

УДК 621.331.3

Е. Н. РЕЙХ, В. Г. СЫЧЕНКО, Е. Д. КИМ (ДНУЖТ)

Кафедра Электроснабжение железных дорог, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел.: (056) 793-19-11, эл. почта: elsnz@mail.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Введение

Одной из важных проблем обеспечения стабильной работы системы электроснабжения железных дорог является обеспечение надежной изоляции контактной сети в условиях многолетней эксплуатации и разнообразных атмосферно-климатических влияний. Не принимая во внимание тот факт, что каждый отдельно взятый изолятор является достаточно надежным элементом, тем не менее большое количество их в хозяйстве железной дороги (больше 1,6 млн. шт.), жесткие условия эксплуатации и многолетний срок службы неизбежно ведут к отказам. Около 9% повреждений контактной сети происходит из-за отказов изоляторов. Как показывает анализ работы хозяйства электроснабжения и электрификации [1], около 70% всех повреждений приходится на изоляторы устаревших типов, усредненный срок эксплуатации которых больше 30 лет. Картина динамики повреждений изоляторов контактной сети на протяжении последних восьми лет приведена на рис. 1.

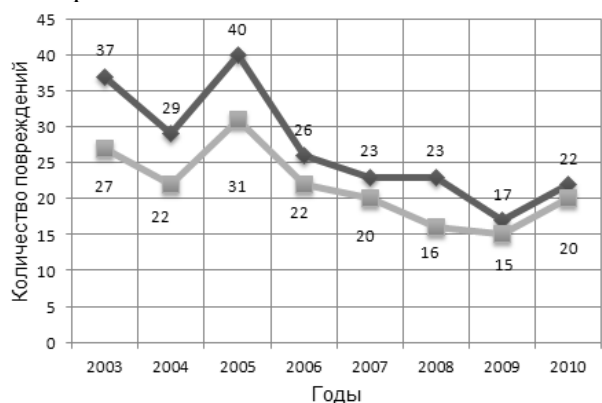


Рис. 1. Количество повреждений изоляторов на железных дорогах Украины в период 2003-2010 гг.

Хотя число отказов не очень велико, по сравнению с общим числом изоляторов, большая часть этих отказов случается по вине работников хозяйства электроснабжения. Анализируя причины выхода из строя изолятора, отметим главные из них:

- пробой, перекрытия;

- снижение качества тарельчатых фарфоровых изоляторов;
- несвоевременное выявление и замена дефектных изоляторов;
- несоблюдение требований нормативных документов при транспортировании, разгрузке и хранении;
- установка изоляторов в эксплуатацию без предварительных электрических испытаний;
- старение полимерных изоляторов;
- неудовлетворительные условия работы изоляторов.

Самыми распространенными дефектами фарфоровых изоляторов являются нарушения глазури, коррозия металлической арматуры, снижение изоляционных свойств, сколы и трещины в фарфоре. Для полимерных изоляторов свойственны нарушения целостности адгезионного шва между силиконовыми ребрами и несущим стержнем, появление и развитие частичных разрядов внутри и каналах ветвистых структур, образование трещин на внешней поверхности защитной оболочки.

Несмотря на все усилия, которые осуществляет хозяйство электроснабжения по диагностике изоляторов, процент выявления дефектных изоляторов довольно низкий (рис.2). Хотя реальное количество дефектных изоляторов на самом деле может быть намного большим.



Рис. 2. Результаты дефектировки изоляторов за результатами диагностирования 2005-2010 гг.

Такое состояние обусловлено низким уровнем укомплектованности районов контактной сети средствами диагностирования, в частности

© Рейх Е. Н., Сыченко В. Г., Ким Е. Д., 2012

измерительными штангами: на 227 ЕЧК приходится 127 штанг, из которых 42 находятся в исправном состоянии [1]. Использование существующей методики диагностирования изоляторов нельзя назвать эффективным, поскольку она почти не несет полезной информации о состоянии объектов и есть весьма трудоемкой и затратной.

Конечно, наилучшим способом обеспечения необходимого уровня надежности изоляторов после продолжительной эксплуатации есть замена их новыми. Тем не менее, с анализа динамики замены изоляторов на протяжении 2005-2010 гг. (рис.3) следует, что такое мероприятие не решает проблему полностью.

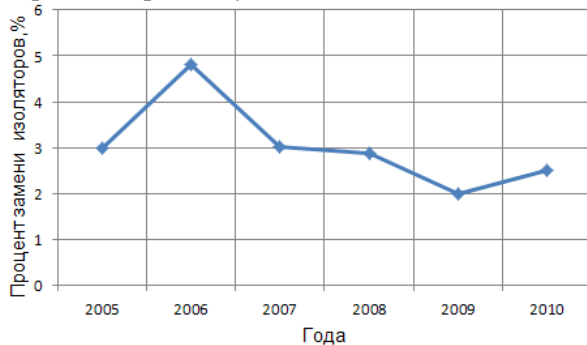


Рис. 3. Процент замены устаревших изоляторов

Снижения числа повреждений изоляторов можно достичь путем усовершенствования уровня эксплуатации, проводя более качественное техническое обслуживание и ремонт, или путем осуществления контроля по техническому состоянию изоляторов в условиях эксплуатации [2].

