

УДК 621.336

МОХАММАД АЛЬ САИД АХМАД – аспірант, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Йорданія, ahmadesraa20@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4056-1040

Д. В. УСТИМЕНКО – доцент кафедри «ЕТЕМ», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Україна, ustimenko.1979@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2984-4381

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ ТОКОПРИЕМНИКОВ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Введение

В настоящее время система скользящего токосъема является основным способом передачи электроэнергии от контактной сети к электроподвижному составу (ЭПС) как на электрифицированных железных дорогах, так и на городском электротранспорте. В условиях повышения скоростей движения ЭПС, внедрения нового типа локомотивов и электропоездов особенно актуальной становится проблема поддержания в работоспособном состоянии элементов контактной сети и токоприемника [1].

Одной из самых распространенных причин повреждения контактной сети является эксплуатация неисправных или разрегулированных токоприемников ЭПС [2, 3]. Обеспечение качественного токосъема в сложных условиях эксплуатации, уменьшение числа аварий и повышение надежности системы электроснабжения ЭПС связано с решением комплекса задач, одной из которых является контроль эксплуатационного состояния элементов контактной сети и токоприемников, оценка и прогнозирование уровня их износа.

Поддержание высокой надежности сложных систем и их готовности к использованию невозможно без хорошо развитых средств контроля и диагностирования их состояния. Теоретическое решение этих вопросов в последние годы развивается в рамках одного из направлений технической кибернетики – технической диагностики. Раз-

витие и обновление элементной базы средств автоматики и вычислительной техники привело к быстрому развитию методов и средств технической диагностики.

К основным целям технической диагностики относят [4]:

- определение технического состояния объекта;
- разработка методов определения технического состояния объекта;
- разработка средств определения технического состояния объекта.

При определении технического состояния объекта выделяют три типа задач:

- диагностика – определение состояния, в котором объект находится в настоящий момент времени;
- прогностика – предсказание состояния, в котором объект окажется в наперед заданный момент времени;
- генетика – определение состояния, в котором объект находился в некоторый момент в прошлом.

Классификация методов и средств диагностики

Методы и средства диагностирования подвижного состава и его узлов используются для имитации режимов их работы, измерения диагностических параметров и служат основой для постановки диагноза. По видам измеряемых диагностических параметров методы и средства диагностирования подразделяются на две группы [5]:

- функциональные, соответствующие параметрам эффективности работы транспортного средства;

- локальные, соответствующие параметрам процессов, сопутствующих функционированию объекта, или же структурным, геометрическим параметрам.

Первая группа методов и средств предназначается главным образом для определения работоспособности объекта в целом. Локальные методы и средства обеспечивают поэлементное диагностирование.

По способу исполнения диагностические средства разделяются на стендовые и портативные. Принципиальное значение приобретает классификация методов и средств диагностирования по схеме их применения – в стационарных условиях либо в движении.

Методы и средства диагностирования должны отвечать следующим требованиям [6]:

- обладать достоверностью измерений;
- иметь высокую надежность;
- отвечать требованиям технологичности;
- обладать минимальным энергопотреблением.

Диагностика токоприемников

Требования к эксплуатационным характеристикам токоприемников и в первую очередь к их надежности и экономичности постоянно повышаются. Характеристики и параметры токоприемников должны соответствовать значениям, устанавливаемым нормативным документом [7].

Токоприемник состоит из основания, нижней и верхней подвижных рам, двух кареток, полоза и подъемно-опускающего механизма. Структурная схема основных элементов токоприемника показана на рис. 1.

Из всех узлов электроподвижного состава токоприемники работают в наиболее сложных условиях, воспринимают разнообразные динамические нагрузки, выдерживают значительный по величине электрический ток (2200 А для токоприемников серии

П–5, Т–5М1 электровозов постоянного тока ВЛ-10, ВЛ-11; 2100 А – для токоприемников П-3 локомотивов ВЛ8; 2000 А – для токоприемников серии 10PP-2, 17PP-2 электровозов постоянного тока ЧС-2, ЧС-6; 500 А – для токоприемников Л-13У1 (Л-14М1) электровозов переменного тока ВЛ60, ВЛ80; 400 А – для токоприемников 2SLS-1 чешских электровозов переменного тока серии ЧС-4, ЧС-8), а в зимнее время на их работоспособности отрицательно сказываются низкая температура, снегопады и гололедообразования.

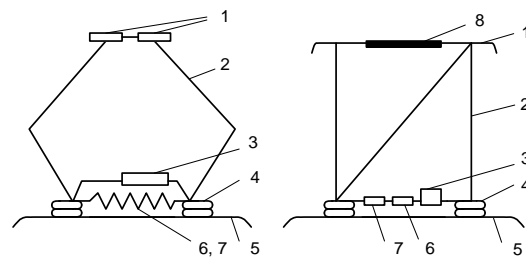


Рис. 1. Структурная схема токоприемника (главный вид и вид слева):

- 1 – полозы, 2 – рама, 3 – насос, 4 – изоляторы, 5 – корпус локомотива, 6 – опускающая пружина, 7 – поднимающая пружина, 8 – контактная вставка полоза токоприемника

В целом на долю неисправностей в узлах токоприемников приходится 10...20 % от всех отказов в ЭПС. Отказы в элементах токоприемников приводят к повышенному износу контактного провода, его обрыву или пережогу, повреждениям воздушных стрелок, фиксаторов, изоляторов.

