

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.377.04 (Д 212.217.07),
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 12 марта 2026 г. № 1

О присуждении Фролову Кириллу Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Информационно-измерительная система непрерывной акустической диагностики электрооборудования ячеек комплектных распределительных устройств» по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы принята к защите 25 декабря 2025 г., протокол №7, диссертационным советом 24.2.377.04 (Д 212.217.07), созданным на базе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, приказом Минобрнауки РФ от 16 ноября 2017 г. № 1119/нк.

Соискатель Фролов Кирилл Владимирович родился 03 сентября 1981 года рождения, в 2003 году с отличием окончил ГОУ ВПО «Самарский государственный технический университет» по специальности «Информационно-измерительная техника и технологии». В период подготовки диссертации с 2018 по 2025 гг. обучался в аспирантуре ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» по специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы». С 01 апреля 2025 года по 31 мая 2025 года Фролов К.В. зачислен в качестве лица, прикрепленного для сдачи кандидатских экзаменов по научной специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы. С сентября 2018 года по настоящее время работает в должности старшего преподавателя кафедры «Информационно-измерительная техника» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», с 2018 по 2025 гг. работал начальником информационно-вычислительного центра, с 2021 года по настоящее время работает в должности старшего преподавателя кафедры «Инженерные технологии» в филиале ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» в г. Белебее Республики Башкортостан.

Диссертация выполнена на кафедре «Информационно-измерительная техника» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Инаходова Лолита Меджидовна, директор филиала ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» в г. Белебее Республики.

Официальные оппоненты:

Воловач Владимир Иванович, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса», директор высшей школы

передовых производственных технологий, г. Тольятти;

Фрейман Владимир Исаакович, доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», профессор кафедры «Автоматика и телемеханика», г. Пермь;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, в своем положительном заключении, подписанном Печерской Е.А., д.т.н., профессором, заведующей кафедрой «Информационно-измерительная техника и метрология» и утвержденном д.э.н., профессором, проректором по научной работе и инновационной деятельности Васиным С.М., указала, что диссертация представляет собой самостоятельную, завершённую научно-квалификационную работу, отличающуюся научной новизной, актуальностью и практической значимостью.

Соискатель имеет 14 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 3 статьи – в рецензируемых научных изданиях, 11 статей – в прочих изданиях и трудах всероссийских и международных конференций, получено 2 патента на изобретение. Суммарный объем публикаций с участием соискателя составляет 4,64 печатных листов, объем работ, написанных единолично, составляет – 0,88 печатных листа.

Наиболее значимые научные работы Фролова К.В. по теме диссертации:

1. Фролов, К. В. Экспериментальное исследование информационных параметров акустического шума / К. В. Фролов, Л. М. Инаходова // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2024. – № 2 (48). С. 25-31.

2. Фролов, К. В. Создание информационно-измерительной системы защиты от дуговых и частичных разрядов в комплектных распределительных устройствах подстанций / К. В. Фролов // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2024. – № 2 (73). – С. 17-30.

3. Фролов, К. В. Алгоритмическая обработка акустических сигналов для выявления предаварийных и аварийных состояний комплектных распределительных устройств / К. В. Фролов, Л. М. Инаходова // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2025. – Т. 33, № 3. – С. 111-120.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1. Ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет», г. Пенза. В отзыве приведены следующие замечания: в диссертации автор уделил основное внимание диагностике частичных и дуговых разрядов, но при этом не представил результаты анализа ложной интерпретации при использовании сигналов иных акустических источников; в работе не рассматривается вопрос снижения чувствительности акустических датчиков при их длительной эксплуатации, что может существенно снизить надежность полученных результатов; в главе 3 при обосновании применения БИХ-фильтра 2-го порядка можно дополнительно привести количественную оценку подавления внеполосных компонентов в окрестности ключевых частот; в главе 4 при описании методики самоконтроля измерительных каналов

целесообразно более четко и наглядно отобразить цепочку «параметрическая модель, синтез тестового сигнала, критерии сравнения»; при проведении метрологического анализа можно было дополнить итоговую инструментальную погрешность ранжированием вкладов основных составляющих измерительного канала.

2. Официального оппонента д.т.н., доцента Воловача Владимира Ивановича, в котором содержатся следующие замечания: в первой главе диссертации описана ИИС контроля образцов материалов и изделий акустическим методом. Полезно было бы уточнить, какие именно элементы и функции в разрабатываемой системе заимствуются из описанной, а какие являются принципиально новыми; в работе рассматривается двухканальная измерительная система, при этом не анализируется влияние возможного неодновременного прихода сигнала с датчиков на результаты диагностики; в главе 3 целесообразно более явно сформулировать правило принятия решения при пограничных значениях признаков на режимно-диагностической карте; в диссертации в недостаточной степени обсуждается вопрос использования метода кластеризации акустических сигналов, а также других альтернативных методов машинного обучения; частота дискретизации в эксперименте указана 160 кГц; далее в главе 3 предлагается 100 кГц. Нужно пояснить, почему допустима смена частоты дискретизации; в части архитектуры ИИС (глава 4) недостаточно информации об отказоустойчивости системы на уровне обмена данными и типовых отказов измерительного модуля.