Для реализации этих задач необходимо усовершенствовать систему диагностирования изоляторов с использованием разнообразных методов контроля. Рассмотрим основные методы неразрушающего контроля и средства измерительной техники (СИТ), которые могут применяться для оценки состояния изоляторов контактной сети.

Методы и средства диагностики изоляторов контактной сети, регламентированные нормативными документами

Согласно документу [3] основным диагностическим методом является контактный, который, в основном, предусматривает определение распределения напряжения измерительными штангами вдоль гирлянды изоляторов, а также определение сопротивления пробитых изоляторов. Как показывает опыт эксплуатации, существующая система диагностирования изоляторов имеет множество недостатков:

- низкая информативность визуальных проверок и осмотров из-за невозможности выявления большинства причин отказов;
- недостаточность профилактических мероприятий по предупреждению и предотвращению постороннего человеческого вмешательства в работу устройств контактной сети, которая проявляется в виде вандализма;
- необходимость повышенной осторожности и внимательности со стороны обслуживающего персонала при использовании измерительных приборов;
- низкий уровень автоматизации и механизации.

Анализ особенностей регламентированного метода указывает на актуальность и экономическую целесообразность усовершенствования системы диагностирования.

Неразрушающие методы контроля состояния изоляторов

Для определения местонахождения дефектов изоляционных конструкций широко используются косвенные методы, которые основаны на регистрации электромагнитного излучения от изоляторов. Спектр регистрируемого излучения охватывает диапазон от ультрафиолетовой зоны (длина волн 180...400 нм) к зоне радиоволн (длина волн $5 \cdot 10^5$... $10 \cdot 10^{10}$ м). Анализ литературных источников свидетельствует о широком распространении приборов, регистрирующих собственное электромагнитное излучение изолирующих конструкций в диапазоне длин волн от 0,2 мкм до 14 мкм. На практике есть случаи использования и акустических приборов, которые работают в ультразвуковом диапазоне. Рассмотрим более подробно особенности применения этих методов относительно определения технического состояния изоляторов контактной сети.

Акустический метод контроля

Суть акустического метода состоит в обнаружении акустических сигналов, генерируемых каналами высокой проводимости, в ультразвуковом диапазоне частот.

Применительно к контролю изоляции этот способ имеет свои преимущества и недостатки в сравнении с другими методами. Среди преимуществ – возможность дистанционной оценки состояния изоляторов, находящихся под рабочим напряжением, а также возможность работы в любое время суток [4,5]. Главным техническим средством акустического метода есть ультразвуковой дефектоскоп УД-8. Приборы такой модификации имеются и в службах электроснабжения железных дорог, однако они

редко применяются на практике из-за серьезных недостатков: невысокая чувствительность, широкая диаграмма направленности, низкая помехоустойчивость, пропуск дефектных изоляторов при работе с борта вагона-лаборатории. В работе [6] приведены результаты проверки пригодности приборов путем сравнительной дефектировки 20 гирлянд из 4-х подвесных изоляторов дефектоскопом УД-8 и измерительными штангами. Как оказалось, измерительными штангами было обнаружено 16 «нулевых» изоляторов, в то время ультразвуковым прибором – ни одного.

Учитывая вышеприведенные рассуждения можно сделать вывод о том, что ультразвуковой детектор разрядов УД-8 нельзя использовать в качестве основного диагностического средства вместо измерительной штанги; прибор можно использовать как дополнительное средство диагностики состояния изоляторов контактной сети.

Тепловой метод контроля

Определение технического состояния изоляторов можно осуществлять с помощью инфракрасной (ИК) термографии. В качестве диагностического параметра используется температурное поле объектов и связанный с ним процесс лучевого теплообмена между поверхностью объекта, окружающей средой и техническим средством диагностики путем улавливания, измерения и анализа ИК излучения, которое несет информацию о конфигурации и количественных параметрах данного температурного поля. Однако, используемые технические средства (тепловизоры и пирометры) определяют температуру только очень тонкого пласта поверхности объекта.

Внутренние дефекты и тепловые явления могут быть выявлены лишь тогда, когда они создают изменения температуры, достаточные для их регистрации [7].

Изоляционная конструкция, которая выполнена в виде гирлянды подвесных изоляторов, может состоять из исправных изоляторов (группа 1), чисто нулевых (группа 2) и изоляторов, в которых изменяются диэлектрические свойства (группа 3). Нулевые изоляторы, которые появились в гирлянде, приобретают температуру окружающей среды, а на других изоляторах температура повышается. Следует отметить, что разность температуры для исправного и дефектного изоляторов в гирлянде может находиться в пределах $0,3 \dots 0,5$ °С и больше в зависимости от количества и места размещения в ней дефектных изоляторов. Значения темпе-

ратуры изоляторов группы 3 может колебаться в широких пределах, это зависит от значений $\tan \delta$, токов утечки, механических повреждений фарфора и состояния цементной армировки (увлажнения армировки, ее пористости) [8].

Опыт диагностики подвесных изоляторов по тепловому излучению показал следующие особенности: обнаружение дефектных изоляторов (группа 3) с помощью тепловизора маловероятно; измерение температуры желательнее проводить у шапок изоляторов в облачную погоду; ИК-контроль позволяет оценить общее состояние гирлянды изоляторов при наличии в ней нескольких дефектных; при проверке состояния изоляторов тепловизорами с нижним спектральным диапазоном 2 мкм может фиксироваться свечение короны в видимом спектре, которое можно ошибочно принять за нагрев.

