

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 10 июня 2024 г. протокол № 1

О присуждении Лютиковой Марине Николаевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация на тему «Факторы старения изоляционной системы высоковольтных трансформаторов и повышение ее долговечности» **по специальности** 2.4.1 – «Теоретическая и прикладная электротехника» принята к защите 26 февраля 2024 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.347.07, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №1106/нк от 23.05.2023 г.

Соискатель Лютикова Марина Николаевна, «22» марта 1983 года рождения. В период подготовки диссертации с 01.04.2019 г. по 01.04.2022 г. соискатель Лютикова Марина Николаевна обучалась в очной докторантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ). Тема диссертации «Факторы старения изоляционной системы высоковольтных трансформаторов и повышение ее долговечности» утверждена решением ученого совета факультета энергетики НГТУ

(протокол № 6 от 18.04.2019 г.).

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук «Изучение состава биологически активных компонентов дикорастущих ягод *Vaccinium vitis-idaea* и *Oxycoccus palustris* в зависимости от степени их зрелости и условий хранения» по специальности 02.00.10 – «Биоорганическая химия» защитила в 2013 году в диссертационном совете Д002.102.01, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физиологически активных веществ Российской академии наук.

Работает в должности ведущего инженера-химика - руководителя лаборатории службы диагностики в филиале Публичного акционерного общества «Россети» - Ямало-Ненецкое Предприятие магистральных электрических сетей, трудовая деятельность осуществляется с 2010 года.

С 2019 года и по настоящее время Лютикова М.Н. работает по совместительству в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» на кафедре Безопасности труда в должности доцента.

Диссертация выполнена на кафедре Безопасности труда Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор Коробейников Сергей Миронович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра Безопасности труда, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Ушаков Василий Яковлевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», отделение электроэнергетики и электротехники, профессор, г. Томск;

Туранов Александр Николаевич, доктор технических наук, Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», лаборатория молекулярной радиоспектроскопии, старший научный сотрудник, г. Казань;

Кандалинцева Наталья Валерьевна, доктор химических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный педагогический университет», кафедра химии, заведующий кафедрой, г. Новосибирск, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН), г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Василяк Леонидом Михайловичем, доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником лаборатории № 2.3 – плазмы отдела № 2 – электрофизических и плазменных технологий ОИВТ РАН, и утвержденном Петровым Олегом Фёдоровичем, академиком, директором ОИВТ РАН, указала, что диссертационная работа Лютиковой Марины Николаевны выполнена на высоком экспериментальном уровне, вносит существенный вклад в понимание о методах диагностирования состояния жидкой изоляции высоковольтного оборудования с применением наиболее эффективных методик, а также способов улучшения электроизоляционных свойств трансформаторных масел путем дополнительного ингибирования и смешивания с синтетическим эфиром. Выводы диссертационной работы научно обоснованы и не вызывают сомнений. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. Диссертационная работа

Лютиковой Марины Николаевны представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» № 842 от 24.09.2013 г. (ред. 25.01.2024 г.), а ее автор, Лютикова М.Н., заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.1 – «Теоретическая и прикладная электротехника».

Соискатель имеет 44 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 44 работы, из них 10 статей в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ для докторских диссертаций по специальности 2.4.1 (включая журналы категории К1 и К2 – 8 статей), в ведущих научных журналах, входящие в международные базы цитирования SCOPUS и Web of Science - 10 статей (включая журналы категории Q1 – 4 статьи; Q2 – 1 статья; Q3 – 5 статей); 2 патента РФ на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ; 14 работ в материалах докладов международных и всероссийских научных конференций; 7 статей в иных журналах, утвержденных ВАК РФ.

Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 80%. Общий объем научных изданий – 38,5 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК для докторских диссертаций по специальности 2.4.1 - «Теоретическая и прикладная электротехника»

1. **Лютикова М.Н.**, Коробейников С.М., Сотников С.И., Коновалов А.А. Обзор устройств для отбора проб газа из газового реле силовых трансформаторов. Испытание пробоотборника EL-PACK G с модифицированным клапаном // Новое в российской электроэнергетике: науч.-техн. электрон. журн. – 2018. – № 10. – С. 52–62.

