

Протокол № 154
заседания диссертационного совета Д 212.064.01,
созданного при федеральном государственном бюджетном образовательном
учреждении высшего образования «Ивановский государственный
энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ),

от 25 июня 2022 года

при защите диссертации Страхова Александра Станиславовича
на тему «Разработка методов контроля технического состояния обмоток роторов
электродвигателей собственных нужд электростанций в пусковом режиме»,
по специальности 05.14.02 – Электрические станции и
электроэнергетические системы
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Присутствуют 18 членов диссертационного совета из 23:

- | | | |
|-----|--|--------------------------|
| 1. | Шуин Владимир Александрович (председатель) | д-р техн. наук, 05.14.02 |
| 2. | Ларин Борис Михайлович (зам. председателя) | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 3. | Ледуховский Григорий Васильевич Николаевич
(ученый секретарь) | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 4. | Барочкин Евгений Витальевич | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 5. | Бухмиров Вячеслав Викторович | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 6. | Бушуев Евгений Николаевич | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 7. | Голубев Александр Николаевич | д-р техн. наук, 05.14.02 |
| 8. | Горбунов Владимир Александрович | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 9. | Жуков Владимир Павлович | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 10. | Куликов Александр Леонидович | д-р техн. наук, 05.14.02 |
| 11. | Очков Валерий Федорович | д-р техн. наук, 05.14.14 |
| 12. | Папков Борис Васильевич | д-р техн. наук, 05.14.02 |
| 13. | Савельев Виталий Андреевич | д-р техн. наук, 05.14.02 |
| 14. | Соколов Анатолий Константинович | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 15. | Сокольский Анатолий Иванович | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 16. | Тихонов Андрей Ильич | д-р техн. наук, 05.14.02 |
| 17. | Шелгинский Александр Яковлевич | д-р техн. наук, 05.14.04 |
| 18. | Шувалов Сергей Ильич | д-р техн. наук, 05.14.14 |

а также официальные оппоненты, аспиранты и преподаватели ИГЭУ.

Председательствующий профессор Шуин Владимир Александрович на основании явочного листа извещает членов Совета о правомочности заседания.

Списочный состав совета 23 человека.

Присутствуют на заседании 18 членов совета из 23, в том числе докторов наук по специальности 05.14.02 – 6. Таким образом, Совет правомочен начать защиту.

Заседание считается открытым.

Председательствующий объявляет о защите кандидатской диссертации

Страхова Александра Станиславовича на тему «Разработка методов контроля технического состояния обмоток роторов электродвигателей собственных нужд электростанций в пусковом режиме».

Диссертация принята к защите решением диссертационного совета от 13 апреля 2022 г., протокол № 151-3.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Скоробогатов Андрей Александрович, доцент кафедры «Электрические станции, подстанции и диагностика электрооборудования» Ивановского государственного энергетического университета

Официальные оппоненты:

– Кужеков Станислав Лукьянович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск), профессор кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы»;

– Вуколов Владимир Юрьевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», доцент кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника».

Ведущая организация: Акционерное общество «Научно-технический центр Россети Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» (АО «НТЦ Россети ФСК ЕЭС»), г. Москва.

Ученый секретарь Ледуховский Г.В. кратко докладывает об основном содержании представленных документов (копии диплома о высшем образовании, копии диплома об окончании аспирантуры, а также заключения организации, где выполнялась работа) и сообщает присутствующим, что все представленные документы соответствуют установленным требованиям.

Соискатель излагает основные положения диссертации и отвечает на вопросы членов совета: Шувалова С.И., Папкина Б.В., Очкова В.Ф., Жукова В.П., Куликова А.Л., Горбунова В.А., Тихонова А.И., Голубева А.Н., Савельева В.А.

После технического перерыва слово предоставляется научному руководителю Скоробогатову Андрею Александровичу.

Ученый секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась работа, оформленное в виде выписки из протокола № 4 расширенного заседания кафедры «Электрические станции, подстанции и диагностика электрооборудования» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» от 28 декабря 2021 г.

Ученый секретарь оглашает отзыв ведущей организации «Акционерное общество «Научно-технический центр Россети Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» (АО «НТЦ Россети ФСК ЕЭС»), г. Москва.

Ученый секретарь извещает членов совета, что на автореферат диссертации поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные:

1. Белорусский национальный технический университет, г. Минск;
2. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург);
3. ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»;

4. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»;
5. ФГБОУ УН «Институт систем энергетики им. Л.А.Мелентьева СО РАН», г. Иркутск;
6. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет».

Соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзыве ведущей организации и в отзывах на автореферат.