Сложность интерпретации результатов ИК диагностики усугубляется повышенной чувствительностью к условиям окружающей среды: сильным ветрам и нагреванию от излучения солнца [9].

Существует также проблема неоднозначности анализа состояния полимерных изоляторов по их температуре. В работе [10] утверждается, что тепловизионный контроль может выявлять нарушение адгезионного слоя вдоль границы изоляционного стержня и силиконовой оболочки. Проникновение влаги в нарушенный шов приведет к возникновению в этом месте тока утечки и его локальному нагреву. Но результаты исследований [11] доказывают, что значение энергии электрического поля, соответствующее критическому для внутренней прочности изолятора, на несколько порядков меньше, чем потребуется на прогрев защитной оболочки, чтобы можно было обнаружить на расстоянии теплооптическим прибором. Авторы работы [12] сообщают об опытах с ИК термографией, по оценке методов, используемых для обнаружения внутренних дефектов полимерных изоляторов. При изучении изоляторов с искусственными дефектами ИК термография обнаружила короткие провода, расположенные близко к изолятору, изолятор с сожженным сердечником и изолятор с реальным дефектом. Но в конце делается заключение, что влияние солнечного излучения и низкого теплового нагрева некоторых дефектов – основные неудобства данного метода.

При деградации изолирующей конструкции изменяется ее сопротивление, что, в свою очередь, приводит к изменению ее тепловыделения и, соответственно, температуры. Однако, как известно, температура элемента в конструкции

неоднозначно характеризует его состояние, поскольку значения температур исправного и дефектного элементов могут совпадать. Попытки однозначно связать значения сопротивлений изоляторов в гирлянде с их температурами имеют общий характер и выглядят довольно неубедительно, что ограничивает применение ИК диагностики для изоляторов контактной сети [13].

Анализируя современные тенденции развития тепловизионного контроля изоляторов, можно отметить главные проблемы, которые возникают в процессе его использования [14]:

- недостаточность развития диагностических моделей на основании анализа физико-химических процессов старения, которые позволили бы понять и спрогнозировать поведение объектов;

- несовершенная система тепловизионного контроля, в рамках которого диагностирование проходит эпизодически, без накопления и анализа данных, не создаются технологии отбора и статистической обработки данных тепловых измерений, которые позволяют решить проблему прогноза диагноза.

Оптический метод контроля

Суть этого метода заключается в наблюдении или регистрации оптического излучения, которое взаимодействует с объектом контроля. При наличии определенных дефектов на изоляторе и при определенной величине напряженности электрического поля возможно возникновение коронных и поверхностных частичных разрядов, которые сопровождаются ультрафиолетовым (УФ) излучением.

В работе [15] отмечается, что для электрооборудования отсутствие коронных или поверхностных частичных разрядов является необходимым, а в некоторых случаях и достаточным показателем нормального функционирования. Данное утверждение можно отнести и к изоляторам контактной сети. Поэтому сам факт возникновения таких разрядов (или увеличение их интенсивности) можно использовать для выявления пробитых и дефектных изоляторов. Основным преимуществом данного метода есть высочайшая пространственно-временная способность регистрации частичных разрядов. Диагностирование изоляторов УФ способом осуществляется с помощью специальных СИТ. Рассмотрим более подробно те, которые имели или имеют место при диагностировании изоляторов.

Электронно-оптический дефектоскоп «Филин»

Этот прибор позволяет обнаружить существующие дефекты по оптическому излучению разрядов преобразуя ультрафиолетовое излучение от разрядных процессов в видимые совместно с изображением объекта контроля. Максимум спектра излучения всех электрических разрядов лежит в области УФ-диапазона в пределах от 280 до 400 нм по шкале электромагнитных волн. Чувствительность прибора разрешает обнаруживать с 5-7 метров элементарный разряд в 1пКл. Дефектоскоп обнаруживает пробитые фарфоровые изоляторы в гирлянде, нарушение цементной закладки и поверхностные микротрещины фарфора, определяет степень загрязнения изоляторов.

Дефектоскоп состоит из кварцевого длиннофокусного объектива с соответствующим полосовым фильтром, высокочувствительного электронно-оптического преобразователя, регулируемого (48-54 Гц) стробирующего устройства, аккумуляторного питания, источника опорного оптического сигнала для измерения амплитуды излучения, цифровой камеры с адаптером для присоединения к дефектоскопу, а также оборудованный другими дополнительными принадлежностями [2, 16, 17]. Практика использования данного прибора для диагностирования изоляторов выявила множество недостатков, определяющих его достаточно ограниченное применение. К ним относятся, прежде всего, низкая чувствительность и помехозащищенность, недостаточно наглядная информация, возможность работы только в темное время суток, отсутствие возможности работать на базе вагона-лаборатории контактной сети (ВИКС).

Двухспектральная камера DayCorr

За рубежом широко известно использование в качестве УФ дефектоскопа двухспектральной камеры израильской фирмы OFIL, которая разрешает обнаруживать частичные разряды на фарфоровых изоляторах, загрязнение гирлянд изоляторов, корону, разбитые изоляторы и т.п. С ее помощью можно осуществлять периодический мониторинг фарфоровых и полимерных изоляторов с расстояния до 150 м.