2. **Лютикова М.Н.**, Нехорошев С.В., Кульков М.Г. Диагностирование

состояния внутренней изоляции высоковольтного оборудования методом хромато-масс спектрометрии // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. - 2018. - Т. 24. - № 4. - С. 118-131.

3. **Лютикова М.Н., Коробейников С.М., Ридель А.В.** Состояние изоляционного масла при его охлаждении // Энергетик. - 2020. - № 10. - С. 16-20. (К2).

4. **Лютикова М.Н., Коробейников С.М., Коновалов А.А.** Изучение состава восковых отложений из высоковольтного оборудования // Энергетик. - 2022. - № 10. - С. 10-13. (К2).

5. **Лютикова М.Н., Нехорошев С.В., Куклина В.М., Кульков М.Г.** Идентификация примесей неизвестного состава в изоляционном масле методом хромато-масс-спектрометрии // Электрические станции. - 2020. - № 6 (1067). - С. 47-53. (Версия на английском языке опубликована в журнале Power Technology and Engineering. – 2020. – Vol. 54 (4). – P. 594-599). (К1).

6. **Лютикова М.Н., Артемов А.М., Коновалов А.А., Ридель А.В.** Применение смесей трансформаторного масла и биоразлагаемых эфиров в качестве изоляции высоковольтного оборудования // Электричество. - 2023. - № 5. - С. 72-83. (К1).

7. **Лютикова М.Н., Коробейников С.М., Ридель А.В., Коновалов А.А.** Опыт применения диэлектрических жидкостей в высоковольтном оборудовании. Обзор // Энергетик. - 2023. - № 5. - С. 22-25. (К2).

8. **Лютикова М.Н., Коробейников С.М., Ридель А.В., Коновалов А.А.** Оценка влияния эфиромасляных смесей на состояние бумажной изоляции // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение. - 2023. - № 3 (78). - С. 126-131. (К2).

9. **Лютикова М.Н., Ридель А.В., Коновалов А.А.** Диэлектрические жидкости. Прошлое, настоящее, будущее: Обзор // Электрические станции. - 2023. - № 5. - С. 34-42. (К1).

10. **Лютикова М.Н., Артемов А.М., Сотников С.И., Ридель А.В.** Контроль образования перекисей в эксплуатационном трансформаторном масле из высоковольтных трансформаторов // Энергетик. - 2023. - № 11. - С.

42-45. (K2).

Патенты и свидетельства о государственной регистрации

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU2020613716. Программа для моделирования импульсной электрической прочности жидкостей / Коробейников С.М., **Лютикова М.Н.**, Ридель А.В. // Заявка № 2020613716 от 16.03.2020. Опубликовано 23.03.2020 Бюл. № 4.

12. Патент РФ № RU2751460С1. Способ хроматографического анализа газов, растворенных в трансформаторном масле / Коробейников С.М., **Лютикова М.Н.**, Ридель А.В. // Заявка № 2020140031 от 07.12.2020. Опубликовано 14.07.2021 Бюл. № 20.

13. Патент РФ № RU2724248. Смазочная композиция для бурового раствора / В.М. Куклина, В.П. Нехорошев, И.В. Лодина, **М.Н. Лютикова** // Заявка № 2019117211 от 04.06.2019. Опубликовано 22.06.2020 Бюл. №18.

Публикации в научных изданиях, индексируемых в базе данных Scopus и Web of Science

14. **Лютикова М.Н.**, Коробейников С.М. Исследование технологических операций, влияющих на определение концентрации присадки Ионол в изоляционном масле высоковольтного оборудования // Проблемы региональной энергетики = Problems of regional energy. - 2018. - № 1 (36). - С. 96-105.

15. **Lyutikova M.N.**, Korobeinikov S.M., Konovalov A.A., Kozlov V.K., Garifullin M.Sh. Control of the Antioxidant Additive (Ionol) Content in Liquid Insulation of High-Voltage Equipment in Electric Grid Companies Using Modern Instrumental Methods // Power Technology and Engineering. - 2019. - Vol. 53 (1). - P. 118–125 (Q3).

16. Korobeinikov S., Ovsyannikov A., Ridel A., Karpov D., **Lyutikova M.N.**, Kuznetsova Y., Yassinskiy V. Study of partial discharges in liquids // Journal of Electrostatics. - 2020. - Vol. 103. - Art. 103412. - [10 p.] (Q2).