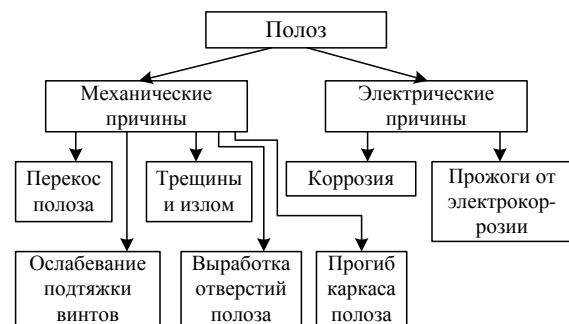


Рис. 2. Классификация дефектов полоза токоприемника, вызванная электрическими (электрохимическими) и механическими причинами

Наиболее ответственным и нагруженным узлом токоприемника является контактный узел: полз – контактные вставки.

Классификация дефектов полза токоприемника представлена на рис. 2. Полз подвержен изгибам, изломам, потери упругости, износу крепежных деталей.

На сегодняшний день на электроподвижном составе используются два основных типа материалов для изготовления контактных вставок – металлические композиционные материалы на основе меди или железа и композиционные на основе углерода, а именно кокса [8, 9]. Классификация дефектов угольно-графитных накладок полза токоприемника представлена на рис. 3. На контактных вставках могут возникать поперечные трещины, сколы, пропилы, износ и ослабление крепежа.

Неудовлетворительное состояние токоприемника может стать причиной выхода из строя контактной сети [10]. На рис. 4 представлена классификация отказов контактной сети, вызванных неудовлетворительным состоянием пантографов электроподвижного состава.

В связи с этим для обеспечения надежного и экономичного токосъема необходим тщательный контроль состояния токопри-

емника в процессе эксплуатации, который осуществляется различными диагностическими устройствами [11].



Рис. 3. Виды и причины возникновения дефектов в угольно-графитных вставках

В целях проведения аппаратурной диагностики состояния токоприемника следует выделить признаки, параметры которых могут внезапно измениться во время работы на линии, а также те, параметры которых медленно изменяются во времени и контролируются на осмотрах и ремонтах в депо.

В первую группу входят признаки:

- наличие зарезов на рабочей поверхности контактной вставки;
- пространственное положение токоприемника.



Рис. 4. Классификация и причины отказов в контактной сети

Ко второй группе относятся следующие параметры:

- характеристика статического нажатия токоприемника;
- поперечная жесткость токоприемника;
- толщина контактной вставки полоза токоприемника;
- поперечный люфт.

К числу наиболее эффективных методов автоматической диагностики относится дистанционный контроль параметров токоприемников, проходящих через контрольный пункт [12]. Такой подход позволяет контролировать состояние всех токоприемников, поступающих на линию. Дистанционный способ диагностики не требует остановки подвижного состава и проводится без участия обслуживающего персонала.

Для технической реализации систем дистанционной диагностики основных геометрических параметров токоприемников могут применяться системы компьютерного зрения, а для измерения статического нажатия возможно применение электромеханических датчиков, размещаемых на контактной сети в зоне контрольного пункта.

Большая работа в области диагностики токоприемников проводилась Харьковским национальным университетом городского хозяйства имени А. Н. Бекетова (ХНУГХ им. А. Н. Бекетова) [13]. Предложенное устройство для автоматического контроля нажатия токоприемника на контактный провод содержит рычажно-пружинный механизм. При прохождении токоприемника под измерительным ползцом происходит перемещение последнего вверх воздействуя через рычажную систему на рабочую пружину. Величина перемещения измерительного ползца пропорциональна силе нажатия токоприемника на его контактный провод и регулируется в устройстве изменением натяжения рабочей пружины.

Системы диагностики токоприемников, основанные на принципе анализа визуальных данных, позволяют получать информацию о состоянии узла без механического

взаимодействия с ним. Примером может выступать система автоматического мониторинга, предназначенная для регистрации изображения приближающегося токоприемника при помощи цифрового фотоаппарата. На основании полученных снимков происходит определение исправности контактных вставок ползьев токоприемника. Основные сложности при реализации таких систем:

- реализация алгоритмов распознавания изображений токоприемников и обнаружение дефектов в автоматическом режиме без участия оператора;
- высокие требования к скорости и точности фотофиксации;
- ограничения работы в темное время суток.

С помощью фронтальной камеры определяются геометрическое положение и форма токоприемника, путем сравнения фото с шаблонными изображениями.

