

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2021)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/CTNS7211>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>к.т.н., доцент (Россия)</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD, доцент</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/CXLU2622>

***Н. А. Терещенко¹, В. Ю. Мирошник²,
М. А. Холмов³, К. И. Никитин⁴, Б. Н. Коврижин⁵**

^{1,2,3,4,5}Омский государственный технический университет,
Российская Федерация, г. Омск

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ШТЫРЬЕВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

В статье описаны причины выхода из строя изоляторов высокого напряжения и влияние такого вида повреждений на системы передачи электрической энергии высокого напряжения. Рассмотрены все известные на сегодняшний день методы выявления неисправности изоляторов высокого напряжения. Проведено сравнение методов между собой, выявлены наиболее оптимальные из них. В статье предложены схема и устройство, на которое получен патент на изобретение, позволяющее диагностировать повреждающийся изолятор, находящийся под рабочим напряжением воздушной линии электропередачи (ВЛЭП), за счет измерения тока утечки. Изготовлен опытный образец устройства диагностирования изоляторов высокого напряжения. Проведены эксперименты с изготовленным устройством диагностирования изоляторов высокого напряжения. В ходе экспериментов была доказана работоспособность экспериментального образца и его пригодность к внедрению. Ток утечки, снимаемый с конструкции шунта предложенного устройства диагностирования изоляторов высокого напряжения, преобразуется в цифровой сигнал для обработки, передачи и дальнейшей обработки на диспетчерском пункте подстанции. Предложенные схема и устройство диагностирования изоляторов высокого напряжения позволяют не только вести контроль тока утечки изолятора, но и отслеживать величину сопротивления изоляции.

Ключевые слова: ток утечки, штырьевой изолятор, светодиод, переменное напряжение, диагностика.

Введение

Одной из важнейших задач повышения надежности энергосистемы является разработка способов и средств диагностики изоляторов под рабочим напряжением. В системах передачи электроэнергии высокого напряжения изоляторы являются незаменимым оборудованием. Причин выхода из строя изоляторов достаточно много: механические разрушения, сколы, воздействие окружающей среды (загрязнение, трещины и т. д.), длительное воздействие электрического поля и пр. Вероятность электрического отказа не превышает 0,001 [1–4], поэтому на ВЛЭП – 10 кВ длиной 10 км содержащей около 150...200 опор и соответственно 450...600 изоляторов, можно с большой уверенностью ожидать повреждение одного из изоляторов в течение двух лет. Если учесть длины всех ЛЭП энергосистемы для разных уровней напряжения, то получаются довольно внушительные цифры, как по количеству изоляторов, так и по частоте их выхода из строя. Для выявления их дефектов производят периодический осмотр, который является важной процедурой технического обслуживания.

Для эффективности диагностики и безопасности жизни людей большинство научных разработок, исследований и патентов направлены на создание устройств для выявления неисправных изоляторов, что является актуальным в настоящее время [5–7].

Известны различные методы выявления неисправных изоляторов [8–11].

1) Визуальный осмотр является основным методом диагностики выявления дефектных изоляторов. С помощью данного способа легко могут быть обнаружены коррозия, брызги краски на изоляторах и другие формы тяжелого загрязнения. Этот способ легкий и не затратный, но некоторые дефекты не видно даже с близкого расстояния, и тогда применяют разную технику. Однако недостатком такого способа является обход всех электроустановок с изоляторами с затратой большого рабочего времени.

2) Измерения тока утечки. Метод основан по принципу, что при старении и загрязнении, сопротивление изолятора уменьшается, из-за чего увеличивается ток утечки. Характеристиками тока утечки являются величина тока, содержание гармоник, частота повторения импульсов. По ним определяют характер и серьезность ухудшения изоляции. Недостаток данного метода в том, что техника не обнаруживает трещины и пустоты [12].