17. **Lyutikova M.N.**, Korobeinikov S.M., Buzaev V.V. Determination of water content in liquid insulation of high-voltage equipment by different methods //

Power Technology and Engineering. – 2020. - Vol. 53 (5). - P. 623-630 (Q3).

18. **Lyutikova M.N.** An Improved Electrochemical Method for Moisture Determination in Mineral Oil // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. - 2020. - Vol. 27 (6). - P. 2172-2178 (Q1).

19. **Lyutikova M.**, Korobeinikov S., Konovalov A. New Insulating Fluids and Diagnostic Techniques for Paper-Oil Insulated Equipment // Power Technology and Engineering. –2021. – Vol. 55. – P. 136-142 (Q3).

20. Korobeinikov S., Ridel A., **Lyutikova M.** Water droplet behavior at alternating electric field action // Interfacial Phenomena and Heat Transfer. - 2021. - Vol. 9 (2). - P. 73-81 (Q3).

21. **Lyutikova M.**, Korobeinikov S., Konovalov A. Evaluation of the Properties of Mixture of Aromatic Mineral Oil and Synthetic Ester for High-Voltage Equipment // IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. - 2021. - Vol. 28 (4). - P. 1282-1290 (Q1).

22. **Lyutikova M.**, Korobeinikov S., Mohan Rao U., Fofana I. Mixed Insulating Liquids with Mineral Oil for High Voltage Transformer Applications: A Review // IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. - 2022. - Vol. 29 (2). - P. 1-10. - Paper number TDEI-9938-2022 (Q1).

23. **Lyutikova M.**, Korobeinikov S., Ridel A., Vagin D. and Konovalov A. The Breakdown Voltage of Moistened Mineral Oil During its Cooling // IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul. - 2022. - Vol. 29 (6). - P. 2181-2189 (Q1).

На диссертацию и автореферат диссертации поступило 8 отзывов, все положительные. В них отмечается актуальность работы, важность и новизна научных результатов, практическая значимость работы.

1. Доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Химия» Бюджетного учреждения высшего образования ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет» **Нехорошева Виктора Петровича** – замечание связано с необходимостью пояснения вероятного механизма воздействия, который лежит в основе замедления деструкции бумаги при старении ее в эфиромасляных смесях.

2. Отзыв доктора технических наук, доцента, профессора кафедры

«Электроэнергетические системы и сети» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» **Гарифуллина Марселя Шарифьяновича**. В отзыве указано 4 замечания: 1) На стр. 9 приведены ИК-спектры только для масла ТКп, синтетического эфира и смеси масла ТКп с синтетическим эфиром 10 % по объему. Интересным представлялось бы наблюдение динамики изменения характерных полос поглощения в ИК-спектрах смесей масел по мере увеличения содержания в них синтетического эфира; 2) Из автореферата не ясно, проводились ли ИК исследования для смесей на основе эфира и масла ГК. Если такие исследования проводились, то какие были получены результаты; 3) Проводилось ли исследование масел (и смесей на их основе) методами оптической спектроскопии в УФ и видимой областях спектра; 4) На диаграммах: а) и б) рис. 14 шкалу изменения Пробивного напряжения было бы лучше привести к диапазону от 0 до 90 кВ, как на диаграммах в) и г), что повысило бы наглядность и информативность иллюстрации.

3. Отзыв доктора технических наук, профессора, генерального директора Общества с ограниченной ответственностью «Завод «Изолятор» **Славинского Александра Зиновьевича** – замечания требуют пояснений, касающихся технологии одновременного добавления двух присадок в эксплуатационное масло, а также о поведении масла, ингибированного одновременно двумя присадками при различных температурах.

4. Доктора технических наук, главного конструктора судов ледового класса ФГУП «Крыловский государственный научный центр» Филиала «Центральный научно-исследовательский институт судовой электротехники и технологии» **Лавриновича Валерия Александровича** – замечания относятся к пояснению по результатам исследования физико-химических свойств других марок масел, используемых в высоковольтных маслонаполненных трансформаторах, а также - по результатам исследования, показывающие улучшение свойств изоляции при введении ингибиторов при воздействии различного вида перенапряжений: грозовых и коммутационных.

