



Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»)  
111250, г. Москва,  
вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово,  
ул. Красноказарменная, д.14, стр.1  
Тел.: (495)362-75-60, факс: (495)362-89-38  
E-mail: universe@mpei.ac.ru  
https://mpei.ru



## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный  
исследовательский университет «МЭИ»,  
доктор технических наук

И.И. Комаров

« 15 » 05 2025 года

№ 665/520

« 15 » 05 2025 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» на диссертацию Непомнящего Валерия Юрьевича «Информационно-измерительная система для дистанционного мониторинга изоляторов воздушных линий электропередач» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы

### 1. Актуальность темы диссертационной работы

Транспортировка электроэнергии – ключевой элемент всей энергетической инфраструктуры, и надежность линий электропередачи играет здесь центральную роль. Потери энергии на пути от производителя до потребителя действительно значительны и зависят от множества факторов: состояния оборудования, качества изоляции, климатических условий и даже геометрической конфигурации сети. К основным причинам потерь электроэнергии можно отнести: потери на трансформаторах, реакторах и другом электрооборудовании, которое участвует в процессе преобразования напряжения и тока, которые связаны с нагревом обмоток и магнитопроводов; большую роль играет протяженность линий электропередач, когда длиннее линия, тем больше сопротивление проводов, что ведет к потерям энергии; состояние гирлянд изоляторов критически важно для предотвращения утечек тока, износ, загрязнение или повреждение изоляторов приводят к увеличению токов утечки, что снижает эффективность передачи энергии и создает риск аварийных ситуаций; погодные условия – дождь, снег, туман, сильный ветер и особенно гололедица, создают дополнительные риски: мокрые поверхности



ухудшают диэлектрические свойства изоляторов, увеличивают вероятность коротких замыканий и перегрузок.

Важным направлением в развитии информационно-измерительных систем для электроэнергетики является использование современных систем мониторинга, которые позволяют значительно повысить надежность работы воздушных линий электропередачи. Такие системы могут собирать данные о температуре проводов, уровне нагрузки, состоянии изоляторов и окружающей среде в режиме реального времени. Это дает возможность: предсказывать аварии на основе анализа данных, которые система получает, обрабатывает и предиктивно предсказывает потенциальные неисправности еще до их возникновения, что позволит проводить профилактическое обслуживание и замену элементов сети. Кроме того, такая система мониторинга позволит снизить эксплуатационные расходы, а именно мониторинг позволяет оптимизировать работу сети, выявлять проблемные участки и устранять их до того, как они приведут к серьезным поломкам.

Диссертационная работа Непомнящего В.Ю. посвящена вопросам расширения функциональных возможностей информационно-измерительной системы для дистанционного мониторинга изоляторов воздушных линий электропередач, обеспечивающей фиксирование токов утечки, динамику изменения токов утечек во времени и частичных разрядов, а также проведение косвенной оценки состояния изоляторов и принятие мер по проведению предиктивных действий для предотвращения проявления нештатных и аварийных ситуаций.

Таким образом, внедрение информационно-измерительной системы для дистанционного мониторинга изоляторов воздушных линий электропередач и анализа данных существенно повышает эффективность и безопасность эксплуатации воздушных линий электропередачи, снижая экономические и экологические издержки, тем самым подтверждается актуальность выбранной соискателем темы.

## **2. Оценка содержания диссертации и её завершенность**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов и заключения, изложенных на 155 страницах машинописного текста и включающих 13 рисунков, 3 таблицы, 3 приложения и списка использованной литературы из 151 наименования.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, определены цель и задачи исследования, приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, представлены сведения об апробации научных результатов исследования.