Технические и эксплуатационные характеристики УФ камеры довольно чувствительны к излучениям короны при дневном свете. Возможность работы с камерой как на вышке ВИКС, так и в автономном режиме путем пешего обхода контактной сети является одним из главных преимуществ.

Высокая эффективность использования камеры DayCorr в автономном режиме пешего обхода и обследования изоляции КМ, ЛЭП вызвали потребность широкого оснащения сред-

ствами УФ-диагностики не только работников ВИКС, ЦЭ и ДЭЛ, но и персонала ЕЭ [18,19].

Наглядность интерпретации результатов измерений, однозначность и оперативность локализации дефектов УФ метода значительно превосходят другие [20].

Использование системы диагностики на базе двухспектральных камер типа DayCorll позволяет снизить число перекрытий изоляторов, сократить трудовые, финансовые ресурсы и время на обслуживание и ремонт изоляции электрифицированных линий.

Однако, опыт эксплуатации свидетельствует о том, что при использовании камеры с борта ВИКС достоверность оценки технического состояния изоляторов, еще не достаточно высока. Данное обстоятельство обусловлено причинами как объективного, так и субъективного характера [21].

Прибор CoroSAM (ЮАР)

CoroSAM – это система, позволяющая инспектировать высоковольтные изоляторы на коронные разряды, причем в реальном времени и в реальных условиях. Данный прибор портативный, высоко автоматизированный и простой в использовании. Переносный прибор может использоваться как ночью, так и днем. Он создает видеоизображение короны, что разрешает непосредственно наблюдать и записывать ее на месте. В приборе используются два полосовых фильтра (различной полосы пропускания), которые обнаруживают корону в разных условиях. Параметры прибора для упрощения и удобства могут задаваться через интерфейс дисплея прибора [21].

Главное отличие CoroSAM от камеры DayCorll заключается в повышении чувствительности примерно в 3 раза в условиях ночного режима, увеличенных углах поля зрения, автономности цифровой записи информации с оптических и аудио каналов. Данные преимущества позволяют полагать, что достоверность диагностики может быть увеличена в 1,5-2 раза, что особенно важно при выявлении зарождающихся дефектов. Более расширенные функции, эргономичность, использование новейшей элементной базы и современных технологий изготовления CoroSAM позволяют более качественно и точнее определить техническое состояние изоляции по сравнению с DayCorll. Оценка вероятности безотказной работы камеры DayCorll составляет около 80 %, камер типа CoroSAM – примерно 97 % [22].

Несмотря на достаточно высокие показатели надежности и эффективности УФ метода, для большинства изоляторов применяемых в гир-

ляндах контактной сети, напряжение возникновения поверхностных ЧР – 13-17 кВ при относительной влажности воздуха 90 % [23]. На контактной сети наличие одного или даже двух «нулевых» изоляторов не всегда приводит к возникновению разрядов в сухую погоду.

В заключение можно указать, что каждый из методов обладает ограниченной способностью обнаруживать дефекты изоляторы, особенно это характерно для начальной стадии их зарождения. Высокая стоимость современных технических средств диагностики ограничивает их массовое применение на железных дорогах Украины. Поэтому разработка отечественного дефектоскопа для изоляции контактной сети является весьма актуальной задачей.

Выводы

1. Существующую систему диагностирования изоляторов контактной сети нельзя назвать эффективной, целесообразной, что видно из проведенного анализа статистики повреждений. Наибольшая часть отказов происходит по вине работников хозяйства электроснабжения в связи с несвоевременным выявлением дефектов изоляторов.

2. СИТ для выполнения диагностирования, которые регламентируются нормативными документами, практически не используются из-за низкой эффективности.

3. Анализ литературных источников показал, что применение технических средств и методов неразрушающего дистанционного контроля изоляторов разрешает значительно качественнее выполнять диагностирование изоляторов.