5. Доктора технических наук, профессора, ведущего научного сотрудника экспериментально-технологической лаборатории Института химии им. академика С.Ю. Юнусова Академии наук Республики Узбекистан **Маматханов Ахмадхан Умарович** – замечания связаны с технологией ингибирования трансформаторного масла двумя присадками.

6. Академика, генерального директора Института физики Министерства образования и науки Азербайджанской Республики **Гашимова Арифа Мамед оглы** – без замечаний.

7. Академика, заведующего лабораторией Института прикладной физики Молдавского государственного университета **Бологи Мирча Кирилловича** и доктора технических наук, ведущего научного сотрудника Института прикладной физики Молдавского государственного университета Паршутина Владимира Викторовича – замечание касается оценки и механизма влияния смеси минерального масла и синтетического сложного эфира на уменьшение коррозионной активности смеси на металлы.

8. Доктора физико-математических наук, профессора Высшей школы высоковольтной энергетики ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого» **Кизеветтер Дмитрия Владимировича** – без замечаний.

На все поступившие замечания Лютиковой М.Н. даны исчерпывающие ответы. Авторы всех отзывов положительно оценивают диссертацию и считают, что работа отвечает всем требованиям ВАК при Минобрнауки РФ, а Лютикова Марина Николаевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.1 - «Теоретическая и прикладная электротехника».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем что, область научных интересов доктора технических наук, профессора **Ушакова Василия Яковлевича** связана с исследованиями электрофизических процессов, протекающих в изоляции высоковольтного маслонаполненного электрооборудования, он имеет большое количество публикаций по близкой к диссертационной работе тематике, представленной

к защите; официальный оппонент, доктор технических наук **Туранов Александр Николаевич** является ведущим специалистом в области разработки и внедрения широкого спектра методов диагностики состояния изоляции высоковольтного маслонаполненного оборудования, основанных на спектроскопии и спектрометрии; сфера научных интересов и тематика исследований доктора химических наук **Кандалинцевой Натальи Валерьевны** связана в значительной степени с исследованиями антиокислительных свойств ингибиторов окисления, которые применяются в том числе для улучшения химической стабильности растительных и минеральных масел.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук» (ОИВТ РАН), г. Москва – один из крупнейших научных центров России в области энергетики и теплофизики, в котором передовыми направлениями научных исследований являются в том числе: решение проблем создания надежной и экологически чистой современной энергетики; исследования электрофизических свойств веществ в широком диапазоне параметров; исследования в области повышения эффективности использования топлив и сырья; теоретические и прикладные задачи технической диагностики; исследование электрофизических процессов в жидких диэлектриках, содержащих различные микровключения, что подтверждается трудами ведущих ученых и специалистов ОИВТ РАН.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:
разработаны:

- методики испытаний жидких диэлектриков, позволяющие проводить диагностирование состояния жидкой изоляции высоковольтных трансформаторов на более глубоком уровне:

1. Методика измерений содержания 14-ти газов, растворенных в изоляционных жидкостях методом газовой хроматографии.
2. Методика измерений содержания противокислительной

присадки ионов, кислотного и эфирного числа в изоляционных жидкостях методом ИК-спектроскопии.

3. Методика измерений содержания антиокислительной присадки ионов и других фенольных соединений в изоляционных жидкостях методом газовой хроматографии с масс-селективным детектором.
4. Методика измерений содержания антиокислительной присадки ионов и других фенольных соединений в изоляционных жидкостях методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектором.
5. Методика измерений перекисного числа в изоляционных жидкостях.
6. Методика измерений эфирного числа в изоляционных жидкостях.

предложены - эффективные технические решения по повышению износостойкости трансформаторного масла, и, увеличению срока службы изоляционных материалов в высоковольтном оборудовании;

доказана перспективность применения разработанных математических моделей для оценки степени износа и остаточного ресурса жидкой изоляции высоковольтных маслонаполненных трансформаторов; совместного применения двух ингибиторов окисления в парафиновом трансформаторном масле марки ГК, а также добавления синтетического биоразлагаемого эфира с целью продления жизненного цикла изоляционного трансформаторного масла марки ТКп;

