



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ



Ректор

Абдуллазянов Э.Ю.

31 января 2022

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

Диссертация «Метод и система мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов» выполнена на кафедре «Промышленная электроника».

В период подготовки диссертации Галиева Татьяна Геннадьевна обучалась в аспирантуре в ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» на кафедре «Промышленная электроника» и работала в научно-исследовательской лаборатории «Мониторинг технического состояния и повышение надежности объектов электроэнергетики» и ассистентом на кафедре «Теоретические основы электротехники» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

В 2016 году Галиева Татьяна Геннадьевна окончила магистратуру ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» по направлению подготовки «Электроника и наноэлектроника», присвоена квалификация магистр.

В 2022 г. окончила аспирантуру ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» по направлению подготовки 12.06.01 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии».

Научный руководитель – Иванов Дмитрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленная электроника», старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Мониторинг технического состояния и повышение надежности объектов электроэнергетики» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

По итогам обсуждения диссертации «Метод и система мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов» принято следующее заключение.

1. Актуальность

В настоящее время в электроэнергетике диагностику технического состояния высоковольтных изоляторов (ВИ), как наиболее уязвимых элементов изоляции, проводят посредством осмотра и применения различных мобильных переносимых диагностических устройств (тепловизоров, ультрафиолетовых дефектоскопов, приборов, основанных на ультразвуковых и электромагнитных приемниках). Протяженность одного участка ЛЭП может составлять десятки километров, и осмотр с помощью таких приборов занимает длительное время. Облет воздушных ЛЭП с помощью вертолетов, квадрокоптеров или других летательных аппаратов возможен при периодических осмотрах только в дневное время при хороших погодных условиях.

Вероятность выявления дефектов и загрязнения изоляции при плановом периодическом контроле существенно зависит от погоды во время проведения измерений, так как частичные разряды (ЧР) наибольшей амплитуды возникают в период высокой влажности окружающей среды (дождь, роса) или зимой при температурах таяния снега и возникновения изморозевых отложений на поверхности изоляторов.

Метод контроля состояния изоляции по характеристикам сигналов ЧР является одним из общепризнанных способов неразрушающего контроля высоковольтных изоляторов. Этот метод позволяет выявлять дефекты изоляции на самых ранних стадиях их возникновения, отслеживать их развитие, оценивать текущее состояние изоляции и возможность дальнейшей эксплуатации оборудования. Однако он применяется в основном для однократных оценок рабочего состояния высоковольтных энергосистем при плановых обследованиях.

В связи с этим разработка дистанционного метода «онлайн» мониторинга высоковольтных изоляторов, позволяющего выявлять загрязнения и дефекты в изоляционном оборудовании и оценивать уровень его технического состояния, является актуальной задачей на сегодняшний день. В соответствии с методическими указаниями ФСК «ЕЭС» отсутствие поверхностных частичных разрядов (ПЧР) на внешней изоляции является необходимым, а иногда и достаточным признаком нормальной работы.

Интенсивность разрядных процессов увеличивается по мере снижения изолирующей способности конструкции вследствие появления дефектов или загрязнения и увлажнения поверхности. Таким образом, возникновение или увеличение интенсивности ПЧР можно использовать для косвенной оценки технического состояния ВИ.

С помощью разработанного в диссертации метода на основе определения средней мощности электромагнитного излучения можно производить регистрацию сигналов ЧР с последующим их синхронным накоплением с фазой сетевого напряжения, а также с учетом влажности окружающего воздуха.

Использование фазового распределения сигналов ЧР позволяет определять: наличие поверхностного дефекта или загрязнения, скорость его развития и местоположение гирлянды с дефектным или загрязнённым изолятором. Этот метод позволяет выявлять дефекты и загрязнения изоляции на самых ранних стадиях их возникновения, отслеживать их развитие, оценивать текущее состояние изоляции и возможность дальнейшей эксплуатации оборудования.