4. Для улучшения использования среднего ресурса изоляторов контактной сети целесообразным является дальнейшее усовершенствование диагностики по УФ-методу. Данный метод разрешает обнаруживать дефекты изоляторов на стадии их зарождения и имеет больше предпочтений в сравнении с другими. Основной помехой для использования его на железной дороге есть весьма высокая стоимость зарубежных измерительных приборов. Поэтому главным направлением решения данной проблемы есть создание отечественного УФ дефектоскопа, который был бы простым в эксплуатации и приспособленным для использования в вагон-лаборатории контактной сети.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ работы хозяйства электрификации и электроснабжение в 2010 гг./Мінтрансв'язку України. - К., 2010. - 189 с.
2. Савельев В.А. Анализ методов и средств диагностирования опорно-стержневых изоляторов на напряжение свыше 1000 В/ Методы со средства оценки состояния энергетического оборудования. Выпуск №24: «Современные методы и технические средства оценки состояния опорно-стержневых, подвесны и аппаратных изоляционных конструкций». Под ред А.И. Таджибаева. - СПб: ПЭИПК, 2004, с.142-154.
3. Правила устройства и технического обслуживания контактной сети электрифицированных железных дорог. №ЦЕ-0023: Затв.: Приказ Мінтрансв'язку України 2008 г.
4. Кудрятилаев А.С. Методы и устройства контроля изоляции высокого напряжения. - Ташкент: ФАН - 1988. -212с.
5. A.J Phillips and R.Melaia "Ultrasonic emission from non-ceramic insulators with defects", 11th International Symposium on High Voltage Engineering, London, UK, 22-27 August. - 199.-P.131-134.
6. Ю. В. Богданов, В.Г. Рогацкий К вопросу дефектировки изоляторов в контактной сети / Вестник ВНИИЖТ, 2003, №3.
7. Диагностирование электрооборудования 0,4-750 кВ средствами инфракрасной техники. - К.: «КВИЦ», 2007. -374 с.
8. С.А. Бажанов Тепловизионный контроль электрооборудования в эксплуатации (Часть 2) - М.: НТФ «Энергопрогресс», 2005. - с 120-122.
9. Gigre Working Group 22.03 (convener C.de Tourreil). Composite insulators handling guide // Electra. – 2001.- No.195. – P. 50-53.
10. Прогнозирование надежности контактов Электрооборудования (ЭО) с применением тепловизионной диагностики /Власов А.Б., Джюра А.В.// Энергетик. - 2002. - №11.
11. Ким Ен Дар Исследование электрического поля полимерных изоляторов с внутренним электрическим дефектом// Электрификация железнодорожного транспорта ТРАНСЭЛЕКТРО-2007: тез. докл. I Междунар. науч.-практич. конф. –Д.:ДИИТ, 2007. – С.36-40.
12. E. Spangtner and G.Riquel. In service daignostic of composite insulators EDF's test results // 10th International Symposium on High Voltage Engineering, Montreal, Quebec, Canada, 25-29 August. – 1997. – P. 139-142.
13. Зарипов Д.К. Метод дистанционной диагностики изолирующей конструкции высокого напряжения // Проблемы Энергетики. – 2006, №3-4. – С. 56-60.
14. Милованов, С.В. Новые возможности инфракрасного и ультрафиолетового контроля электро-

REFERENCES

1. Analiz raboty hozjajstva elektrifikacii i jektrosnabzhenie v 2010 gg [Analysis of work of economy of electrification and power supply in 2010]. Kiev, 2010, p. 189.
2. Savel'ev V.A. Analiz metodov i sredstv diagnostirovaniya oporno-sterzhnevyyh izoljatorov na naprjazhenie svyshe 1000 V [Analysis of methods and facilities of diagnosing of the supporting rod insulators on tension over 1000 V]. Metody so sredstva ocenki sostojanija jenergeticheskogo oborudovanija. Vypusk №24: «Sovremennye metody i tehničeskie sredstva ocenki sostojanija oporno-sterzhnevyyh, podvesny i apparatnyh izoljacionnyh konstrukcij» [Methods from the mean of estimation of the state of power equipment. Producing №of 24: is the "Modern methods and technical facilities of estimation of the state of supporting rod, subspring and vehicle isolating constructions".]. PJeIPK Publ., 2004, pp.142-154.
3. Pravila ustrojstva i tehnychnogo obsluzhivania kontaktnoj seti jelektrificirovannyh zheleznyh dorog [Rules of arrangement and technical maintenance of pin network of the electrified railways.], 2008.
4. Kudrjatilae A.S. Metody i ustrojstva kontrolja izoljacji vysokogo naprjazhenija [Methods and devices of controls isolation of high tension.]. Tashkent, FAN Publ., 1988, p. 212.
5. A.J Phillips and R.Melaia "Ultrasonic emission from non-ceramic insulators with defects", 11th International Symposium on High Voltage Engineering, London, UK, 22-27 August. - 199.-P.131-134.
6. U. V. Bogdanov, V.G. Rogackij K voprosu defektirovki izoljatorov v kontaktnoj sety [To the question of defecturs insulators in pin sets]. Vestnik VNIIZhT [Bulletin of VNIIZhT], 2003, no.3.
7. Diagnostirovanie jelektrrooborudovanija 0,4-750 kV sredstvami infrakasnoj tehniki [Diagnosing of electrical equipment by 0,4-750 kV facilities of infrared technique]. Kiev, «KVIC» Publ., 2007, p. 374.
8. S.A. Bazhanov Teplovizionnyj kontrol' jektrrooborudovanija v jekspluatacii (Chast' 2) [Thermal control of electrical equipment in exploitation (Part 2)]. Moscow, NTF «Jenergoprogress» Publ., 2005, pp. 120-122.
9. Gigre Working Group 22.03 (convener C.de Tourreil). Composite insulators handling guide // Electra. – 2001.- No.195. – P. 50-53.
10. Vlasov A.B., Dzhura A.V. Prognozirovanie nadezhnosti kontaktov Jelektrrooborudovanija s primeneniem teplovizionnoj diagnostiki [Prognostication of of reliability of contacts of electrical Equipment with the use of thermal diagnostics]. Energetik - Power engineering specialist, 2002, no. 11.
11. Kim En Dar Issledovanie jelektricheskogo polja polimernyyh izoljatorov s vnutrennim jelektricheskim defektom [Research of electric-field of polymeric insulators with an internal electric defect.]. Jelektrifikacija zheleznodorozhnogo transporta TРАNSJELEKTRO-2007: tez. dokl. I Mezhdunar. nauch.-praktich. Konf [Proc. Of the 1st Int. Scientific and Practical Conf. "Electrification of railway transport of Ukraine" TРАNSJELEKTRO-2007]. Dnipropetrovsk, 2007, pp.36-40.
12. E. Spangtner and G.Riquel. In service daignostic of composite insulators EDF's test results // 10th International Symposium on High Voltage Engineering, Montreal, Quebec, Canada, 25-29 August. – 1997. – P. 139-142.