Ученый секретарь зачитывает положительный отзыв официального оппонента Кужекова Станислава Лукьяновича, *отсутствующего по уважительной причине*. Соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзыве оппонента.

Слово предоставляется официальному оппоненту Вуколову Владимиру Юрьевичу. Соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзыве оппонента.

В дальнейшей дискуссии участвуют члены совета: Куликов А.Л., Бухмиров В.В., Савельев В.А.

После заключительного слова соискателя диссертационный совет переходит к тайному голосованию. Единогласно избирается счетная комиссия из трех членов совета: Очков В.Ф., Бухмиров В.В., Барочкин Е.В.

После проведения тайного голосования председатель счетной комиссии совета Барочкин Е.В. оглашает протокол счетной комиссии с результатами голосования:

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 23 человек.

Присутствовало на заседании 18 членов совета, в том числе по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» – 6 докторов наук.

Роздано бюллетеней – 18. Осталось не розданный бюллетеней – 5. Оказалось в урне бюллетеней – 18.

Результаты голосования по вопросу о присуждении Страхову Александру Станиславовичу ученой степени кандидата технических наук подано голосов: «за» – 18, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Совет открытым голосованием единогласно («за» – 18, «против» – нет) утверждает протокол счетной комиссии и результаты голосования.

Председательствующий поздравляет соискателя Страхова А.С. с присуждением ему ученой степени кандидата технических наук.

Совет переходит к обсуждению проекта заключения. После обсуждения Совет открытым голосованием единогласно («за» – 18, «против» – нет) принимает следующее заключение:

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.064.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Ивановский
государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

решение диссертационного совета от 25 июня 2022 г. № 154

О присуждении **Страхову Александру Станиславовичу**, гражданину России, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методов контроля технического состояния обмоток роторов электродвигателей собственных нужд электростанций в пусковом режиме» по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы» принята к защите 13 апреля 2022 г. (протокол заседания №151-3) диссертационным советом Д 212.064.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ) Минобрнауки России, 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34, приказом № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Страхов Александр Станиславович, 19 декабря 1990 года рождения.

В 2015 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» по программе магистратуры по направлению подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника». В 2019 году освоил программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника» с направленностью (профилем) «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Работает старшим преподавателем кафедры «Электрические станции, подстанции и диагностика электрооборудования» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Электрические станции, подстанции и диагностика электрооборудования» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат технических наук Скоробогатов Андрей Александрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», доцент кафедры «Электрические станции, подстанции и диагностика электрооборудования».

Официальные оппоненты:

– Кужеков Станислав Лукьянович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», профессор кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы»;

– Вуколов Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», доцент кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Научно-технический центр Россети Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Хренниковым Александром Юрьевичем, доктором технических наук, профессором, ученым секретарем НТС Департамента НТС и научно-технической информации и утвержденном начальником департа-

мента НТС и технической информации – Научным руководителем АО «Научно-технический центр Россети Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы», доктором технических наук, профессором Панфиловым Дмитрием Ивановичем, констатировала, что диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований и разработок на актуальную тему предложены новые методы контроля технического состояния обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей механизмов топливоприготовления и тягодутьевого тракта на электростанциях. Диссертация отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. в актуальной редакции, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствующим специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы», автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации, а ее автор, Страхов Александр Станиславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук. Также в отзыве ведущей организации отмечено, что разработанные методы и методика проведения контроля технического состояния обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд рекомендуются к использованию персоналом, занимающимся обслуживанием высоковольтных асинхронных электродвигателей и проведением контроля их технического состояния на электростанциях. Также результаты могут быть использованы при проведении учебных занятий по дисциплинам, посвященным изучению методов диагностирования электрооборудования электростанций.

Соискатель имеет 22 опубликованные работы по теме диссертации общим объемом 10,58 печатных листа, авторский вклад – 2,5 печатных листа, из них 4 статьи опубликованы в рецензируемых изданиях по перечню ВАК РФ, 2 статьи, переводные версии которых опубликованы в журналах, индексируемых в международной базе SCOPUS, получено 2 патента РФ на изобретение. В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Основные результаты диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

1. Савельев, В.А. Метод контроля состояния обмоток роторов высоковольтных электродвигателей собственных нужд электростанций при пуске / В.А. Савельев, **А.С. Страхов**, Е.М. Новоселов, Д.А. Полкошников, А.А. Скоробогатов // Вестник ИГЭУ. – Иваново, 2019. – Вып. 4. – С. 31–44 (в статье приводится разработанный метод контроля технического состояния обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд электростанций в пусковом режиме работы по внешнему магнитному полю и его апробация на математических моделях двигателей);