3. Официального оппонента д.т.н., доцента Фреймана Владимира Исааковича, в котором содержатся следующие замечания: в разделах «Введение» диссертации и «Общая характеристика работы» автореферата желательно было бы сформулировать имеющееся научно-техническое противоречие и гипотезу, что достижение цели и решение поставленных задач диссертационного исследования его разрешит; в заглавии и тексте работы применяются разные термины: «комплектные распределительные устройства» и «комплектно-распределительные устройства», обозначающие одно и то же (уместнее всё же использование первого, ориентируясь, например, на ГОСТ Р 55190-2022); на стр. 21 при обосновании выбора метода диагностирования основное внимание уделено описанию преимуществ бесконтактных методов по сравнению с контактными, при этом не приведено столь же подробное обоснование выбора именно акустических методов (кроме констатации их перспективности). Хотя затем с помощью метода анализа иерархий это численно аргументируется; на стр. 43 приводится описание размещения акустических датчиков, но не обосновывается, как их количество и расположение может влиять на результаты измерений; не обоснован выбор цифрового фильтра (КИХ. БИХ) и его порядка; также можно было бы использовать структуру с прямой формой II, что позволило бы уменьшить количество элементов памяти в два раза; судя по кластерному графу (рис. 3.11), графики для разных режимов работы достаточно четко локализованы, в связи с чем недостаточно подробно обосновано использование сложного метода главных компонент для кластеризации при принятии решения; при анализе структуры ИИС (стр. 86) говорится об использовании двух датчиков для снижения вероятности статистических ошибок второго (и, очевидно, первого) рода, но это в работе не оценивается; в работе много расчетов и конкретных значений параметров,

но на фоне этого не ясна возможность применения полученных результатов для аналогичных устройств либо в смежных областях техники, что важно для обоснования их теоретической значимости; имеют место неточности, например: в подписи к рис. 2.1 на стр. 40 используется частично дословный перевод FPGA как «поле-программируемая ...», хотя общепринятый перевод «программируемая логическая интегральная схема» (программирование «в поле», то есть после изготовления, многократно); на стр. 42 говорится о регистрации «звуковых колебаний» в диапазоне до 80 кГц, хотя это уже ультразвук; в формулах (2.2) и (2.13) в числителе два одинаковых параметра u_i ; на стр. 51 сказано, что вейвлет-анализ применяется для «непериодических» сигналов (вместо «для нестационарных»); в формуле (2.12) приведен не совсем канонический вид прямого дискретного преобразования Фурье (параметр f_k не описан, там должен быть просто индекс частотного отчета k).

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов от:

к.т.н., доцента, директора института энергетики, Эзирбаева Т.Б., ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный; д.т.н., доцента, профессора кафедры электрооборудования, Зацепиной В.И., ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк; к.т.н., доцента, заведующего кафедрой «Управление в технических системах», Тамьярова А.В., ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», г. Ульяновск; д.т.н., профессора, профессора кафедры радиофоники и микроволновых технологий, Сахабутдинова А.Ж., ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань; д.т.н., профессора, профессора кафедры электронной инженерии, Фетисова В.С., ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа; д.т.н., доцента, заведующего кафедрой «Приборы и биотехнические системы», Прохорцова А.В., ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула; к.т.н., генерального директора ООО «Научно-технический центр «ЭгидА», Мисейко А.Н., г. Москва.

В отзывах на автореферат замечания касаются вопросов: архитектуры ИИС и эксплуатационных факторов; выбора ключевых частот и фильтрации; методики выделения и детализации диагностических признаков и принятия решений; воспроизводимости и переносимости результатов исследования; редакционно-оформительских и справочных аспектов.

Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы Фролова К.В. требованиям Положения о присуждении ученых степеней, указывается, что ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается многолетним опытом работы, высокой компетентностью и наличием публикаций, соответствующих тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана информационно-измерительная система непрерывной акустической диагностики электрооборудования ячеек комплектных распределительных устройств (КРУ), включающая архитектуру, алгоритмы обработки, программно-аппаратные средства и микроконтроллер для предварительной обработки измерительной информации, а также встроенный метрологический самоконтроль с помощью периодической подачи тестовых сигналов, синтезированных по параметрической модели разрядов;

предложен метод непрерывного бесконтактного акустического контроля, совмещающий диагностику элементов отсека ячейки КРУ за счет использования двух широкополосных датчиков, размещенных в зонах минимального электромагнитного воздействия на них, с формированием значений режимно-диагностических критериев по диагностическим частотам;

