

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Данилаева Максима Петровича  
на диссертационную работу Галиевой Татьяны Геннадьевны  
«Метод и система мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов  
стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности  
электромагнитного излучения частичных разрядов», представленную на  
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий,  
веществ и природной среды»

### 1. Актуальность темы исследования

Диссертация Галиевой Т.Г. посвящена разработке метода мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов посредством определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов (ЧР), а также разработке на его основе системы с целью круглосуточного мониторинга изоляции на воздушных линиях электропередачи (ВЛЭП).

Неисправность изоляции является одной из наиболее распространенных в энергетическом оборудовании. Ее эффективное и раннее обнаружение позволит уменьшить количество отключений на ВЛЭП. Обнаружение и локализация ЧР является одним из наиболее эффективных методов диагностики изоляции, который широко изучается в последние годы.

Появление ЧР сопровождается различными физическими явлениями, на основе которых разработаны и совершенствуются методы регистрации: электрический, электромагнитный, акустический, химический, оптический, термический. Выбор электромагнитного метода в диссертации Галиевой Т.Г. обусловлен тем, что он обладает в совокупности лучшими характеристиками благодаря своей стабильности и хорошей помехоустойчивости (во время дождя и тумана).

На сегодняшний день регистрация и локализация ЧР электромагнитным методом основана на учете параметров каждого отдельного разряда. Такие методы требуют синхронизации во времени на уровне наносекунд, что приводит к высокой стоимости оборудования и сложной обработке. В диссертации Галиевой Т.Г. предлагается метод определения и локализации ЧР на основе средней мощности электромагнитного излучения, синхронизированного с фазой сетевого напряжения. Метод имеет меньшую точность по сравнению с существующими, но при этом использует более простую обработку данных, так как он не регистрирует отдельные разряды, а фиксирует начало их возникновения относительно фазы, что упрощает обработку и позволяет отстраиваться от помех.

Таким образом, диссертационное исследование Т.Г. Галиевой, целью которого является разработка метода и системы дистанционного мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов с синхронным накоплением с фазой сетевого напряжения, является актуальным.

## **2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна**

Для достижения указанной выше цели диссертационной работы соискателем сформулированы и решены следующие задачи:

1. Провести анализ известных теоретических и экспериментальных исследований в области методов и средств диагностики высоковольтных изоляторов на основе регистрации электромагнитного излучения ЧР.

2. Разработать метод и систему дистанционного мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения ЧР с синхронным накоплением с фазой сетевого напряжения и с учетом относительной влажности окружающей среды.

3. Выбрать оптимальный диапазон частот измерений и тип антенны и провести анализ чувствительности различного типа антенн в зависимости от частоты электромагнитного излучения.

4. Разработать лабораторный стенд с целью изучения электрофизических процессов в ВИ под воздействием высоких напряжений и проведения экспериментальных исследований.

5. Экспериментально обосновать эффективность применения разработанного метода с помощью электрического метода в соответствии с ГОСТ Р 55191-2012 и акустического метода с применением специализированного дефектоскопа.

6. Экспериментально обосновать влияние относительной влажности на среднюю мощность электромагнитного излучения ЧР при загрязнении и образовании поверхностных дефектов стеклянных изоляторов.

7. Определить для разработанной системы мониторинга критерии оценки трех технических состояний стеклянных ВИ (нормальное, ухудшенное, предаварийное).

8. Разработать и создать устройство для дистанционного определения средней мощности электромагнитного излучения ЧР и фазы сетевого напряжения ВЛЭП, на которой расположены подконтрольные изоляторы.

9. Разработать методику локализации находящихся в эксплуатации стеклянных высоковольтных изоляторов ВЛЭП с ухудшенным и предаварийным состоянием.

10. Провести натурные испытания разработанной системы мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных ВИ.

В ходе решения поставленных задач, Галиевой Т.Г. получены следующие результаты:

1. Проведен анализ известных теоретических и экспериментальных исследований в области методов и средств диагностики высоковольтных изоляторов, основанных на регистрации различных физических явлений, вызванных частичными разрядами. На основании анализа исследований физических и технических возможностей различных методов и устройств, предназначенных для определения состояния высоковольтных изоляторов, обоснована целесообразность использования метода мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных высоковольтных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения ЧР.

2. Разработан метод мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных высоковольтных изоляторов на основе определения средней мощности сигнала электромагнитного излучения ЧР с синхронным накоплением с фазой сетевого напряжения с учетом относительной влажности окружающей среды. Разработанный метод, в сравнении с имеющимися в мире, обладает следующими преимуществами:

- так как определяется средняя мощность ЭМ излучения, а не фиксируется каждый отдельный ЧР, метод не требует синхронизации времени на уровне наносекунд, что значительно уменьшает объем данных, и упрощает обработку;

- синхронное накопление с фазой сетевого напряжения позволяет отстроиться от помех;

- учет относительной влажности окружающей среды позволяет корректно определять уровень загрязнения или дефекта, так как ЧР наибольшей амплитуды достигают в период высокой влажности окружающей среды.

