЗЬМИН
Б.А. ЯКИМОВИЧ	Е.В. ШАЛОБАЕВ
В.Г. ОСЕТРОВ	ТОЛЯТТИ
И.К. ПИЧУГИН	А.И. РЫЖКОВ
КАЗАНЬ	Б.Ф. ХАЗОВ
Р.И. АДГАМОВ	ТУЛА
КОВРОВ	В.В. ПРЕЙС
Ю.З. ЖИТИНКОВ	ХАБАРОВСК
КОЛОМНА	В.А. ЛАШКО
Ю.Д. АМИРОВ	Украина
КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ	КИЕВ
Б.Н. МАРЫН	А.С. ЗЕНКИН
В.И. ШПОРТ	В.А. МАТИВЕНКО
А.М. ШПИЛЕВ	ДОНЕЦК
НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ	А.Н. МИХАЙЛОВ
С.В. ДМИТРИЕВ	СЕВАСТОПОЛЬ
Р.М. ХИСАМУДИНОВ	Е.Л. ПЕРВУХИНА
НИЖНИЙ НОВГОРОД	ХАРЬКОВ
С.В. ГОЛУБЕВ	Б.М. АРПЕНТЬЕВ
ОМСК	Беларусь
В.Н. КОСТЮКОВ	МИНСК
ОРЕЛ	В.Л. БАСИНЮК
Ю.С. СТЕПАНОВ	ГОМЕЛЬ
Г.А. ХАРЛАМОВ	В.Е. СТАРЖИНСКИЙ
ПОЛОЦК	М.Л. ХЕЙФЕЦ

Ответственные за подготовку и выпуск номера:

Н.М. КУЩ-ЖАРКО, Л.Д. ПАРШЕНКОВА

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-1747 от 25 февраля 2000 г.