энергетического оборудования [Текст] / С.В. Милованов. – Энергетик. – 2005. – №2. – С.32-36.

15. M. Kuhl.FRP rods for fracture resistant composite insulators// IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. - 2001.-Vol.8, №2.

16. Овсянников А.Г. Электронно-оптический контроль состояния внешней изоляции [Текст]/ А.Г. Овсянников, Р.С. Арбузов, В.М. Толчин// Сб. докл. VII Симпозиума «Электротехника 2010», 27-29 мая, 2003, том III Московская область. - 2003. - с. 182-185.

17. Арбузов Р.С., Овсянников А.Г. Оценка степени загрязнения изоляции ЛЭП с применением ЭОД «Филин-6»// Линии электропередач 2008: проектирование, строительство, опыт эксплуатации и научно-технический прогресс :третья рус. с международ. участ. практич. конф.- Новосибирск. - 2008. - с.229-232.

18. Ю.И. Плотников, Д.А. Скороходов, В.П. Герасимов, Ю.М. Федоришин, В.Ф. Грачев Перспективы создания компьютеризованной системы диагностирования контактной сети по ультрафиолетовому излучению // Железные дороги мира. – 2004. – №7.

19. Ю.И. Плотников, Ю.М. Федоришин, С.В. Демидов Ультрафиолетовая диагностика изоляции контактной сети: модернизация мобильной системы // Железные дороги мира. - 2009.-№5 - с.53-60.

20. Хазанов, В.В. Мобильная система диагностики изоляторов контактной сети по ультрафиолетовому излучению [Текст] / В.В. Хазанов, А.В. Мизинцев, Ю.И. Плотников, Ю.М. Федоришин, В.Ф. Грачев, С.В. Демидов. – Железные дороги мира. – 2006. – №9. – С.54-63.

21. Ф.Д. Железнов, Ю.И. Плотников, В.А. Акулов, С.В. Демидов, С.В. Милованов Повышение достоверности ультрафиолетовой диагностики изоляции контактной сети // Железные дороги мира. - 2011.- №4. - с.62-68.

22. Железнов Ф.Д. Методы и средства ультрафиолетовой диагностики изоляции контактной сети. Часть 3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.corocam.su/static/uf-diagnostika>

23. Вдовико В.П., Овсянников А.Г., Поспелов А.И. Диагностика электрической изоляции высоковольтного оборудования под рабочим напряжением // Энергетик. – 1995. – №10, С. 16-18.

Поступила в печать 01.12.2012.

Ключевые слова: контактная сеть, изолятор, состояние, диагностирование, дефект, фарфор, полимер.

13. Zaripov D.K. Mktod distancionnoj diagnostiki izolirujushhej konstrukcii vysokogo naprjazhenija [Method of the controlled from distance diagnostics of insulating construction of high tension]. Problemy Energetiki – Problem of Energy, 2006, no. 3-4, pp. 56-60.

14. Milovanov, S.V. Novye vozmozhnosti infrakrasnogo i ul'traioletovogo kontrolja elektroenergeticheskogo oborudovaniya [New infra-red and ultraviolet checking of electroenergy equipment.]. Energetik – Power engineering specialist, 2005, no. 2, pp.32-36.

15. M. Kuhl.FRP rods for fracture resistant composite insulators// IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. - 2001.-Vol.8, №2.

16. Ovsjannikov A.G., Arbuzov R.S., Tolchin V.M. Jelektronno-opticheskij kontrol' sostojanija vneshej izoljacji [Electronic optical control of the state of external isolation]. Moscow, 2003, pp. 182-185.

17. Arbuzov R.S., Ovsjannikov A.G. Ocenka stepeni zagrjaznenija izoljacji LJeP s primeneniem JeOD «Filin-6» [Estimation of degree of contamination of isolation LEP with the use of EOD "Filin-6"]. Linii jelektropredach 2008: proektirovanie, stroitel'stvo, opyt jekspluatcii i nauchno-tehnicheskij progress :tret'ja rus. s mezhdunarod. uchasť. praktich. konf [Lines electricity transmissions of 2008: planning, building, experience of exploitation and scientific and technical progress of : 3rd rus. with international part Practical Conf.]. Novosibirsk, 2008, pp.229-232.

18. U.I. Plotnikov, D.A. Skorohodov, V.P. Gerasimov, Fedorishin U.M., Grachev V.F. Perspektivy sozdaniya komp'uterizovannoj sistemy diagnostirovaniya kontaktnoj sety po ul'traioletovomu izlucheniju [Prospects of creation of the computer-assisted system of diagnosticating pin sets on an ultraviolet]. Zheleznye dorogi mira - Railways of the world, 2004, no. 7.

19. Plotnikov U.I., Fedorishin Ju.M., Demidov S.V. Ul'traioletovaja diagnostika izoljacji kontaktnoj sety: modernizacija mobil'noj sistemy [Ultraviolet diagnostics of isolation pin sets: modernisation of the mobile system]. Zheleznye dorogi mira - Railways of the world, 2009, no. 5, pp.53-60.