3. Разработан лабораторный стенд с целью изучения электрофизических процессов в стеклянных высоковольтных изоляторах под воздействием высоких напряжений. Он позволяет проводить на нем испытания различных методов контроля технического состояния изоляторов. Так, в диссертации на лабораторном стенде измерения под рабочим напряжением проводились одновременно тремя методами и приборами: сертифицированным ультразвуковым дефектоскопом, электрическим методом в соответствии с ГОСТ Р 55191-2012 и разработанным в диссертации методом.

4. Разработано устройство дистанционного определения средней мощности электромагнитного излучения ЧР с синхронным накоплением с фазой сетевого напряжения, с учетом относительной влажности окружающей среды.

5. На основе проведенных экспериментов и расчетов выбраны наиболее целесообразный частотный диапазон 861-876 МГц и параметры штыревой широкополосной антенны для определения средней мощности сигнала электромагнитного излучения ЧР. Выбор частотного диапазона

обоснован наилучшим соотношением сигнала к шумам. Круговая диаграмма направленности штыревой антенны позволяет производить установку устройств на линии без направления на объект мониторинга и дальнейшей корректировки результатов.

6. Путем проведения лабораторных испытаний с помощью электрического метода экспериментально подтверждена эффективность предложенного в диссертации метода мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных ВИ.

7. Экспериментально установлено, что средняя мощность электромагнитного излучения ЧР при загрязнении и поверхностных дефектах стеклянных изоляторов увеличивается при увеличении относительной влажности. На основании этого в диссертации сделан вывод о том, что оценку загрязнения и поверхностных дефектов в ВИ целесообразно определять при 100%-ной относительной влажности.

8. Определены критерии оценки трех технических состояний стеклянных высоковольтных изоляторов (нормальное, ухудшенное и предаварийное): фазовый угол начала возникновения ЧР и напряжение возникновения ЧР (для ЛЭП 35 кВ). Оценка технического состояния производится при 100%-ной относительной влажности.

9. Разработана методика локализации гирлянды изоляторов с ухудшенным и предаварийным состоянием с помощью модели затухания электромагнитного излучения ЧР, что позволит оперативному персоналу электрических сетей заменять нужную гирлянду.

10. На основе предложенного метода и устройства разработана система мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных высоковольтных изоляторов на основе определения средней мощности сигнала электромагнитного излучения ЧР. Три одинаковых откалиброванных устройства устанавливаются по одному на каждый фазный провод ВЛЭП в пролете и вместе с пунктом сбора и обработки данных формируются в группу для каждой опоры. Система представляет собой сеть из множества групп устройств, установленных на фазных проводах на всей воздушной линии, и программы визуализации на диспетчерском пульте.

Система мониторинга позволяет:

- определять загрязнения и поверхностные дефекты стеклянных изоляторов в режиме реального времени;

- определять местоположение гирлянды изоляторов с загрязнением и поверхностным дефектом, что является достаточным, так как оперативные службы на месте заменяют всю гирлянду, а не отдельную тарелку; при загрязнении также очищается вся гирлянда;

- при предаварийном техническом состоянии изолятора сигнализировать о необходимости принятия мер по его замене или очистке от загрязнения.

Система позволит повысить надежность и эффективность работы ВЛЭП благодаря своевременному предупреждению о развитии аварийных

ситуаций, организации ремонта по фактическому техническому состоянию с учетом последствий отказа основного технологического оборудования (рисков).

11. Разработано программное обеспечение для обработки и визуализации данных о текущем состоянии стеклянных высоковольтных изоляторов. Программа обрабатывает и визуализирует данные фазового распределения средней мощности электромагнитного излучения ЧР, с учетом относительной влажности окружающей среды.

12. Проведены натурные испытания разработанной системы мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных высоковольтных изоляторов в составе разработанной ранее в КГЭУ системы мониторинга ВЛЭП СМГ-16. Разработанный модуль мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов в составе СМГ-16 успешно работает с марта 2022 года.

Полученные Галиевой Т.Г. результаты соответствуют поставленной цели и задачам и отражают научную новизну исследования. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены в сравнении с другими известными решениями.

Достоверность результатов диссертационного исследования Галиевой Т.Г. подтверждается их непротиворечивостью существующим результатам в данной предметной области и известным физическим моделям, использованием поверенных измерительных приборов при проведении экспериментов и испытаний.