введено - не введены новые понятия;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны взаимосвязи физико-химических параметров трансформаторного масла, наиболее контролируемых на практике, со сроком эксплуатации масла в высоковольтных трансформаторах, что позволило получить константы скорости старения трансформаторного масла в трансформаторах;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** новые методики физико-химического контроля состояния жидких

диэлектриков в процессе их эксплуатации в высоковольтном маслонаполненном оборудовании, которые позволяют выявить степень старения изоляционных жидкостей на более глубоком уровне; эффективные технические решения по увеличению химической стабильности, а, следовательно, износостойкости трансформаторного масла;

изложены факты сдерживания лавинообразного окисления трансформаторного масла, имеющее низкое содержание антиокислительной присадки ионол (менее 0,1 % масс.), из баков силовых и измерительных трансформаторов тока, а именно образование фенольных соединений по мере расходования присадки ионол;

раскрыты основы влияния веществ, обладающие антиокислительными свойствами, на скорость старения трансформаторного масла;

изучена возможность применения разработанных методик контроля физико-химических свойств изоляционных жидкостей с целью эффективной оценки их состояния;

проведена модернизация методики определения диагностических газов, растворенных в трансформаторном масле, что позволило проводить количественное определение расширенного спектра газов, включив в него газы состава C3 – C₃H₄, C₃H₆, C₃H₈ и C4 – C₄H₈, C₄H₁₀;

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

разработаны и внедрены 6 новых, неразрушающих, высокоэффективных методик определения компонентного состава трансформаторных масел, метод утилизации отработанного трансформаторного масла, а также эффективные способы по увеличению износостойкости трансформаторных масел разных марок (получено 2 патента РФ на изобретение, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и 5 актов использования и внедрения результатов исследований в ПАО «Россети» (филиалы в г. Ноябрьск и г. Сыктывкар), НТЦ ООО «Изолятор-ВВ» (г. Истра), ООО «ИТЦ УралЭнергоИнжиниринг» (г. Екатеринбург), АО «Россети Тюмень» (г. Сургут).

определены перспективы практического использования полученных уравнений для оценки степени старения и определения остаточного ресурса изоляционного масла; разработанных методик физико-химического контроля состояния жидких диэлектриков в высоковольтном маслonaполненном оборудовании; способов повышения износостойкости изоляционных масел;

созданы алгоритмы получения уравнений парной регрессии процесса «срок службы изоляции – показатель», констант скоростей старения масла, уравнений для расчета степени износа и остаточного ресурса трансформаторного масла;

представлены методические рекомендации по смешиванию трансформаторного масла с биоразлагаемым синтетическим эфирами, определены оптимальные пропорции масла и эфира для эффективного применения такой смеси в трансформаторах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные работы проводились на сертифицированном испытательном оборудовании и средствах измерений с требуемым метрологическим обеспечением; высокая достоверность результатов исследований подтверждается удовлетворительной повторяемостью и воспроизводимостью результатов измерений;

теория согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на результатах глубокого аналитического анализа полученных данных, передовой практике использования современных методов экспериментального определения состава материалов;

использованы данные современных исследований, опубликованные в международных журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science, по методам физико-химического контроля состояния трансформаторного масла и альтернативных жидких диэлектриков, в том числе синтетических сложных эфиров;

установлено качественное и количественное согласование полученных автором результатов и выводов, сделанных на их основании, с результатами,

представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики обработки и анализа статистики базы данных по физико-химическим показателям трансформаторных масел за продолжительный период работы высоковольтных трансформаторов, а также результатов, полученных в ходе выполнения исследований;

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач научной работы, выборе методов и разработке методик исследования, подготовке и проведении экспериментальных исследований в сертифицированных лабораториях, в личном получении результатов исследований или при его непосредственном участии, проведении физического моделирования процессов охлаждения и нагревания увлажненных диэлектрических жидкостей, анализе полученных данных, выполнении аналитических расчетов, формировании идеи, обобщении данных, подготовке и опубликовании результатов исследований. В работах, опубликованных в соавторстве, автору принадлежит идея и проведение экспериментов, анализ и обобщение результатов исследований.