3) Измерение сопротивления изоляции. Рабочие изоляторы обладают высоким сопротивлением (порядка несколько десятков...сотен тераом), что позволяет использовать при диагностике тераомметры. Если при наблюдении изолятор имеет низкое сопротивление, то он считается дефектным. Полученные показания могут обладать высокой погрешностью, т. к. сопротивление измерения изолятора зависят от атмосферных условий,

чаще всего от загрязнения и влажности. Недостатком такого метода является проведение измерения при отключенном напряжении.

4) Картирование электрического поля включает в себя измерение распределения электрического поля на поверхности изолятора или вдоль ряда изоляторов. Затем полученное изображение сравнивают с картиной, отражающей бездефектные условия. Недостатком такого метода является, как и в первом – обход всех электроустановок с изоляторами.

5) Съёмка в инфракрасном спектре. Увеличение тока утечки в изоляторе проявляется повышенным выделением тепла в соответствии с законом Джоуля–Ленца. В результате увеличенное выделение тепла можно наблюдать с помощью инфракрасного сканирования. Это видится с помощью тепловизоров и пирометров, которые идентифицируют и определяют зону дефекта. Нормальные изоляторы приобретают температуру окружающей среды, их называют нулевыми, остальные разделяют на исправные и дефектные. Разница температур между исправным и поврежденным изоляторами составляет от 0,3–0,5 °С и более. Недостаток такого способа – измерения могут быть неточные, т.к. чувствительность техники зависит от времени года, погоды и освещения, которые могут быть весьма динамичным [13].

6) Существует система контроля [14] с использованием мобильного робота, который движется по линии электропередачи. Он имеет три микрофона, с помощью которых улавливает звуковой сигнал, чтобы определить положение неисправных изоляторов. Микрофоны расположены в одну линию с фиксированным интервалом, которые получают частичный звук дуги в разное время. Частичные разряды короны вырабатывают шумовые звуковые сигналы. Поскольку между микрофонами существует интервал, то звуковой сигнал поступает на каждый микрофон с определенной разницей по времени. С помощью этой разницы времени прибытия звукового сигнала распознают расстояние и ориентацию неисправного изолятора. Абсолютные координаты неисправного устройства могут быть определены по относительным координатам устройства мобильного робота. Микрофонные решетки позволяют фильтровать шумы от ветра, пения птиц. Недостаток способа заключается в обработке отраженного сигнала, который ухудшает достоверность данных. Но использование мобильного робота, который может выполнять систему контроля в реальное время, позволяет уменьшить затраты энергокомпаний и обезопасить работу бригад.

7) Оптический ультрафиолетовый контроль. Суть способа заключается в обнаружении излучения в спектральной зоне ультрафиолетового света (УФ), которое возникает при короне и поверхностном частичном разряде (ПЧР). Длина электромагнитной волны составляет от 280 нм до 400 нм. Выпускается

электронно–оптический дефектоскоп «Филин–6», способный определять степень загрязнения изоляторов, наличие микротрещин, характеристики и зависимость от напряжения ПЧР и коронных разрядов. Также известны зарубежные аналоги: двухспектральная солнечно–слепая система DayCor SUPERB OD|XD, которую выпускает израильская фирма OPHIL; Coro–Cam (ЮАР) [15–17]. Однако такой метод позволяет определить поверхностные разряды при перенапряжениях и с помощью него невозможно выявить утечку тока только по поверхности изолятора.

8) Испытание повышенным напряжением. Способ заключается в подаче высокого потенциала через изолятор. При наличии дефекта, изолятор пробивается. Это единственный метод, который имеет 100 % эффективность в выявлении всех дефектных изоляторов, в том числе тех, которые выдержали нормальное рабочее напряжение. Испытательные устройства высокого напряжения могут быть конденсаторными. Конструкции разряда обеспечивают однонаправленное или затухающее синусоидальное испытательное напряжение. Напряжение пробоя на поверхности изолятора определяет верхний предел испытательного напряжения. Недостатком такого способа является трудоемкость – раздельное испытание каждого изолятора с его демонтажем или его отключением от сети, путем снятия проводника.