Результатом работы системы мониторинга стеклянных ВИ является определение уровня загрязнения и поверхностных дефектов на изоляторах. На основе определенного напряжения возникновения ЧР (при максимальном уровне влажности) общая оценка технического состояния дается в соответствии с требованиями приказа от 17.02.2002 № 706/100 РАО «ЕЭС России» и ОАО «ФСК ЕЭС» как «нормальное», «ухудшенное» (есть риск пробоя, дальнейшая эксплуатация возможна) и «предаварийное» (пределный риск, необходима замена).

Исходя из вышеизложенного, актуальность темы диссертационного исследования Галиевой Т.Г. не вызывает сомнений.

2. Научная новизна результатов работы

1. Разработан метод мониторинга загрязнения и поверхностных дефектов стеклянных высоковольтных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения ЧР с синхронным накоплением с фазой сетевого напряжения, с учетом влажности окружающей среды.

2. На основе предложенного метода разработана система мониторинга загрязнения и поверхностных дефектов стеклянных высоковольтных изоляторов (включая ее аппаратно-программное обеспечение).

3. Разработан алгоритм локализации гирлянды изоляторов с ухудшенным и предаварийным состоянием на основе модели затухания электромагнитного излучения ЧР.

4. Разработаны алгоритмы обработки диагностических данных для мониторинга технического состояния высоковольтных стеклянных изоляторов.

5. Разработано программное обеспечение для устройств контроля, системы сбора и накопления данных, анализа и визуализации информации.

3. Практическая значимость результатов

Разработанная система мониторинга технического состояния высоковольтных стеклянных изоляторов позволяет:

- определять загрязнения и поверхностные дефекты стеклянных изоляторов в режиме реального времени;
- определять местоположение гирлянды изоляторов с загрязнением и поверхностным дефектом;
- при предаварийном техническом состоянии ВИ сигнализировать о необходимости принятия мер по замене ВИ или его очистке от загрязнения.

Система позволит повысить надежность и эффективность работы энергосистемы благодаря своевременному предупреждению о развитии аварийных ситуаций, организации ремонта по фактическому техническому состоянию с учетом последствий отказа основного технологического оборудования (рисков). Это позволит уменьшить издержки на восстановление линии и повысить бесперебойность подачи электроэнергии потребителям.

4. Личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации

Результаты, представленные в диссертации и отраженные в публикациях, получены при непосредственном участии соискателя. Личный вклад автора состоит в участии в разработке метода и системы мониторинга загрязнения и поверхностных дефектов ВИ, ею проведены лабораторные и полевые измерения и технические расчеты. Автор подготавливала и принимала участие в обсуждении публикаций по выполненной работе, совместно с научным руководителем разработала алгоритмы обработки и визуализации данных для метода и системы мониторинга ВИ. В работе используются полученные автором результаты анализа и интерпретации экспериментальных данных за период опытной эксплуатации системы мониторинга состояния ВИ.

Постановка задач, направление исследований осуществлялось совместно с научным руководителем – доцентом кафедры «Промышленная электроника» Д.А. Ивановым.

5. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность результатов достигается сходимостью предложенного метода и электрического (контактного) метода по ГОСТ Р 55191-2012 (МЭК 60270:2000); сходимостью результатов, полученных с помощью разработанного устройства и стационарного приемника с поверенными

характеристиками; корректной обработкой полученных результатов с использованием современных средств вычислительной техники; экспертизами ФИПС на разработанные алгоритмы, программы и технические решения; использованием поверенных приборов. Полученные результаты не противоречат выводам, сделанным другими авторами.

6. Соответствие диссертации научной специальности

Работа соответствует специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды отвечает следующим пунктам паспорта специальности.

3. Разработка, внедрение, испытания методов и приборов контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующих повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды.

4. Разработка методического, математического, программного, технического, приборного обеспечения для систем технического контроля и диагностирования материалов, изделий, веществ и природной среды, экологического мониторинга природных и техногенных объектов, способствующих увеличению эксплуатационного ресурса изделий и повышению экологической безопасности окружающей среды.