Обоснованность приведенных в диссертации выводов и рекомендаций подтверждается публикациями в рецензируемых научных журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, а также в журналах, входящих в перечень ВАК, проведенной экспертизой объектов интеллектуальной собственности (патентов и свидетельств автора).

Диссертация носит прикладной характер, полученные Галиевой Т.Г. научные результаты нашли практическое применение в крупной российской нефтяной компании, имеющей собственные электрические сети – ПАО «Татнефть», г. Альметьевск (имеется соответствующий акт внедрения).

### **3. Общие замечания и недостатки диссертационной работы**

1. Диссертационная работа недостаточно четко структурирована:
  - соискателю следовало бы сократить количество задач, сгруппировав их в соответствии с логико-структурной схемой диссертации;
  - выводы соответствуют приведенным в диссертации задачам, но фактически констатируют их выполнение. К сожалению, никакого обоснования выполнения поставленных задач в выводах нет. Соискателю

следовало бы привести обоснованные выводы, подтвержденные количественными результатами, имеющимися в диссертации;

- распределение материалов диссертации по главам выполнено некорректно. Так, например, обзор существующих методов диагностики дефектов стеклянных изоляторов рассмотрен в первой и в начале второй главы. Следует также отметить, что из 13 рисунков первой главы только один является оригинальным: остальные рисунки процитированы из существующих источников с указанием ссылок на них. В диссертации отсутствуют разделы, в которых четко выделены физическая и математическая модели предлагаемого метода.

Все это затрудняет восприятие диссертации и скрадывает достоинства этой работы.

2. Разработка любой системы измерений требует обоснования погрешностей измерений и сопоставления количественных оценок погрешностей с существующими средствами измерений. К сожалению, в диссертации отсутствуют раздел по определению оценок погрешностей измерений для устройства мониторинга дефектов стеклянных изоляторов.

3. В диссертации автор ограничился только одним типом загрязнения изоляторов. Следовало бы привести классификацию типовых загрязнений изоляторов и определить их влияние на параметры частичных разрядов. Возможно, что определенные типы загрязнений могут инициировать разрушение материала изолятора. В диссертации это не рассмотрено.

4. В задаче 8 говорится о создании «...устройства для дистанционного определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов...». В диссертационной работе автор приводит структурные схемы такого устройства и принципиальные схемы отдельных его узлов. Следовало бы привести пример принципиальной схемы и конструкции всего устройства в соответствии с требованиями ГОСТов. Тем более что конструкция такого устройства должна обеспечить его надежную и бесперебойную работу в течение срока эксплуатации. Как это учтено в результатах внедрения разработанной системы при ее опытной эксплуатации в ПАО «Татнефть»?

5. В диссертации автор претендует на разработку алгоритмического и программно-технического обеспечения работы устройства мониторинга поверхностных дефектов стеклянных изоляторов. Однако в диссертации не приведены тексты программ. Один и тот же алгоритм, представленный в диссертации и в автореферате, имеет разное название. Автору следовало бы привести более подробные блок-схемы алгоритмов работы устройства и системы мониторинга дефектов стеклянных изоляторов. По всей видимости, такие алгоритмы и тексты программ имеются, поскольку автор получил 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

#### **4. Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работа Галиевой Т.Г. «Метод и система мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения частичных разрядов» представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды». Научная новизна, основные результаты и выводы диссертации Галиевой Т.Г. соответствуют 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.

Основные научные результаты диссертации Галиевой Т.Г. опубликованы в рецензируемых научных изданиях: 5 публикаций (из них 3 статьи в журналах), индексируемых в международных базах данных SCOPUS и/или Web of Science, 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК, 2 патента на полезную модель и 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Значимость предлагаемого в диссертации метода подтверждена пройденной экспертизой и дальнейшей финансовой поддержкой исследования Российским фондом фундаментальных исследований.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

В целом диссертация Галиевой Т.Г. является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны новые научно обоснованные технические решения и разработки, а именно, предложен новый метод и система мониторинга загрязнений и поверхностных дефектов стеклянных изоляторов на основе определения средней мощности электромагнитного излучения ЧР,

имеющие значения для развития энергетического комплекса Российской Федерации.

Диссертация Галиевой Т.Г. является законченной научно-квалификационной работой и соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата наук.

Галиева Татьяна Геннадьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Доктор технических наук,  
профессор, профессор кафедры  
радиоэлектронных и квантовых устройств  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ»  
Данилаев Максим Петрович  
420111, Казань, ул. К. Маркса, д. 10,  
Тел.: (843)238-40-67, e-mail: danilaev@mail.ru



Подпись Данилаев М.П.  
заверяю. Начальник управления  
делопроизводства и контроля  
31.01.23