9) Определение разности в падении напряжении на изоляторах. Суть способа заключается в том, что потенциал через неисправные изоляторы будет отличаться от здоровых из них. Но осуществлять такое измерение под напряжением довольно опасно и тоже трудоемко.

10) Определение дефектов ультразвуком. Ультразвуковая диагностика заключается в обнаружении импульсного эха, либо акустической эмиссии. Акустические волны распространяются в материале через молекулярное взаимодействие и, следовательно, любой дефект, такой как трещины и пустоты в материале приводят к характерным изменениям: ослабление сигнала, скорости и направления волны. Электрические разряды в дефектах изолятора создают акустические волны, которые могут быть обнаружены датчиками, передающими информацию о природе дефектов [18, 19]. Преимущества заключаются в том, что в любое время под рабочим напряжением возможно дистанционно снимать показания. Но метод используют как дополнительный [20].

Материалы и методы

Устройство и принцип работы диагностического устройства. Диагностическое устройство устанавливается на заземленной траверсе и снимает падение напряжения с шунта [21]. В нормальном режиме, когда изолятор исправен и обладает высоким сопротивлением, ток утечки небольшой, в пределах нормы. Этот ток протекает от провода или шины

ЛЭП через изолятор и шунт к заземленной траверсе. На шунте возникает падение напряжения в соответствии с законом Ома, которое поступает на диагностическое устройство. Так как ток утечки мал, диагностическое устройство не передает оператору сигнал. В режиме повреждения изолятора его сопротивление снижается. Ток утечки увеличивается и достигает критической величины, а пропорционально ему увеличивается падение напряжения на шунте, которое контролируется диагностическим устройством. Так как напряжение на шунте будет соответствовать аварийному значению, то оно будет зафиксировано диагностическим устройством, устройство срабатывает и посылает сигнал оператору. Это означает, что на воздушной линии электропередачи диагностируется недопустимо высокая утечка напряжения, изолятор поврежден и требует замены.

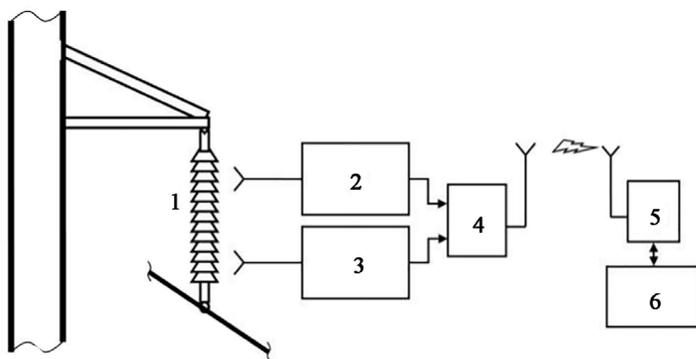


Рисунок 1 – Блок-схема измерительного устройства:

1 – изолятор высокого напряжения; 2 – приемник электромагнитных сигналов; 3 – приемник акустических сигналов; 4 – аналого-цифровой преобразователь с модулем WNP; 5 – модуль WNP с USB интерфейсом; 6 – персональный компьютер