20. Hazanov V.V., Mizincev A.V., Plotnikov Ju.I., Fedorishin Ju.M., Grachev V.F., Demidov S.V. Mobil'naja sistema diagnostiki izoljatorov kontaktnoj sety po ul'traioletovomu izlucheniju [Mobile system of diagnostics of insulators of pin network on an ultraviolet]. Zheleznye dorogi mira – Railways of the world, 2006, no. 9, pp.54-63.

21. Zheleznov F.D., Plotnikov Ju.I., Akulov V.A., Demidov S.V., Milovanov S.V. Povyshenie dostovernosti ul'traioletovoj diagnostiki izoljacji kontaktnoj sety [Increase of authenticity of ultraviolet diagnostics of isolation catenary]. Zheleznye dorogi mira - Railways of the world, 2011, no. 4, pp.62-68.

22. Zheleznov F.D. Metody i sredstva ul'traioletovoj diagnostiki izoljacji kontaktnoj seti. Chast' 3. [Elektronnyj resurs] [Methods and facilities of ultraviolet diagnostics of isolation of pin network. Part 3. [Electronic resource]]. Rezhim dostupa: <http://www.corocam.su/static/uf-diagnostika>.

23. Vdoviko V.P., Ovsjannikov A.G., Pospelov A.I. Diagnostika jelektricheskoi izoljacji vysokovol'tnogo oborudvanija pod rabochim naprjazheniem [Diagnostics of electric isolation of high - voltage equipment of under working tension]. Energetik – Power engineering specialist, 1995, no. 10, pp.16-18.

Статью рекомендовано к печати д.т.н., профессором Г. К. Гетьманом

© Рейх Е. Н., Сыченко В. Г., Ким Е. Д., 2012

Для обеспечения стабильной работы системы электроснабжения железных дорог необходима надежная изоляция контактной сети в условиях многолетней эксплуатации и разнообразных атмосферно-климатических влияний. Несмотря на то, что число отказов не очень велико по сравнению с общим числом изоляторов на железной дороге, но большая часть этих отказов случается по вине работников хозяйства электроснабжения. Среди причин отказов необходимо выделить главные из них: пробои, перекрытия; снижение качества тарельчатых фарфоровых изоляторов; несвоевременное выявление и замена дефектных изоляторов; несоблюдение требований нормативных документов при транспортировании, разгрузке и хранении; установка изоляторов без предыдущих электрических испытаний; старение полимерных изоляторов; неудовлетворительные условия работы изоляторов.

Самыми распространенными дефектами фарфоровых изоляторов являются нарушения глазури, коррозия металлической арматуры, снижение изоляционных свойств, сколы и трещины в фарфоре. Для полимерных изоляторов свойственны нарушения целостности адгезионного шва между силиконовыми ребрами и несущим стержнем, появление и развитие частичных разрядов внутри и каналах ветвистых структур, образование трещин на внешней поверхности защитной оболочки.

Существующая система диагностирования изоляторов имеет множество недостатков: низкая информативность визуальных проверок и осмотров из-за невозможности выявления большинства причин отказов; недостаточность профилактических мероприятий по предупреждению и предотвращению постороннего человеческого влияния в работу устройств контактной сети, которая проявляется в виде вандализма; необходимость повышенной осторожности и внимательности со стороны обслуживающего персонала при использовании измерительных приборов; низкий уровень автоматизации и механизации. Именно поэтому являются обоснованными актуальность и экономически целесообразным усовершенствование системы диагностирования. В статье проведен анализ существующих на сегодняшний день методов неразрушающего контроля состояния изоляции и рассмотрены особенности их применения в контактных сетях электрического транспорта.

Отмечено, что каждый из этих методов обладает ограниченной способностью обнаруживать дефекты изоляторов, особенно на начальной стадии их зарождения. Измерительные средства для выполнения диагностирования, которые регламентируются нормативными документами, практически почти не используются из-за низкой эффективности.

Высокая стоимость современных технических средств диагностики ограничивает их массовое применение на железных дорогах Украины. Анализ литературных источников показывает, что применение технических средств и методологии неразрушающего дистанционного контроля изоляторов разрешает значительно качественнее выполнять диагностирование изоляторов.

Для улучшения использования среднего ресурса изоляторов контактной сети целесообразно дальнейшее усовершенствование диагностики по УФ методу. Основной помехой для использования его на железной дороге есть весьма высокая стоимость зарубежных измерительных приборов. Поэтому главной задачей решения данной проблемы есть создание отечественного УФ дефектоскопа, который был бы простым в эксплуатации и приспособленным для использования в вагон-лаборатории контактной сети.

УДК 621.331.3

О. М. РЕЙХ, В. Г. СИЧЕНКО, Є. Д. КИМ (ДНУЗТ)

Кафедра Електропостачання залізниць, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел.: 056-793-19-11, ел. пошта: elsnz@mail.ru

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ІЗОЛЯТОРІВ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

Для забезпечення стабільної роботи системи електропостачання залізниць необхідна надійна ізоляція контактною мережі в умовах багаторічної експлуатації та різноманітних атмосферно-кліматичних впливів. Не дивлячись на те, що число відмов не дуже велике в порівнянні із загальним числом ізоляторів на залізниці, але більша частина цих відмов трапляється з вини працівників господарства електропостачання. Серед причин відмов необхідно виділити головні з них: пробої, перекриття; зниження якості тарільчастих фарфорових ізоляторів; несвоєчасне виявлення та заміна дефектних ізоляторів; недотримання вимог нормативних документів при транспортуванні, розвантаженні та зберіганні; установка ізоляторів без попередніх електричних випробувань; старіння полімерних ізоляторів; незадовільні умови роботи ізоляторів.