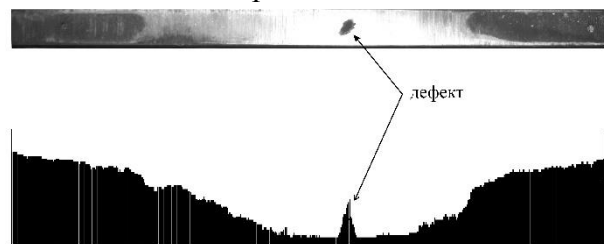


Рис. 5. Определение состояния контактных вставок ползца токоприемника

Вертикальная камера позволяет получить фото поверхности контактной вставки, получив из которого гистограмму уровней яркости по длине ползца система позволяет определить наличие подгаров, сколов, их количество и размер (рис. 5).

Основными преимуществами данной системы является бесконтактный способ измерения, отсутствие человеческого фактора, а также непрерывный контроль технического состояния токоприемников.

Выводы

Проанализированы разные виды неисправностей токоприемников электропо-

движного состава и контактной сети. Установлено, что из всех узлов локомотива около 20 % отказов приходится на токоприемник.

Выполнена классификация дефектов токоприемника, его полоза и контактных вставок. Определены признаки для проведения аппаратурной диагностики токоприемников.

Проанализированы методы и способы автоматической диагностики технического состояния токоприемников. Перспективным направлением в развитии систем автоматической диагностики состояния токоприемников следует признать системы, не смотря на ряд трудностей, основанные на принципе анализа визуальных данных, позволяющие получать информацию о состоянии узла без механического взаимодействия с ним.

Библиографический список

1. Устименко, Д. В. Сучасний стан проблеми струмознімання на електрифікованих залізницях [текст] / Д. В. Устименко // Електрифікація транспорту. – 2016. – №12.
2. Сидоров О. А. Исследование и прогнозирование износа контактных пар систем токосъема с жестким токопроводом: Монография [Текст] / О. А. Сидоров, С. А. Ступаков. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2012. – 174 с.
3. Паранин А. В. Экспериментальное исследование работы электрического контакта «контактный провод – токосъемная пластина» в статическом положении / А. В. Паранин, Н. А. Акиншин, А. Б. Батрашов / Транспорт Урала. – Екатеринбург, 2013. Вип. 4(39) – С. 93-96.
4. Калугин М.В. Диагностика электромеханических систем транспортного комплекса / М. В. Калугин, В. В. Бирюков, под общ. Редакцией В. В. Бирюкова. – Новосибирск: Изд. НГТУ, 2014. – 92с.
5. Пархоменко П.П. Основы технической диагностики / П.П. Пархоменко, Е.С. Согомоян. – М.: Энергия, 1981. – 320 с.
6. Карибский В. В. Основы технической диагностики / В.В. Карибский, П.П. Пархоменко, Е.С. Согомоян, В.Ф. Халчев; под ред. П.П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1976. – 464 с.
7. Рекомендации по техническим требованиям к конструкции токоприемников электрического тягового подвижного состава. Р650 [Текст]: Организация сотрудничества железных дорог (ОСЖД). Варшава, Польша, 2014. – 12 с.
8. Муха А. М. Контактні вставки полозів струмоприймачів електрорухомого складу з покращеними показниками [Текст]/ А. М. Муха, Д. В. Устименко, О. Ю. Балійчук, О. Я. Куриленко, І. В. Малишко, Ю. О. Адамович // Залізничний транспорт України. – 2018. – № 2. – С. 33–39.
9. ГОСТ 32680 Токосъемные элементы контактные токоприемников электроподвижного состава. Общие технические условия.
10. Емельянова М. Н. Повышение качества токосъема за счёт выбора рационального натяжения проводов контактной подвески [Текст]: дис. канд. техн. наук: спец. 05.22.07. – Москва, 2015. – 105 с.
11. Смирнов В. А. Повышение качества контроля технического состояния токоприемников электрического подвижного состава магистральных железных дорог [Текст]: дис. канд. техн. наук: спец. 05.22.07 РГБ ОД, 61:07-5/2075. – Омск, 2007. – 127 с.
12. Смердин А. Н. Автоматизированная система диагностики состояния токоприемников электроподвижного состава на основе видеоизмерительного комплекса. [Текст] / А. Н. Смердин, А. С. Голубков, С. Н. Найден // Известия Транссиба: Транспортная энергетика. – 2012. – № 2(10). – С.103 – 109.
13. Далека В.Ф. Устройство автоматического контроля нажатия токоприёмников электроподвижного состава на контактный провод / В.Ф. Далека, П.Г. Кофман, А.В. Федотов Наука и техника в город. хоз-ве: сб. трудов / НИКТИ ГХ. – Киев, 1982. – Вып. 51. – С. 67–70.

Ключові слова: ковзний контакт, струмоприймач, контактний провід, контактна вставка пантографа, діагностика.

Ключевые слова: скользящий контакт, токоприемник, контактный провод, контактная вставка пантографа, диагностика.

Keywords: sliding contact, current collector, contact wire, pantograph contact insert, diagnostics.

Рецензенти:

проф., д.т.н., А. Б. Бойнік,
проф., д.т.н., А. М. Муха.

Поступила в редколлегию 15.10.2019.
Принята к печати 29.10.2019.