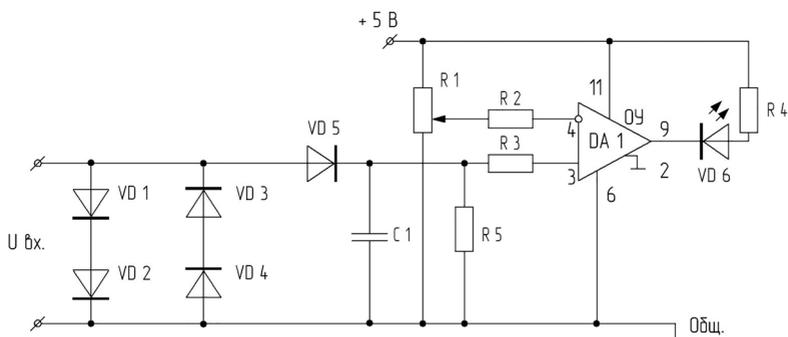


Рисунок 2 – Схема предлагаемого диагностического устройства

Авторы предлагают схему диагностического устройства (рис. 2), на вход которой с шунта подается сигнал на диодный мост (VD1-VD4), необходимый для защиты устройства; выпрямительный диод VD5 и конденсатор C1 для сглаживания однополупериодного сигнала. Далее выпрямленный сигнал U_{BX} поступает на неинвертирующий вход компаратора DA1 через резистор R3. На инвертирующий вход компаратора DA1 через резистор R2 подается сигнал с делителя напряжения резистора R1, который формирует опорный сигнал $U_{оп}$ уставки срабатывания. При превышении $U_{BX} > U_{оп}$ компаратор DA1 срабатывает и через токоограничивающий резистор R4 на светодиод VD6 подается напряжение, он светится. Питание устройства в экспериментальном образце идет от батареи 5 В.

Экспериментальные исследования. Представленная схема (рис. 2) была экспериментально проверена в лаборатории. Для проведения эксперимента был использован источник переменного напряжения АИД-70М, штырьевой изолятор ШФ-10Г, высокоомный шунт $R=17,9$ кОм, диагностическое устройство, вольтметр и провода с электрическими зажимами (рис. 3).



Рисунок 3 – Экспериментальная установка:
1 – установка АИД–70М, 2 – изолятор ШФ–10Г, 3 – высокоомный шунт,
4 – диагностическое устройство, 5 – вольтметр



Рисунок 4 – Рабочее состояние диагностического устройства
при поврежденном изоляторе

С помощью установки АИД–70М подавалось переменное напряжение от 0 до 10 кВ. Изолятор ШФ–10Г, подключенный последовательно с АИД–70М, заранее был дефектным и был подключен последовательно с шунтом. Вольтметр показывал входное переменное напряжение, которое

поступало на диагностическое устройство. В момент подачи напряжения 10 кВ на установку АИД-70М, вольтметр зафиксировал напряжение $U_V=0,2$ В и диагностическое устройство сработало, загорелся светодиод (Рис. 4).

Расчет протекающего тока утечки через дефектный изолятор при сработавшем ДУ (1):

$$I_{\text{утак}} = \frac{U_V}{R} = \frac{0,2}{17900} = 1,117 \cdot 10^{-5} \text{ А.} \quad (1)$$

Результаты и обсуждение

В процессе проведения эксперимента, на входе ДУ зафиксировано напряжение тока утечки повреждённого изолятора. Таким образом, показана работоспособность экспериментального образца и его пригодность к внедрению.

Выводы

В работе произведен обзор существующих диагностических устройств, используемых для диагностики и мониторинга изоляторов ВЛЭП и выявлены их недостатки. Авторами предложена схема диагностического устройства, описан её принцип действия и проведены эксперименты с опытным образцом.

Представленное в статье диагностическое устройство ведет контроль тока утечки изолятора и, соответственно, за величиной сопротивления изоляции.

С помощью проведённого эксперимента показана работоспособность предложенного принципа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Овсянников, А., Тарасов, А., Яншин, Э.** Тарельчатые изоляторы на воздушных линиях // *Новости электротехники*. – 2010. – № 6 (66). [Электронный ресурс]. – URL: <http://news.elteh.ru/arh/2010/66/09.php> (Дата обращения: 14.04.2021).

2 ГОСТ 6490-2017. Изоляторы линейные подвесные тарельчатые. Общие технические условия (ИУС 3-2018). Введ. 2018–09–01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 31 с.

3 **Новиков, В. П., Скобейдо, А. И.** Исследование механической прочности подвесных изоляторов из закаленного стекла в зависимости от длительности воздействия нагрузки // *Известия НИИПТ*. – 1970. – № 16. – С. 263–266.