доказана перспективность практического применения разработанной ИИС по результатам теоретических и экспериментальных исследований, метрологического анализа с учетом эффекта от применения ИИС. Установлено, что предложенные рекомендации и использование ИИС обеспечивают снижение аварийности электрооборудования КРУ, обусловленной дуговыми и частичными разрядами.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность и значимость метода бесконтактного акустического контроля комплектных распределительных устройств, распространяющего и расширяющего область применения теории возникновения и распространения акустических сигналов на акустику частотных и дуговых разрядов в различных режимах работы электрооборудования;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы: методы математической статистики, цифровой обработки сигналов и методы экспертного анализа, гармонический и спектральный анализ, дискретное преобразование Фурье с оконной обработкой, полосовая фильтрация и методы кластеризации;

изложены теоретические основания выявления и формирования диагностических признаков состояния ячейки КРУ по спектральной плотности мощности диагностических сигналов и алгоритмы их применения в составе ИИС для идентификации и классификации состояния ячейки КРУ;

раскрыты особенности проявления и роль частичных и дуговых разрядов как индикаторов аварийного, предаварийного и нормального состояния электрооборудования, а также ограничения традиционных методов диагностики, мотивирующие переход к непрерывному бесконтактному акустическому мониторингу состояния ячеек КРУ;

изучены количественные закономерности изменения спектральной плотности мощности акустического сигнала на диагностических частотах и выявлены диапазоны её изменения в нормальном, предаварийном и аварийном режиме работы ячейки КРУ для создания режимно-диагностической карты.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены методика кластеризации спектральной плотности мощности акустических сигналов и метод бесконтактного акустического контроля для комплексного непрерывного мониторинга ячеек КРУ; методика контроля метрологических характеристик измерительных каналов ИИС; информационно-измерительная система непрерывного акустического контроля и диагностики электрооборудования ячеек КРУ 6-10 кВ;

определены преимущества и перспективы разработанной ИИС для повышения надёжности электроснабжения промышленных объектов и снижения аварийности КРУ за счёт оперативного выявления предаварийных состояний без участия обслуживающего персонала и без вывода оборудования из работы;

созданы метод и устройство для комплексного бесконтактного акустического контроля и диагностики в составе ИИС элементов отсека ячейки КРУ, алгоритм кластеризации спектральной плотности мощности акустических сигналов, методика контроля работоспособности измерительных каналов, а также разработаны рекомендации по интеграции и применению разработанных методов и методик в существующих системах защиты ячеек КРУ 6-10 кВ;

представлены результаты натуральных экспериментальных исследований, гармонического и спектрального анализа акустических сигналов, метрологического анализа ИИС, а также документы о внедрении результатов диссертационного исследования в реальных условиях эксплуатации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных и общепринятых научных положениях и методах теории волновых процессов, акустических колебаний, цифровой обработки сигналов, спектрального анализа и методов неразрушающего контроля; приведенные выводы и рекомендации подтверждаются корректным применением математического аппарата, результатами натуральных экспериментальных исследований, параметрической идентификацией математической модели акустического сигнала, метрологическим анализом и внедрением разработанной ИИС на реальных объектах энергетики;

идея базируется на анализе опыта и практики в области акустики частичных и дуговых разрядов, диагностики и мониторинга электрооборудования, информационно-измерительных систем, обобщении современных подходов к бесконтактному акустическому контролю электрооборудования;

использованы результаты анализа работ отечественных и зарубежных авторов, статистические данные аварийности предприятий АО «Самарская сетевая компания» и ООО «Башкирэнерго», собственные экспериментальные исследования акустических сигналов в эксплуатируемых КРУ 6-10 кВ, гармонический и спектральный анализ, методы кластеризации, численное и математическое моделирование;

установлено, что результаты экспериментальных исследований акустических сигналов, полученные на экспериментальной установке автора, не противоречат фундаментальным физическим законам распространения акустических волн в

электрооборудовании, результатам из независимых источников, и подтверждают корректность принятых допущений и математической модели частичных и дуговых разрядов;

использованы современные методы и средства цифровой обработки сигналов, спектрального анализа, метрологического анализа в соответствии с действующими нормативными документами.

Личный вклад соискателя состоит в решении научных и технических задач на всех этапах выполнения диссертационной работы: разработке метода бесконтактного акустического контроля и методики кластеризации спектральной плотности мощности акустических сигналов с формированием режимно-диагностической карты; проведении экспериментальных исследований и параметрической идентификации модели сигнала; создании архитектуры, алгоритмов и аппаратного обеспечения ИИС; выполнении метрологического анализа; разработке рекомендаций по внедрению; подготовке публикаций и патентов.

Соискатель Фролов К.В. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании №8 от 12 марта 2026 года диссертационный совет принял решение: за новое научно обоснованное техническое решение задачи разработки информационно-измерительной системы непрерывной акустической диагностики электрооборудования ячеек комплектных распределительных устройств, имеющей важное значение для развития страны, присудить Фролову Кириллу Владимировичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по научной специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за присуждение ученой степени» – 17, «против» – 0.

Председатель заседания
диссертационного совета
24.2.377.04 (Д 212.217.07)



Лившиц Михаил Юрьевич

И.о. ученого секретаря
диссертационного совета
(Д 212.217.07)

Дилигензская Анна
Николаевна

12 марта 2026 г.