6. Разработка математических моделей, алгоритмического и программно-технического обеспечения обработки результатов регистрации сигналов в приборах и средствах контроля и диагностики с целью автоматизации контроля и диагностики, подготовки их для внедрения в цифровые информационные технологии.

7. Полнота изложения результатов диссертации в работах, опубликованных автором

Основные результаты диссертационной работы изложены в 7 статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях [1-7], из которых 4 индексируются в международных базах данных Web of Science и/или Scopus (и приравниваются к публикациям в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК) [1-4], 3 входят в перечень ВАК [5-7], а также в 6 патентах и свидетельствах (приравниваются к публикациям в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК) [8-13] и в двух прочих публикациях [14-15].

Статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международной базе данных Web of Science и/или Scopus

1. Ivanov D.A., Galieva T.G., Sadykov M.F., Golenishchev-Kutuzov A.V., Naumov A.A. Method for the diagnosis of high-voltage dielectric elements during operation based on dynamic registration of electromagnetic radiation // E3S Web

of Conferences. 2020. V. 216. P. 01061. DOI: 10.1051/e3sconf/202021601061 (вклад соискателя – 40%).

2. Ivanov D.A., Sadykov M.F., Yaroslavsky D.A., Golenishchev-Kutuzov A.V., Galieva T.G. Non-Contact Methods for High-Voltage Insulation Equipment Diagnosis during Operation // Energies. 2021. V. 14. No. 18. P. 5670. DOI: 10.3390/en14185670 (вклад соискателя – 30%).

3. Ivanov D.A., Sadykov M.F., Yaroslavsky D.A., Golenishchev-Kutuzov A.V., Galieva T.G. System for Monitoring the Acoustic Radiation of Discharge Processes at an Electric Substation to Diagnose the Technical State of Insulators // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, V. 85 No. 11, pp. 1258-1261. DOI: 10.3103/S1062873821110125 (вклад соискателя – 20%).

4. Ivanov D.A., Sadykov M.F., Golenishchev-Kutuzov A.V., Yaroslavsky D.A., Galieva T.G., Arslanov A.D. The application of the technology of sensor networks for the intellectualization of the overhead power transmission lines // E3S Web of Conferences. 2020. V. 220. P. 01071. DOI: 10.1051/e3sconf/202022001071 (вклад соискателя – 30%).

Статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК

5. Галиева Т. Г., Иванов Д. А., Садыков М. Ф., Голенищев-Кутузов А. В. Лабораторный стенд для разработки метода и системы непрерывного бесконтактного неразрушающего контроля технического состояния изоляционного оборудования // Омский научный вестник. 2021. № 5 (179). С. 80-87. DOI: 10.25206/1813-8225-2021-179-80-87 (вклад соискателя – 40%).

6. Галиева Т. Г., Иванов Д. А., Садыков М. Ф., Андреев Н. К., Хамидуллин И. Н. Метод и устройство диагностики состояния высоковольтных изоляторов на основе непрерывной регистрации пространственного уровня электромагнитного излучения частичных разрядов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 4. С. 165-177. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-4-165-177 (вклад соискателя – 40%).

7. Иванов Д. А., Галиева Т. Г., Голенищев-Кутузов А. В., Садыков М. Ф., Калимуллин Р. И., Семенников А. В. Детектирование акустических сигналов частичных разрядов на дефектах изоляционного оборудования // Омский научный вестник. 2021. № 6 (180). С. 48-55. DOI: 10.25206/1813-8225-2021-1180-48-55 (вклад соискателя – 20%).

Патенты и авторские свидетельства

8. Патент № 206382 U1 Российская Федерация, МПК H02J 13/00. Устройство оперативного мониторинга технического состояния высоковольтных линий электропередачи: № 2021113356: заявл. 11.05.2021: опубл. 08.09.2021 / М. Ф. Садыков, М. П. Горячев, Д. А. Ярославский, Д. А. Иванов, Галиева Т.Г., Нгуен В.В.; заявитель Федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (вклад соискателя – 30%).

