

«УТВЕРЖДАЮ»

ФГБОУ ВО «Пензенский
государственный университет»
Проректор по научной работе и
инновационной деятельности

(подпись) С.М. Васин/

« 4 » *февраля* 2026 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

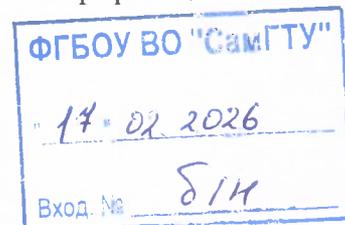
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
на диссертационную работу Фролова Кирилла Владимировича на тему:
«Информационно-измерительная система непрерывной акустической
диагностики электрооборудования ячеек комплектных распределительных
устройств», представленную на соискание учёной степени кандидата
технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и
управляющие системы

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи повышения надёжности эксплуатации электрооборудования ячеек КРУ 6-10 кВ за счёт разработки и внедрения информационно-измерительной системы (ИИС) непрерывной акустической диагностики.

Актуальность работы обусловлена тем, что развитие дефектов изоляции и контактных соединений в КРУ нередко сопровождается частичными и дуговыми разрядами, а их раннее выявление является ключевым условием предупреждения тяжёлых повреждений, аварийных отключений и сопутствующих потерь. Диссертационное исследование ориентировано на создание технических и алгоритмических средств непрерывного мониторинга с автоматизированной обработкой диагностической информации и минимизацией участия обслуживающего персонала.

С отзывом ознакомлен
17.02.2026 *(подпись)*



В связи с этим тема диссертационной работы Фролова К.В., соответствующая направлению развития средств диагностики, информационно-измерительных систем, интегрирующих датчики, измерительные каналы, цифровую обработку сигналов, алгоритмы классификации режимов и метрологическое обеспечение, является актуальной. Применение результатов диссертации позволяет повысить надёжность и безопасность эксплуатации электрооборудования ячеек комплектных распределительных устройств.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения и выводы диссертации основаны на комплексном применении методов математического анализа, статистики, математического и численного моделирования, цифровой обработки сигналов и спектрального анализа, натурального эксперимента, а также положений теории волновых процессов и методов неразрушающего контроля.

Логика исследования выстроена последовательно от анализа предметной области и выбора диагностического подхода (глава 1) к экспериментальным исследованиям и идентификации параметрической модели акустических сигналов разрядов (глава 2), далее к разработке признакового описания и алгоритмов классификации режимов на основе спектральной плотности мощности (глава 3), и затем к построению архитектуры ИИС, реализации алгоритмов, метрологическому анализу и выработке рекомендаций по применению (глава 4).

3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных положений, выводов и практических рекомендаций, полученных в диссертации, обеспечивается корректным использованием математических методов и общепризнанных законов, соблюдением действующих стандартов, а также подтверждением теоретических положений результатами экспериментальных исследований. Полученные результаты не противоречат известным положениям в рассматриваемой области и подтверждаются публикациями в рецензируемых научных журналах.

В диссертации сформулированы и обоснованы результаты, обладающие научной новизной и выносимые на защиту, включая:

1. Метод бесконтактного акустического контроля ячеек КРУ 6-10 кВ, обеспечивающий непрерывный мониторинг элементов ячейки без участия обслуживающего персонала;

2. Метод кластеризации СПМ акустических сигналов с применением метода главных компонент, формирующий режимно-диагностическую карту и обеспечивающий классификацию состояния ячейки КРУ;

3. Предложена структура информационно-измерительной системы непрерывной акустической диагностики ячеек КРУ, включающая модуль предварительной обработки данных и программно-аппаратное обеспечение для автоматического выявления частичных и дуговых разрядов на ранней стадии;

4. Методика контроля работоспособности измерительных каналов ИИС на основе периодической подачи тестовых сигналов, сформированных по параметрической модели акустических сигналов разрядов, направленная на поддержание требуемых метрологических характеристик и повышение надёжности диагностики.

4. Оценка содержания диссертации и её завершенность

Диссертация изложена на 154 страницах, состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы из 145 наименований, содержит 55 рисунков, 24 таблицы и 5 приложений.