**В первой главе** выполнен анализ проблем и перспектив развития информационно-измерительных систем (ИИС) в электроэнергетике. Рассмотрены современные подходы к созданию ИИС, российские и зарубежные исследования различных технологий мониторинга воздушных электросетей, а также отмечается значимость согласования методов построения ИИС и моделей. Также подчеркивается проблема нехватки квалификации и опыта практического внедрения новых технологий, включая ИИС, что ведет к снижению



производительности труда и принятию ошибочных управленческих решений. Этот аспект подчеркивает важность повышения уровня подготовки специалистов и внедрения передовых технологий в отрасли.

**Во второй главе** разработана обобщенная структура информационно-измерительной системы диагностики и предиктивного обслуживания высоковольтных линий электропередач, к основным задачам которой относят непрерывный сбор информации с изоляторов ВЛ, запись и хранение информации, преобразование информации в вид, наиболее удобный для анализа, формирование рекомендаций для принятия управленческих решений.

Передача информации от информационно-управляющих блоков в системе проводится по схеме выделенных каналов. Запросы на обслуживание поступают непосредственно в центр сбора информации. Представлена классификация запросов в информационно-измерительной системе и алгоритм выбора режимов работы.

**В третьей главе** построена математическая модель, позволяющая обеспечить фиксирование токов утечки, динамику изменения токов утечек во времени и частичных разрядов, а также проведение косвенной оценки состояния изоляторов и принятие мер по проведению предиктивных действий для предотвращения проявления нештатных и аварийных ситуаций; разработан метод фиксации частичных разрядов, позволяющий своевременно выявить развивающиеся повреждения изоляции и принять необходимые меры для их устранения.

Определены входные и выходные переменные математической модели измерения тока утечки, позволяющая обеспечить фиксирование токов утечки.

Выработаны рекомендации по распределению вычислительной реализации математической модели измерения тока утечки (частичные разряды) на микропроцессоре блока дистанционного мониторинга изоляторов и на сервере диспетчерского пункта электросетевой компании.

**В четвёртой главе** разработан метод измерения механической нагрузки на изолятор, позволяющий обеспечить фиксирование динамики нарастания механической нагрузки на изолятор (фиксация образования гололеда).

Определены входные и выходные переменные, а также выработаны рекомендации по распределению вычислительной реализации разработанного метода на микропроцессоре блока дистанционного мониторинга изоляторов и на сервере ЦУ ЭО.

Исследована устойчивость и адекватность метода измерения механической нагрузки на изолятор.

**В пятой главе** представлен разработанный блок дистанционного мониторинга изоляторов ВЛ, оснащенный датчиком тока для диагностики проводов ВЛ 6-220 кВ, на основе данных которых происходит построение математической модели и разработка методов.

Проведены экспериментальные исследования по оценке соответствия выходных параметров разработанных модели и методов, и промышленного образца блока дистанционного мониторинга изоляторов при одинаковых входных значениях, подаваемых на их входы, результаты которых показали соответствие



разработанных модели и методов промышленному образцу блока дистанционного мониторинга изоляторов, расхождение параметров находится в пределах установленных параметров.

Проведены испытания промышленного образца блока дистанционного мониторинга изоляторов ВЛ в соответствии с разработанной программой-методикой испытаний, а также разработаны технические требования, предъявляемые к опытному образцу блока.

**В заключении** изложены основные результаты диссертационной работы. Структура и содержание диссертации соответствует поставленной цели и задачам исследования, главы диссертации заканчиваются выводами и рекомендациями, а заключение включает общий итог проведённых исследований.

**В приложениях** представлены программа-методика испытаний лабораторного образца блока дистанционного мониторинга изоляторов ВЛ, патенты на изобретения и свидетельства на программы для ЭВМ, акты внедрения результатов работы на 3 предприятиях и в учебный процесс.