9. Патент № 211126 U1 Российская Федерация, МПК G01R 29/00, G01R 31/08. Устройство оперативного онлайн-мониторинга технического состояния высоковольтных линий электропередачи: № 2020124117: заявл. 21.07.2020: опубл. 23.05.2022 Бюл. № 15 / Иванов Д.А., Горячев М.П., Садыков М.Ф., Ярославский Д.А., Галиева Т.Г., Арсланов А.Д.; заявитель ООО «Научно-производственная компания «Фарада» (вклад соискателя – 20%).

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021668517 Российская Федерация. Программный комплекс записи и обработки сигналов частичных разрядов в процессе мониторинга технического состояния высоковольтных изоляторов: № 2021667722: заявл. 10.11.2021: опубл. 17.11.2021 / Д.А. Иванов, А.В. Голенищев-Кутузов, А.В. Семенников, Галиева Т.Г.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (вклад соискателя – 20%).

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020666708 Российская Федерация. Программа анализа среднего значения мощности сигналов радиоканалов протокола ZigBee на разных частотах: №2020666027: заявл. 07.12.2020: опубл. 14.12.2020 / Садыков М.Ф., Иванов Д.А., Ярославский Д.А., Горячев М.П., Галиева Т.Г., Арсланов А.Д.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (вклад соискателя – 20%).

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022666391 Российская Федерация. Программа обработки диагностической информации, регистрируемой электромагнитным датчиком частичных разрядов: №2022662478: заявл. 06.07.2022: опубл. 31.08.2022 / Иванов Д.А., Галиева Т.Г., Садыков М.Ф., Ярославский Д.А., Горячев М.П., Мочалов Н.С.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (вклад соискателя – 40%).

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022664225 Российская Федерация. Программа обработки и визуализации данных для системы автоматического мониторинга состояния ВЛЭП и подстанций: №2022662430: заявл. 06.07.2022: опубл. 26.07.2022 / Иванов Д.А., Ярославский Д.А., Садыков М.Ф., Галиева Т.Г., Горячев М.П., Арсланов А.Д.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (вклад соискателя – 30%).

Прочие публикации

14. Golenishchev-Kutuzov A.V., Golenishchev-Kutuzov V. A., Ivanov D. A., Semennikov A. V., Galieva T. G. Monitoring system of high voltage dielectric equipment // E3S Web of Conferences. 2021. V. 288. P. 01088. DOI: 10.1051/e3sconf/202128801088 (вклад соискателя – 15%).

15. Ivanov D., Golenishchev-Kutuzov A., Galieva T. Methods of Periodic Complex Remote Measurement of Partial Discharge Characteristics in Highvoltage Insulators // 2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), 2022, pp. 159-163. DOI: 10.1109/UralCon54942.2022.9906650 (вклад соискателя – 30%).

В перечисленных работах Галиевой Т.Г. лично получены следующие результаты:

– в работах [1-2, 6, 14, 15] разработан метод дистанционного мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов с синхронным накоплением по периоду фазы сетевого напряжения;

– в работах [3, 5, 7] разработан лабораторный стенд, проведены испытания и верификация разработанного метода с использованием акустического метода;

– в работах [1, 4, 6, 8, 9] разработана система для дистанционного определения средней мощности электромагнитного излучения ЧР и методика локализации стеклянных высоковольтных изоляторов с ухудшенным и предаварийным состоянием;

– в работах [10-12] описаны алгоритмы обработки диагностических данных для мониторинга загрязнения и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов;

– в работе [13] описан алгоритм визуализации данных для системы мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов.

Все основные положения и результаты, выносимые на защиту, отражены в публикациях автора: по главе 2 – в [1-3, 5-7, 10, 11, 14, 15], по главе 3 – в [1, 4, 6, 8, 9, 12, 13].