4 **Скобейдо, А. И., Тюрин, Э. А.** Оценки показателей надежности и изменения механической прочности изоляторов из закаленного стекла по опыту их эксплуатации // *Изоляция воздушных линий электропередачи 110–1150 кВ: сб. науч. тр. НИИПТ*. – Ленинград : Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1989. – С. 22–28.

5 **Балобанов, Р. Н., Зарипов, Д. К., Насибуллин, Р. А. и др.** Устройство оптической индикации дефекта высоковольтной изолирующей конструкции // Известия высших учебных заведений. – Проблемы энергетики. – 2017. – Т. 19. – №. 3–4. – С. 119–125.

6 **Ivanov, D. A., Golenishchev-Kutuzov, A. V., Yaroslavsky, D. A. et al.** Portable complex for remote control of high-voltage insulators using wireless data collection and transmission module // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13. – № 6. – P. 2358–2362.

7 **Несенюк, Т. А.** Непрерывная диагностика опорно-штыревых изоляторов на воздушных линиях 6–10 кВ // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 5 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nepreryvnaya-diagnostika-oporno-shtyrevykh-izolyatorov-na-vozdushnyh-liniyah-6-10-kv> (Дата обращения: 01.04.2021).

8 **Yaowen, L.** Analysis of the detection method of insulators deterioration based on optical electric field sensors // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 714. – № 4. – 042047. – DOI:10.1088/1755-1315/714/4/042047.

9 **Liu, X., Miao, X., Jiang, H. [et al.].** Box-Point Detector : A Diagnosis Method for Insulator Faults in Power Lines Using Aerial Images and Convolutional Neural Networks // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2021. – DOI:10.1109/TPWRD.2020.3048935.

10 **Rahman, E. U. et al.** Autonomous Vision-Based Primary Distribution Systems Porcelain Insulators Inspection Using UAVs // Sensors. – 2021. – Vol. 21 (3). – 974. – DOI: 10.3390/s21030974.

11 **Tan, J.** Automatic Insulator Detection for Power Line Using Aerial Images Powered by Convolutional Neural Networks // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1748 (4). – 042012. – DOI:10.1088/1742-6596/1748/4/042012.

12 **Плешков, П. Г., Котыш, А. И.** Диагностика состояния опорных изоляторов 10–35 кВ по их токам утечки. 2006. [Электронный ресурс]. – URL: <http://pnpbolid.com/wp-content/uploads/2019/10/iv-conference-2006-07.pdf> (Дата обращения: 01.04.2021).

13 **Wu, Y. et al.** Application of Image Processing Techniques in Infrared Detection of Faulty Insulators // Chinese Conference on Pattern Recognition. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. – P. 189–198.

14 **Ha, H., Han, S., Lee, J.** Fault detection on transmission lines using a microphone array and an infrared thermal imaging camera // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2011. – Vol. 61. – Issue 1. – P. 267–275. – DOI: 10.1109/TIM.2011.2159322.

15 Электронно–оптический дефектоскоп «ФИЛИН–6». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ndtural.ru/razdel.html?gc=4&ci=57&ir=8390> (Дата обращения: 14.04.2021).

16 Range of products / Ofil. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ofilsystems.com/products/index.html> (Дата обращения: 14.04.2021).

17 Ультрафиолетовая камера (дефектоскоп) COROCAM 8. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.corocam-uv.ru/cam_10.html (Дата обращения: 14.04.2021).

18 **Nyamupangedengu, C., Luhlanga, L. P., Letlape, T.** Acoustic and HF detection of defects on porcelain pin insulators // 2007 IEEE Power Engineering Society Conference and Exposition in Africa–PowerAfrica. – 2007. – P. 1–5. – DOI:10.1109/PESAfr.2007.4498111.