### **3. Научная новизна диссертационного исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций**

Научная новизна диссертационного исследования сформулирована автором в виде следующих основных положений, с которыми можно полностью согласиться:

- обобщенная структура информационно-измерительной системы для диагностики и предиктивного обслуживания высоковольтных линий электропередач позволяет осуществлять непрерывный сбор информации с изоляторов ВЛ, запись и хранение информации, преобразование информации в табличный и графический виды, наиболее удобные для анализа результатов, формирование рекомендаций для принятия управленческих решений;

- математическая модель измерения тока утечки, отличающаяся от известных тем, что позволяет обеспечить фиксирование токов утечки, динамику изменения токов утечек во времени и частичных разрядов, а также проведение косвенной оценки состояния изоляторов и принятие мер по проведению предиктивных действий для предотвращения проявления нештатных и аварийных ситуаций;

- метод фиксации частичных разрядов, отличающийся от известных тем, что позволяет своевременно выявить развивающиеся повреждения изоляции и принять необходимые меры для их устранения;

- метод измерения механической нагрузки на изолятор, отличающийся от известных тем, что позволяет обеспечить фиксирование динамики нарастания механической нагрузки на изолятор (фиксация образования гололеда).

### **4. Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов**

**Теоретическая значимость работы** заключается в развитии теории информационно-измерительных систем для дистанционного мониторинга изоляторов воздушных линий электропередач на основе математических моделей



измерения тока утечки и методов фиксации частичных разрядов и измерения механической нагрузки на изолятор.

**Практическая ценность работы** состоит в технической реализации информационно-измерительной системы для диагностики и предиктивного обслуживания высоковольтных линий электропередач, а также в выработке рекомендаций по распределению вычислительной реализации математической модели измерения тока утечки, метода фиксации частичных разрядов и метода измерения механической нагрузки на изолятор на микропроцессоре, а также на сервере центра управления электросетевой компании. Разработано конструктивное исполнение и описаны основные функции промышленного образца блока дистанционного мониторинга изоляторов ВЛ, оснащенного датчиком тока, позволяющего проводить моделирование взаимодействия блока дистанционного мониторинга изоляторов ВЛ с математической моделью двойника, а также исследование динамических, статических и точностных характеристик промышленного образца блока дистанционного мониторинга изоляторов ВЛ.

#### **5. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, сформулированных в диссертации**

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, сформулированных в диссертации, подтверждаются: корректностью постановки задач и принятых допущений; проведённым обзором и анализом ранее выполненных научных исследований по моделям и методам построения информационно-измерительных и управляющих систем в электроэнергетике, корректным применением математического аппарата, использованием аналитических и экспериментальных методов исследования; проведением испытаний и внедрением систем на ряде предприятий электроэнергетической отрасли.

#### **6. Публикации и апробация результатов диссертации**

Основные положения и научные результаты работы достаточно полно изложены в 19 печатных работах, в том числе одной монографии и 7 статьях в ведущих рецензируемых научных изданиях и изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Новизна выполненных исследований подтверждена получением 6 результатов интеллектуальной деятельности, из них 3 патента на изобретения и 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Основные теоретические положения, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, докладывались автором на 5 международных и всероссийских научно-технических конференциях и обсуждались на научных семинарах кафедры охраны труда и окружающей среды Тульского государственного университета.

Опубликованные по результатам исследований материалы достаточно полно отражают основное содержание диссертационной работы.



## **7. Внедрение результатов исследования**

Научные результаты, представленные в диссертации, имеют важное практическое значение и внедрены в работу на ООО НПО «ЭнергоСистемы», ООО «СервисСофт Инжиниринг», ООО «СпецПриборКомплектация», а также в учебный процесс на кафедре охраны труда и окружающей среды Тульского государственного университета, что подтверждается актами внедрения, приложенными к диссертации.

## **8. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертационной работы актуальны в оперативных службах электросетевых компаний и имеют практическую ценность при построении и эксплуатации информационно-измерительной системы для дистанционного мониторинга воздушных линий электропередач с целью оперативного принятия мер по проведению предиктивных действий для предотвращения проявления нештатных и аварийных ситуаций на ВЛ.

## **9. Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Материалы, представленные в диссертации, соответствует предметной области научной специальности 2.2.11. «Информационно-измерительные и управляющие системы», п. 4 «Расширение функциональных возможностей информационно-измерительных и управляющих систем на основе применения методов измерений контролируемых параметров объектов для различных предметных областей исследования»).