Найпоширенішими дефектами фарфорових ізоляторів є порушення глазури, корозія металеві арматури, зниження ізоляційних властивостей, сколи та тріщини в порцеляні. Для полімерних ізоляторів властиві порушення цілісності адгезійного шва між силиконовими ребрами і несучим стрижнем, поява і розвиток часткових розрядів всередині і каналах гіллястих структур, утворення трісків на зовнішній поверхні захисної оболонки.

Існуюча система діагностування ізоляторів має безліч недоліків: низька інформативність візуальних перевірок і оглядів через неможливість виявлення більшості причин відмов; недостатність профілактичних заходів з попередження і запобігання стороннього людського впливу в роботу пристроїв контактною мережі, яка проявляється у вигляді вандалізму; необхідність підвищеної обережності й уважності з боку обслуговуючого персоналу при використанні вимірювальних приладів; низький рівень автоматизації та механізації. Саме тому є обґрунтованими актуальність і економічно доцільним удосконалення системи діагностування. У статті проведено аналіз існуючих на сьогоднішній день методів неруйнівного контролю стану ізоляції та розглянуто особливості їх застосування в контактних мережах електричного транспорту.

Відзначено, що кожен з цих методів має обмеженою здатністю виявляти дефекти ізоляторів, особливо на початковій стадії їх зародження. Вимірювальні засоби для виконання діагностування, які регламентуються нормативними документами, практично майже не використовуються через низьку ефективність.

Висока вартість сучасних технічних засобів діагностики обмежує їх масове застосування на залізницях України. Аналіз літературних джерел показує, що застосування технічних засобів і методології неруйнівного дистанційного контролю ізоляторів дозволяє значно якісніше виконувати діагностування ізоляторів.

Для поліпшення використання середнього ресурсу ізоляторів контактної мережі доцільно подальше удосконалення діагностики по УФ методу. Основною перешкодою для використання його на залізниці є вельми висока вартість закордонних вимірювальних приладів. Тому головним завданням вирішення даної проблеми є створення вітчизняного УФ дефектоскопа, який був би простим в експлуатації і пристосованим для використання у вагон-лабораторії контактної мережі.

Ключові слова: контактна мережа, ізолятор, стан, діагностування, дефект, фарфор, полімер.

Статтю рекомендовано до друку д.т.н, професором *Г. К. Гетьманом*

UDC 621.331.3

E. N. REIH, V. G. SICHENKO, E. D. KIM (DNURT)

Department of Power supply of Railways, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryan Street, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel.: 056-793-19-11, e-mail: elsnz@mail.ru

ANALYSIS METHODS OF DIAGNOSIS AND ASSESSMENT OF INSULATORS CONTACT SYSTEMS

To ensure stable operation of the power supply system of railways need a reliable isolation of the contact network in many years of service and a variety of atmospheric and climatic influences. Despite the fact that the number of failures is not very large compared to the total number of insulators on the railroad, but most of these failures occur due to the fault of workers power supply facilities. Among the reasons for failure to identify the main ones: breakdowns, floor, lowering the quality of Belleville porcelain insulator untimely identification and replacement of defective insulators, failure to meet regulations for transportation, unloading and storage, installation of electrical insulators without previous testing; aging of polymeric insulators, poor conditions of insulators.

The most common defect porcelain insulators are violations of the glaze, the corrosion of steel reinforcement, reducing the insulating properties, chips and cracks in the porcelain. For polymeric insulators characterized Break adhesive bond between silicone ribs and backbone carrier, the emergence and development of partial discharges inside and canals branching structures, the formation of tracks on the outside of the containment.

The current system of diagnosing insulators has many disadvantages: low in-formative visual inspections and examinations due to the inability to identify the majority of causes of failures, lack of preventive measures to prevent and prevent NIJ outside of human influence in the work of the contact network devices, which manifests itself in the form of vandalism, the need for increased care and attention from the servicing personnel-is alive when using measuring devices, a low level of automation and mechanization. It is therefore a reasonable and economically relevant it is expedient to improve the system diagnosis. The analysis of currently existing methods for non-destructive testing of insulation and consider the singularity of their application in the contact networks of electric transport.

It is noted that each of these methods has limited ability to detect defects in insulators, especially at the beginning of their origin. Measuring equipment for diagnosis, which are regulated by normative documents practically are not used due to the low efficiency.

The high cost of modern technology diagnostic limits their widespread use of the railways of Ukraine. Analysis of the literature shows that the use of means and methods of nondestructive remote control allows the isolators to perform a qualitative diagnosis of isolators.

To improve the use of average resource catenary insulators useful for further improvement of diagnostic UV method. Major obstacle to its use on the railway is a very high cost of foreign instruments. Therefore, the main task of solving this problem is the creation of the domestic UV flaw that would be easy to use and adapted for use in a laboratory car-contact system.

Keywords: contact network, insulator, state, diagnosis, defect, porcelain, polymer.

Prof. *G. K. Getman*, D. Sc. (Tech.) recommended this article to be published.