19 **Samaitis, V. et al.** Detection and Localization of Partial Discharge in Connectors of Air Power Lines by Means of Ultrasonic Measurements and Artificial Intelligence Models // Sensors. – 2021. – Vol. 21 (1). – 20. – DOI: 10.3390/s21010020.

20 **Рейх, Е. Н., Сыченко, В. Г., Ким, Е. Д.** Анализ методов и средств диагностирования для оценки состояния изоляторов контактной сети // Электрификация транспорта. – 2012. – № 4. – С. 54–60.

21 Пат. 201395 Российская Федерация, МПК Н 01 С 3/00, G 01 R 19/00. Конструкция шунта для диагностики подвесных изоляторов воздушной линии электропередач / Терещенко Н. А., Мирошник В. Ю., Поляков Д. А., Никитин К. И. № 2020134446; заявл. 21.10.2020; опубл. 14.12.2020., Бюл. № 35.

REFERENCES

1 **Ovsyannikov, A., Tarasov, A., YAnshin, E.** Tarel’chatye izolyatory na vozdushnyh liniyah [Disk insulators on overhead lines] // *Novosti elektrotehniki*. 2010. № 6 (66) [Electronic resource]. – URL: <http://news.elteh.ru/arh/2010/66/09.php> (Access date 14.04.2021).

2 GOST 6490-2017. Izolyatory linejnye podvesnye tarel’chatye. Obshchie tekhnicheskie usloviya (IUS 3-2018). [Insulators linear suspended plate-shaped. General specifications] Vved. 2018–09–01. Moscow : Standartinform, 2018. – 31 p.

3 **Novikov, V. P., Skobejdo, A. I.** Issledovanie mekhanicheskoy prochnosti podvesnyh izolyatorov iz zakalennogo stekla v zavisimosti ot dlitel’nosti vozdejstviya nagruzki [Investigation of the mechanical strength of tempered glass suspension insulators depending on the duration of the load] // *Izvestiya NIPT*. – 1970. – № 16. – P. 263–266.

4 **Skobejdo, A. I., Tyurin, E. A.** Ocenki pokazatelej nadezhnosti i izmeneniya mekhanicheskoy prochnosti izolyatorov iz zakalennogo stekla po opyту ih

eksploatatsii [Estimates of reliability indicators and changes in the mechanical strength of tempered glass insulators based on their operating experience] // Izolyatsiya vozdushnyh liniy elektroperedachi 110–1150 kV : sb. nauch. tr. NIPT. – Leningrad : Energoatomizdat, Leningradskoe otdeleniye, 1989. – P. 22–28.

5 **Balobanov, R. N., Zaripov, D. K., Nasibullin, R. A. [i dr.].** Ustrojstvo opticheskoy indikatsii defekta vysokovol'tnoj izoliruyushchej konstrukcii [Device for optical indication of a defect in a high-voltage insulating structure] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Problemy energetiki. – 2017. – T. 19. – №. 3–4. – P. 119–125.

6 **Ivanov, D. A., Golenishchev-Kutuzov, A. V., Yaroslavsky, D. A. [et al.].** Portable complex for remote control of high-voltage insulators using wireless data collection and transmission module // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13. – № 6. – P. 2358–2362.

7 **Nesenyuk, T. A.** Nepreryvnaya diagnostika oporno-shtyrevykh izolyatorov na vozdushnyh liniyah 6–10 kV [Continuous diagnostics of post-pin insulators on overhead lines 6–10 kV] // Energobezопасnost' i energosberezheniye. – 2013. – № 5. [Electronic resource]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nepreryvnaya-diagnostika-oporno-shtyrevykh-izolyatorov-na-vozdushnyh-liniyah-6-10-kv> (Access date 01.04.2021).

8 **Yaowen, L.** Analysis of the detection method of insulators deterioration based on optical electric field sensors // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 714. – № 4. – 042047. – DOI:10.1088/1755-1315/714/4/042047.

9 **Liu, X., Miao, X., Jiang, H. [et al.].** Box-Point Detector: A Diagnosis Method for Insulator Faults in Power Lines Using Aerial Images and Convolutional Neural Networks // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2021. – DOI:10.1109/TPWRD.2020.3048935.