## **10. Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Структура и содержание автореферата соответствует основному содержанию диссертации и полностью отражают научные положения, результаты, основные выводы, научную новизну и практическую значимость диссертации.

## **11. Соответствие диссертации и автореферата установленным требованиям**

Структура и оформление диссертации и автореферата полностью соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

## **12. Замечания по диссертации**

1. В первой главе рассматриваются существующие информационно-измерительные и управляющие системы для дистанционного мониторинга воздушных линий электропередач. При этом, несмотря на проведенный анализ, не все недостатки известных систем детально освещены, а именно: каким образом они



будут устраняться предлагаемой в диссертационном исследовании информационно-измерительной системой.

2. В работе представлена обобщенная структура информационно-измерительной системы диагностики и предиктивного обслуживания высоковольтных линий электропередач (глава 2). Но недостаточно четко определено каким образом в системе формируются рекомендации для принятия управленческих решений и какие преимущества и недостатки имеет данная система по сравнению с традиционными методами обслуживания высоковольтных линий электропередачи?

3. В третьей главе разработана математическая модель измерения тока утечки, учитывающая фиксацию динамики нарастания тока утечки изоляторов. Не указано как измеряются токи утечки в условиях высокой влажности и загрязненности изоляторов? Как система отслеживает динамику изменения токов утечек во времени?

4. В диссертации говорится, что метод измерения механической нагрузки на изолятор ВЛ реализуется на микропроцессоре блока дистанционной диагностики изоляторов ВЛ и на сервере ЦУ ЭО. Но не уточняется каким образом функции измерительного процесса распределяются между микропроцессором блока дистанционного мониторинга и сервером центра управления энергосистемы?

5. В работе четко не определено, какова архитектура программного обеспечения на микропроцессоре и сервере? Какие технические характеристики микропроцессора используются для выполнения измерений?

6. Желательно было бы описать каким образом осуществляется интеграция системы с существующими системами управления электросетями?

7. В диссертации представлены акты внедрения результатов исследования в нескольких организациях. Для более полного представления об эффективности и практической пользе внедрения полученных результатов было бы уместно продемонстрировать их в рамках промышленной эксплуатации.

Указанные замечания не влияют на достоверность и не снижают значимость полученных в диссертации результатов.

### **13. Заключение**

Диссертация Непомнящего Валерия Юрьевича «Информационно-измерительная система для дистанционного мониторинга изоляторов воздушных линий электропередач» является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки по расширению функциональных возможностей информационно-измерительной системы для дистанционного мониторинга изоляторов воздушных линий электро-передач, обеспечивающей фиксирование токов утечки, динамику изменения токов утечек во времени и частичных разрядов, а также проведение косвенной оценки состояния изоляторов и принятие мер по проведению предиктивных действий для предотвращения проявления нештатных и аварийных ситуаций, что имеет существенное значение для развития предприятий электроэнергетической отрасли.



Работа по своему содержанию, научному уровню и завершённости исследования соответствует критериям, установленным в пунктах 9, 10, 11,13,14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённым Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842, а её автор, Непомнящий В.Ю, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. «Информационно-измерительные и управляющие системы».

Отзыв рассмотрен и одобрен по результатам обсуждения диссертации на научно-техническом совете кафедры Теоретических основ электротехники института Электроэнергетики (протокол № 2 от «29» апреля 2025 года).

Я, Тульский Владимир Николаевич, даю своё согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Заведующий кафедрой ТОЭ  
к.т.н., доцент  
Специальность: 2.4.3.



Тульский Владимир Николаевич

Почтовый адрес: 111250, Россия, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Лефортово, ул. Красноказарменная, д.14, стр.1.

Телефон: +7(495)362-75-60.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Адрес электронной почты: [universe@mpei.ac.ru](mailto:universe@mpei.ac.ru)