В диссертационной работе не выявлено использования материалов или отдельных результатов без ссылок на автора или источник заимствования, включая работы, выполненные соискателем лично и/или в соавторстве.

8. Апробация работы

Основные положения и практические результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международных молодежных научных конференциях «Тинчуринские чтения: Энергетика и цифровая трансформация», Казань, 2020, 2021, 2022; 92-м Международном научном семинаре им. Ю.Н. Руденко «Методические вопросы исследования

надежности больших систем энергетики», Казань, 2020; VI Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве», Казань, 2020; XV Всероссийской (седьмой Международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Иваново, 2020; Международной молодежной конференции, приуроченной к 90-летию СГТУ им. Гагарина Ю.А., Самара, 2020; XVIII Международной научно-практической конференции преподавателей вузов, ученых, специалистов, аспирантов, студентов «Промышленное развитие России: проблемы, перспективы», Нижний Новгород, 2021; XV Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике», Казань, 2020; Международной научно-технической конференции, посвященной 140-летию изобретения электросварки Н.Н. Бенардосом (XXI Бенардосовские чтения) «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии, Иваново, 2021; XIV Всероссийской научно-технической конференции «Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем». Чебоксары, 2021; научном семинаре «Нанооптика, фотоника и когерентная спектроскопия», Яльчик, 2021; V Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности», Чебоксары, 2021; Международной молодежной научной конференции «XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых)», Казань, 2021; VII Международной научно-практической конференции «Технологические инновации и научные открытия», Уфа, 2021; I Всероссийской с международным участием молодежной конференции «Бутаковские чтения», Томск, 2021.

9. Ценность научных работ соискателя

Ценность научных работ соискателя заключается в том, что в них изложены следующие основные результаты диссертации:

1. Метод и система дистанционного мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов с синхронным накоплением по периоду фазы сетевого напряжения;
2. Лабораторные испытания разработанного метода мониторинга;
3. Методика локализации стеклянных высоковольтных изоляторов с ухудшенным и предаварийным состоянием.

В трех авторских свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ описано программное обеспечение, необходимое для проведения экспериментальных и натурных испытаний метода и системы дистанционного мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов, а также для визуализации данных с устройств.

В патентах на полезные модели описаны устройство мониторинга и система мониторинга ЛЭП СМГ-16 (разработанные ранее в КГЭУ), модернизированные посредством внедрения разработанного модуля мониторинга загрязнения и поверхностных дефектов.

10. Характер результатов диссертации

Характер результатов диссертации соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК Министерства образования и науки РФ.

11. Выводы

Диссертация Галиевой Татьяны Геннадьевны «Метод и система мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение задачи разработки метода и системы мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов с возможностью диагностировать изоляторы на ВЛЭП круглосуточно в режиме реального времени. Также содержится решение задачи локализации стеклянных высоковольтных изоляторов с ухудшенным и предаварийным состоянием. Решение данных задач имеет существенное значение для обеспечения бесперебойной работы электрических сетей и для развития теории и практики неразрушающего контроля и диагностики изделий.


Диссертация обобщает самостоятельные исследования автора, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые на защиту, свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Работа соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, принятого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, с изменениями, принятыми Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. №335, от 20 марта 2021 г. №426, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, включая требования п. 14.

Диссертация «Метод и система мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов» Галиевой Т.Г. рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Промышленная электроника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет».

Присутствовало на заседании 21 чел. Результаты голосования: «за» – 20 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 5 от «26» октября 2022 г.



Голенищев-Кутузов Александр Вадимович,
заведующий кафедрой «Промышленная электроника»
ФГБОУ ВО «КГЭУ»,
доктор физико-математических наук, профессор,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»,
420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51.
Тел. (843) 519-42-78, e-mail: alex.kutuzov@mail.ru

Абдуллазянов Эдвард Юнусович: кандидат технических наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», ректор,
420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51.
Тел. (843)519-42-02, e-mail: rector@kgeu.ru