10 **Rahman, E. U. [et al.].** Autonomous Vision-Based Primary Distribution Systems Porcelain Insulators Inspection Using UAVs // Sensors. – 2021. – Vol. 21 (3). – 974. – DOI: 10.3390/s21030974.

11 **Tan, J.** Automatic Insulator Detection for Power Line Using Aerial Images Powered by Convolutional Neural Networks // Journal of Physics : Conference Series. – 2021. – Vol. 1748 (4). – 042012. – DOI:10.1088/1742-6596/1748/4/042012.

12 **Pleshkov, P. G., Kotysh, A. I.** Diagnostika sostoyaniya opornykh izolyatorov 10–35 kV po ih tokam utechki [Diagnostics of the condition of 10–35 kV support insulators by their leakage currents]. – 2006. [Electronic resource]. – URL: <http://pnpbolid.com/wp-content/uploads/2019/10/iv-conference-2006-07.pdf> (Access date 01.04.2021).

13 **Wu, Y. et al.** Application of Image Processing Techniques in Infrared Detection of Faulty Insulators // Chinese Conference on Pattern Recognition. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. – P. 189–198.

14 **Ha, H., Han, S., Lee, J.** Fault detection on transmission lines using a microphone array and an infrared thermal imaging camera // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2011. – Vol. 61. – Issue 1. – P. 267–275. – DOI: 10.1109/TIM.2011.2159322.

15 Elektronno–opticheskij defektoskop «FILIN–6». [Electron-optical flaw detector «FILIN–6»] [Electronic resource]. – URL: <http://www.ndtural.ru/razdel.html?gc=4&ci=57&ir=8390> (Access date 14.04.2021).

16 Range of products / Ofil. [Electronic resource]. – URL: <http://www.ofilsystems.com/products/index.html> (Access date 14.04.2021).

17 Ul'traioletovaya kamera (defektoskop) COROCAM 8 [Ultraviolet camera (flaw detector) COROCAM 8]. [Electronic resource]. – URL: http://www.corocam-uv.ru/cam_10.html (Access date 14.04.2021).

18 **Nyamupangedengu, C., Luhlanga, L. P., Letlape, T.** Acoustic and HF detection of defects on porcelain pin insulators // 2007 IEEE Power Engineering Society Conference and Exposition in Africa–PowerAfrica. – 2007. – P. 1–5. – DOI:10.1109/PESAfr.2007.4498111.

19 **Samaitis, V. et al.** Detection and Localization of Partial Discharge in Connectors of Air Power Lines by Means of Ultrasonic Measurements and Artificial Intelligence Models // Sensors. – 2021. – Vol. 21 (1). – 20. – DOI: 10.3390/s21010020.

20 **Rejh, E. N., Sychenko, V. G., Kim, E. D.** Analiz metodov i sredstv diagnostirovaniya dlya ocenki sostoyaniya izolyatorov kontaktnoj seti [Analysis of methods and diagnostic tools for assessing the state of contact network insulators] // Elektrifikatsiya transporta. – 2012. – № 4. – P. 54–60.

21 Pat. 201395 Rossijskaya Federatsiya, MPK H 01 C 3/00, G 01 R 19/00. Konstruktsiya shunta dlya diagnostiki podvesnyh izolyatorov vozduшной linii elektroperedach [Shunt design for diagnosing suspension insulators of overhead power lines] / Tereshchenko N. A., Miroshnik V. Yu., Polyakov D. A., Nikitin K. I. № 2020134446; zayavl. 21.10.2020; opubl. 14.12.2020., Byul. № 35.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

**Н. А. Терещенко*¹, *В. Ю. Мирошник*², *М. А. Холмов*³,
*К. И. Никитин*⁴, *Б. Н. Коврижин*⁵

^{1,2,3,4,5}Омбы мемлекеттік техникалық университеті,

Ресей Федерациясы, Омбы қ.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

ІСТІК ОҚШАУЛАҒЫШТАРДЫҢ ДИАГНОСТИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫСЫ

Мақалада жоғары кернеулі оқшаулағыштардың істен шығу себептері және зақымданудың бұл түрінің жоғары кернеулі электр энергиясын беру жүйелеріне әсері сипатталған. Бүгінгі таңда жоғары кернеулі оқшаулағыштардың ақауларын анықтаудың барлық белгілі әдістері қарастырылған. Әдістерді бір-бірімен салыстыру жүргізілді, олардың ең оңтайлы түрлері анықталды. Мақалада ағып кету тогын өлшеу арқылы электр беру әуе желісінің (ЭБЖ) жұмыс кернеуіндегі зақымдалған оқшаулағышты диагностикалауға мүмкіндік беретін өнертабысқа патент алынған схема мен құрылғы ұсынылған. Жоғары кернеулі оқшаулағыштарды диагностикалау құрылғысының прототипі жасалды. Жоғары кернеулі оқшаулағыштарды диагностикалаудың дайындалған құрылғысымен эксперименттер жүргізілді. Эксперименттер барысында эксперименттік үлгінің жұмыс қабілеттілігі және оның енгізуге жарамдылығы дәлелденді. Ұсынылған жоғары кернеулі оқшаулағыштарды диагностикалау құрылғысының шунт конструкциясынан алынатын ағып кету тогы қосалқы станцияның диспетчерлік пунктінде оңдеу, беру және одан әрі оңдеу үшін цифрлық сигналға айналады. Ұсынылған жоғары кернеулі оқшаулағыштарды диагностикалау схемасы мен құрылғысы оқшаулағыштың ағып кету тогын бақылауға ғана емес, оқшаулау кедергісінің мөлшерін бақылауға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: ағып кету тогы, істікшелі оқшаулағыш, жарық диоды, ауыспалы кернеу, диагностика.

**N. A. Tereshchenko¹, V. Yu. Miroshnik², M. A. Kholmov,³*

K. I. Nikitin⁴, B. N. Kovrizhin⁵

^{1,2,3,4,5}Omsk State Technical University,

Russian Federation, Omsk.

Material received on 28.11.21.

DIAGNOSTIC DEVICE FOR PIN INSULATORS

The article describes the causes of failure of high voltage insulators and the impact of this type of damage on high voltage electrical energy transmission systems. All currently known methods for detecting a malfunction of high voltage insulators are considered. The methods were compared with each other, the most optimal of them were identified. The article proposes a

circuit and a device for which a patent for an invention has been received, which allows diagnosing a damaged insulator under the operating voltage of an overhead power transmission line (OHTL) by measuring the leakage current. A prototype device for diagnosing high voltage insulators was made. Experiments were carried out with the manufactured device for diagnosing high voltage insulators. During the experiments, the performance of the experimental sample and its suitability for implementation was proved. The leakage current taken from the shunt structure of the proposed device for diagnosing high voltage insulators is converted into a digital signal for processing, transmission and further processing at the control room of the substation. The proposed scheme and device for diagnosing high-voltage insulators allow not only to control the leakage current of the insulator, but also to monitor the value of the insulation resistance.

Keywords: leakage current, pin insulator, LED, alternating voltage, diagnostics.

Теруге 28.11.2021 ж. жіберілді. Басуға 14.12.2021 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
9,02 Мб RAM
Шартты баспа табағы 8,40. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: З. С. Исакова
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 3867

Сдано в набор 28.11.2021 г. Подписано в печать 14.12.2021 г.
Электронное издание
9,02 Мб RAM
Усл. печ. л. 8,40. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: З. С. Исакова
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 3867

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
«Торайғыров университет» КЕ АҚ
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университет» КЕ АҚ
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
8 (7182) 67-36-69
E-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik-energy.tou.edu.kz