2. Назарычев, А.Н. Оценка последствий отказа асинхронных электродвигателей вследствие обрывов стержней короткозамкнутых обмоток роторов / А.Н. Назарычев, **А.С. Страхов**, Е.М. Новоселов, Д.А. Полкошников, А.Н. Морозов, А.А. Скоробогатов // Электричество. – 2021. – № 9. – С. 12–20 (в статье представлены результаты оценки экономического ущерба для электростанций из-за повреждения обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей по результатам обработки статистических данных и расчета потерь на математической модели асинхронного двигателя);

3. Nazarychev, A.N. Experimental Determination of Diagnostic Signs of Damage to the Rotor Windings of High-Voltage Power Plant Motors in Startup Mode (Экспериментальное определение диагностических признаков повреждения обмоток роторов высоковольтных двигателей электростанций в режиме пуска) / A.N. Nazarychev, **A.A. Pugachev**, E.M. Novoselov, D.A. Polkoshnikov, **A.S. Strakhov**, A.A. Skorobogatov // Rus-

sian Journal of Nondestructive Testing, 2020, Т. 56, № 5, pp. 408–416 (в работе представлены результаты апробации метода контроля технического состояния обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд электростанций в пусковом режиме работы по внешнему магнитному полю на экспериментальном стенде и сопоставление экспериментальных данных с полученными на математической модели двигателя, описана методика регистрации сигнала внешнего магнитного поля на асинхронных двигателях);

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов из организаций: Белорусский национальный технический университет, г. Минск (подписал д-р техн. наук, профессор М.А. Короткевич, профессор кафедры «Электрические системы»); ФГА-ОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург (подписал д-р техн. наук, профессор А.В. Паздерин, заведующий кафедрой «Автоматизированные электрические системы»); ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (подписал д-р техн. наук, доцент В.М. Левин, заведующий кафедрой «Автоматизированные электроэнергетические системы»); ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (подписал канд. техн. наук, доцент А.С. Ведерников, декан электротехнического факультета); ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук», г. Иркутск (подписал д-р техн. наук, ст. н. сотр. С.М. Сендеров, главный научный сотрудник, заведующий отделом энергетической безопасности); ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет» (подписал канд. техн. наук, доцент Ю.Л. Жуковский, директор Учебно-научного центра цифровых технологий, доцент кафедры электроэнергетики и электромеханики).

Основные замечания, содержащиеся в отзывах, не носят критического характера и касаются стиля изложения научных результатов работы, недостаточного обоснования выбора радиальной составляющей внешнего магнитного поля в качестве диагностического сигнала и рассмотрения только динамического эксцентриситета в качестве фактора, затрудняющего процесс контроля технического состояния, недостаточно полного описания предлагаемой методики проведения контроля в ходе эксплуатации асинхронных двигателей собственных нужд.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их соответствием критериям, предъявляемым пунктами 22, 24 «Положения о присуждении ученых степеней», а также их научно-исследовательской деятельностью и публикационной активностью в области повышения надежности и эффективности функционирования оборудования электрических станций и электроэнергетических систем, что позволяет им квалифицированно определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые методы контроля состояния обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей механизмов топливоприготовления и тягодутьевого тракта на электрических станциях; алгоритм для проведения обработки пусковых сигналов внешнего магнитного поля и тока статора асинхронных двигателей с тяжелыми длительными пусками;

предложено новое применение метода спектрального анализа сигналов внешнего магнитного поля и тока статора высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд электростанций в пусковом режиме;

доказана возможность использования в качестве диагностических признаков возрас-

тания амплитуд гармонических составляющих, отражающих наличие повреждения обмоток роторов асинхронных двигателей собственных нужд электростанций, в спектрах тока статора и внешнего магнитного поля; большая чувствительность разработанных методов контроля к повреждению обмоток роторов по сравнению с существующими методами;

введено новое понятие отраженных гармонических составляющих, характерных для спектров асинхронных двигателей в пусковом режиме при наличии повреждений обмоток роторов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано наличие в сигналах радиальной составляющей индукции внешнего магнитного поля и тока статора в режиме пуска диагностической информации, которая может быть использована в целях контроля технического состояния высоковольтных асинхронных двигателей с тяжелыми длительными пусками, работающих в системе собственных нужд электрических станций; возникновение значительного экономического ущерба, который могут понести электрические станции вследствие обрывов стержней обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей механизмов топливоприготовления и тягодутьевого тракта;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы спектрального анализа нестационарных сигналов, теории магнитного поля, обработки экспериментальных данных, методы математического и физического моделирования; **изложены** условия проведения контроля технического состояния обмоток роторов при пуске высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд электрических станций при использовании для обработки сигнала оконного преобразования Фурье;