Во **введении** обоснованы актуальность темы, сформулированы цель и задачи, охарактеризованы объект и предмет исследования, приведены сведения о методологии, новизне, практической значимости и достоверности результатов.

В **первой главе** выполнен обзор и анализ современных методов и схем защиты КРУ от частичных и дуговых разрядов, проанализированы средства мониторинга и диагностики технического состояния электрооборудования, рассмотрены существующие конструктивные решения и ИИС акустического контроля, сформулированы выводы и требования к разрабатываемой системе.

Во **второй главе** представлены экспериментальные исследования акустических сигналов, выполнена параметрическая идентификация математической модели сигналов разрядов и подтверждение её применимости для задач диагностики и формирования тестовых воздействий.

В **третьей главе** выполнен спектральный анализ акустического сигнала и разработан метод формирования диагностических признаков на основе СПМ. Показано применение БИХ-фильтра 2-го порядка для выделения целевой полосы частот с ключевыми значениями СПМ 20, 30 и 40 кГц, построена

режимно-диагностическая карта и представлена кластеризация режимов нормальный, предаварийный, аварийный.

В четвёртой главе разработаны архитектура ИИС, структурные и функциональные схемы, аппаратное обеспечение, методика контроля работоспособности измерительных каналов, алгоритм обработки данных непрерывной диагностики и выполнен метрологический анализ с построением модели измерительного канала и учётом составляющих погрешности (датчик, усилительный тракт, АЦП, микроконтроллер, канал передачи).

В целом диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной задачи разработки ИИС непрерывной акустической диагностики КРУ и обоснованный набор научных и практических результатов.

5. Значимость для науки и практики полученных результатов

Теоретическая значимость результатов определяется развитием методов обработки и интерпретации акустических сигналов разрядных процессов в составе информационно-измерительной системы, включая построение режимно-диагностической карты на основе признаков СПМ и применение методов кластеризации.

Практическая значимость заключается в разработке архитектуры и программно-аппаратной реализации ИИС непрерывной диагностики, включающей модуль предварительной обработки данных и методику самоконтроля измерительных каналов на основе тестовых сигналов по параметрической модели, а также в выполнении метрологического анализа измерительного канала ИИС.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

6. Замечания по диссертационной работе

Отмечая актуальность, научную новизну и практическую значимость результатов, ведущая организация считает необходимым указать следующие замечания и вопросы (носящие уточняющий характер):

1. В диссертации автор уделил основное внимание диагностике частичных и дуговых разрядов, но при этом не представлены результаты анализа ложной интерпретации при использовании сигналов иных акустических источников.

2. В работе не рассматривается вопрос снижения чувствительности акустических датчиков при их длительной эксплуатации, что может существенно снизить надежность полученных результатов.

3. В главе 3 при обосновании применения БИХ-фильтра 2-го порядка можно дополнительно привести количественную оценку подавления внеполосных компонентов в окрестности ключевых частот.

4. В главе 4 при описании методики самоконтроля измерительных каналов целесообразно более четко и наглядно отобразить цепочку «параметрическая модель, синтез тестового сигнала, критерии сравнения».

5. При проведении метрологического анализа можно было дополнить итоговую инструментальную погрешность ранжированием вкладов основных составляющих измерительного канала.

Указанные замечания имеют рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

7. Заключение о соответствии диссертации установленным требованиям

Диссертация Фролова Кирилла Владимировича на тему «Информационно-измерительная система непрерывной акустической диагностики электрооборудования ячеек комплектных распределительных устройств» соответствует паспорту научной специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы и является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей обоснованные научные положения и практические результаты.

По уровню актуальности, научной новизны, обоснованности и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует требованиям ВАК при Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Фролов Кирилл Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Диссертационная работа и отзыв ведущей организации обсуждены на заседании кафедры «Информационно-измерительная техника и метрология» (протокол № 6 от «2» февраля 2026 г.)

Отзыв подготовил

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационно-измерительная техника и метрология» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Печерская Екатерина Анатольевна

Подпись Печерской Е.А. заверяю:

Ученый секретарь ученого совета

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»



Дорофеева Ольга Станиславовна

Почтовый адрес:

440026, г. Пенза, ул. Красная, 40

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Телефон: (8412) 66-65-96, e-mail: iit@pnzgu.ru