Диссертация охватывает вопросы поставленных научных задач и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, корректной постановкой цели и задач исследования, необходимым теоретическим обоснованием и проведением практических испытаний разработанных методик диагностирования изоляции высоковольтного маслонаполненного оборудования, а также способов улучшения эксплуатационных свойств изоляционной системы.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1) не представлены константы скоростей старения трансформаторного масла (по физико-химическим показателям: тангенс угла диэлектрических потерь масла, кислотное число, антиокислительная присадка ионол) в трансформаторах для других температур эксплуатации; 2) отсутствует информация об изменении пробивного напряжения при внесении в масло одновременно двух ингибирующих присадок (ионола и второго

фенольного ингибитора); 3) не объяснены механизмы положительного влияния на продление срока службы бумажной изоляции при старении ее в смесях трансформаторного масла ТКп и синтетического эфира; 4) есть сомнения в эксплуатации трансформаторного масла марки ТКп в таком большом объеме в действующем оборудовании; 5) высказано сомнение в корректности технологии проведения эксперимента по оценки влияния воскообразных отложений на снижение электрической прочности твердой изоляции.

Соискатель Лютикова Марина Николаевна согласилась с указанными замечаниями и аргументировано ответила на все заданные ей в ходе заседания вопросы: 1) наибольшее количество силовых трансформаторов эксплуатируется с маслом, температура которого составляет порядка 50 °С, поэтому в работе приведены фактически рассчитанные значения констант скоростей старения масла в оборудовании именно при данной температуре; 2) после одновременного добавления двух присадок в масло ГК пробивное напряжение измерялось, при этом снижение пробивного напряжения не происходило; 3) в рамках данного исследования задача по установлению механизма воздействия компонентов эфиромасляной смеси на бумажную изоляцию не ставилась, однако можно предположить два механизма положительного влияния эфиромасляной смеси на снижение деградации бумажной изоляции: *во-первых*, сложные эфиры обладают свойством лучше растворять воду, тем самым обеспечивая 3-5 кратное снижение равновесного влагосодержания бумаги по сравнению с минеральными маслами при той же влажности жидкости, с уменьшением концентрации воды в целлюлозной изоляции процессы ее старения значительно замедляются; *во-вторых*, есть предположение, что высокомолекулярные жирные кислоты, образующиеся при гидролизе самого сложного эфира, взаимодействуют с гидроксильными группами (-ОН) молекул целлюлозы, тем самым, блокируя реакционные центры -ОН объемными заместителями, создают дополнительный защитный барьер от негативного влияния полярных молекул воды и других полярных соединений; 4) согласно официальным данным ПАО «Россети» в

магистральных электрических сетях России (220-750 кВ) в эксплуатации находятся большое количество силовых трансформаторов напряжением 6-500 кВ, часть из которых эксплуатируется с трансформаторным маслом марки ТКп (общий объем около 150 тыс. тонн), в 1990 году производство данного масла прекращено, а суммарный аварийный запас масла марки ТКп всего 200 тонн, что создает дефицит при доливках и необходимость изучения смешения, это объясняет актуальность настоящего диссертационного исследования, а также разработку в настоящее время стандарта по смешиванию масел в ПАО «Россети» (осуществляется совместно с ООО «ИТЦ УралЭнергоИнжиниринг»), который включает изучение возможности смешивания масла ТКп с другими марками трансформаторного масла; 5) в настоящее время не существует аттестованной методики проведения испытаний по оценке влияния X-воска на работу бумажно-масляной изоляции, поэтому с учетом технической возможности в данной работе применялся свой способ оценки влияния воскообразных отложений на изменение электрической прочности бумажной изоляции.

Диссертация Лютиковой Марины Николаевны является научно-исследовательской работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения и разработки, направленные на повышение эффективности диагностирования состояния изоляционной системы высоковольтных трансформаторов, а также повышения долговечности и эффективности использования изоляционных масел в высоковольтном маслонаполненном оборудовании, имеющие существенное значение для развития страны, что соответствует пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024 г.), а ее автор, Лютикова М.Н., заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.1 – «Теоретическая и прикладная электротехника».

На заседании 10 июня 2024 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические решения и разработки,

имеющие существенное значение для развития электросетевого комплекса страны присудить Лютиковой Марине Николаевне ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту - нет, проголосовали: за 14, против 1, недействительных бюллетеней 1.

Председатель
диссертационного

Брованов Сергей Викторович

Ученый секретарь
диссертационного

Дыбко Максим Александрович

10 июня 2024 года