раскрыты недостатки применяемых для контроля технического состояния обмоток роторов асинхронных двигателей методов и их низкая эффективность для контроля состояния обмоток роторов электродвигателей тягодутьевого тракта и топливоприготовления электростанций;

изучено влияние обрывов стержней обмоток роторов и динамического эксцентриситета высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд электрических станций на гармонический состав пусковых сигналов внешнего магнитного поля и тока статора;

проведена модернизация испытательного стенда, предназначенного для исследования влияния обрывов стержней обмотки ротора электродвигателя на гармонический состав внешнего магнитного поля и тока статора.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена методика проведения контроля технического состояния обмоток роторов при пуске высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд электрических станций на ТЭЦ-2 города Иваново и в учебном процессе ИГЭУ при проведении лабораторных работ на кафедре электрических станций, подстанций и диагностики электрооборудования. В основу методики положены разработанные методы контроля с обработкой сигналов при помощи оконного преобразования Фурье и оценкой технического состояния на основе модельного анализа;

определены перспективы использования разработанных методов и методики для уменьшения числа незапланированных остановов или снижения мощности энергоблоков, а также снижения экономических затрат электрических станций на ремонты

высоковольтных асинхронных двигателей системы собственных нужд с тяжелыми длительными пусками за счет раннего выявления обрывов стержней короткозамкнутых обмоток роторов;

создан комплекс рекомендаций по применению авторской методики контроля технического состояния высоковольтных асинхронных двигателей с тяжелыми длительными пусками, работающих в системе собственных нужд электрических станций, и необходимые для этого программно-технические средства;

представлены результаты исследования и условия применения новых методов, рекомендуемых для широкого использования на электрических станциях России для проведения контроля технического состояния короткозамкнутых обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях; результаты исследований, полученные на математических моделях, на экспериментальном стенде и в ходе натурного эксперимента на двух электрических станциях, не противоречат друг другу и согласуются с выдвигаемыми теоретическими положениями;

теория согласуется с опубликованными результатами исследований, проведенных другими авторами; полученные результаты не противоречат основным положениям технических наук;

идея базируется на анализе существующих подходов к вопросам контроля технического состояния обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей;

использованы опубликованные результаты исследований других авторов, касающиеся контроля технического состояния обмоток роторов асинхронных электродвигателей; произведено сравнение чувствительности разработанных методов контроля с несколькими известными методами;

установлено соответствие результатов исследований автора на экспериментальном стенде и математических моделях высоковольтных двигателей с результатами, полученными на асинхронных двигателях на электрических станциях;

использованы современные методики регистрации и обработки диагностических сигналов внешнего магнитного поля и тока статора асинхронных двигателей.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследования; в анализе последствий повреждения обмоток роторов высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд для электрической станции, включая их экономическую оценку; в анализе существующих методов контроля технического состояния короткозамкнутой обмотки ротора асинхронных электродвигателей; в разработке алгоритма для анализа пусковых сигналов тока статора и радиальной составляющей индукции внешнего магнитного поля асинхронных двигателей с тяжелыми длительными пусками на основе оконного преобразования Фурье; в описании гармонического состава сигналов тока статора и радиальной составляющей индукции внешнего магнитного поля в процессе пуска высоковольтных асинхронных двигателей собственных нужд электрических станций; в выявлении диагностических признаков и параметров обрывов стержней обмотки ротора в спектрах пусковых сигналов тока статора и радиальной составляющей индукции внешнего магнитного поля; в проведении измерений, сборе, обработке и анализе экспериментальных данных на математических моделях, экспериментальном стенде и в ходе натурного эксперимента; в разработке методов и методики проведения контроля технического состояния обмотки ротора асинхронного электродвигателя по радиальной составляющей индукции внешнего магнитного поля и току

статора при пуске; в подготовке публикаций по результатам исследований.

В ходе защиты диссертации критических замечаний, подвергающих сомнению научную новизну и практическую ценность результатов диссертационных исследований, не поступило.

На заседании 25 июня 2022 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей существенное значение для развития электроэнергетической отрасли, присудить Страхову А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» –18, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

На этом заседание диссертационного совета считается закрытым.

Председатель
диссертационного совета

Шуин Владимир Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ледуховский Григорий Васильевич

Подписи Шуина В.А. и Ледуховского Г.В.
заверяю, Ученый секретарь Совета

Шириева - Шириева Ольга Алексеевна

