

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 15 июня 2017 г. № 2

О присуждении Фоминой Ирине Александровне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Исследование коммутационных перенапряжений и старения изоляции в измерительных трансформаторах тока сверхвысокого напряжения» по специальности 05.14.12 – Техника высоких напряжений принята к защите 7 апреля 2017 г., протокол № 8 диссертационным советом Д.212.173.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №156/нк от 01.04.2013 г.

**Соискатель** Фомина Ирина Александровна 1987 года рождения. В 2009 году соискатель окончила с отличием федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет». В 2012 году завершила обучение в очной аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ. С 2009 года работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский

государственный технический университет» на кафедре «Техники и электрофизики высоких напряжений» в должности ассистента.

Диссертация выполнена на кафедре «Техники и электрофизики высоких напряжений» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор, Овсянников Александр Георгиевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра «Техники и электрофизики высоких напряжений», профессор.

**Официальные оппоненты:**

**Дарьян Леонид Альбертович**, доктор технических наук, АО «Инспекция по контролю технического состояния объектов электроэнергетики», директор по научно-техническому сопровождению;

**Наумкин Иван Егорович**, кандидат технических наук, ООО «Болид», заместитель директора по науке;

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, в своем положительном заключении, подписанном Сулаймановым Алмазом Омурзаковичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой электроэнергетических систем, и утвержденном Дьяченко Александром Николаевичем, профессором, проректором по научной работе, указала, что диссертация Фоминой И.А. выполнена на высоком научном уровне, является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.12 – «Техника высоких напряжений».

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 8 работ, из которых 2 опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 2 в других научных изданиях. Остальные публикации в материалах международных и всероссийских конференций. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 60%. Общий объем публикаций – 3,4 п.л.

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

*Научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК:*

1 Фомина И.А. Моделирование электромагнитных переходных процессов в трансформаторах тока IMB 550 / И.А. Фомина, А.Г. Овсянников, С.В. Горелов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, №1-2, 2014. – С. 246 – 252.

2 Фомина И.А. Внутренние резонансные процессы в трансформаторе тока IMB 550 / И.А. Фомина, А.Г. Овсянников, С.С. Шевченко // Новое в российской электроэнергетике, № 2, 2017. – С. 45 – 56.

*Научные публикации в других изданиях:*

3 Фомина И.А. Исследование воздействия коммутационных перенапряжений на измерительные трансформаторы тока сверхвысокого напряжения и результаты химического анализа трансформаторного масла / Фомина И.А. // Сборник научных трудов НГТУ, № 4, 2010. – С. 155 – 160.

4 Фомина И.А. Исследование воздействия коммутационных перенапряжений на измерительные трансформаторы тока сверхвысокого напряжения / Фомина И.А. // Современные техника и технологии: сб. трудов XVI международн. н.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных, том 1, Томск, апрель 2010. С. 134 – 135.

5 Фомина И.А. Исследование воздействия коммутационных перенапряжений на измерительные трансформаторы тока сверхвысокого напряжения и результаты химического анализа трансформаторного масла /



И.А. Фомина // Электрическая изоляция – 2010: сб. науч. трудов 5-й международной н.-техн. конф., С.-Петербург, июнь 2010. - С. 213 – 219.

6 Фомина И.А. Исследование воздействия коммутационных перенапряжений на измерительные трансформаторы тока сверхвысокого напряжения / Фомина И.А. // Трансформаторы: эксплуатация, диагностирование, ремонт и продление срока службы: материалы Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, сентябрь 2010. – С. 199 – 205.

7 Фомина И.А. Воздействия коммутационных напряжений на ТТ сверхвысокого напряжения / И.А. Фомина // Электроэнергетика: сегодня и завтра. – 2013. – № 3. – с. 48 – 52.

8 Фомина И.А. Частотные и переходные характеристики вводов и трансформаторов тока с изоляцией конденсаторного типа / А. Г. Овсянников, И. А. Фомина // Диагностика электрических установок: материалы 8-го науч.-практ. семинара Общественного Совета специалистов Сибири и Дальнего Востока по диагностике электрических установок, Тюмень, апрель 2013 г. – Новосибирск, ОСС ДЭУ, 2013. – С. 46–52.

**На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов, все положительные:**

1. ФГУП «Всероссийский электротехнический институт имени В. И. Ленина», начальник группы измерительных устройств, к.т.н., Филиппов А.Е. – замечания о незавершенности проведенных исследований, об отсутствии доказательств влияния песка на старение изоляции и некорректность в названии рисунка 3.

2. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», профессор кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», д.т.н. Гольдштейн В.Г. – замечания об отсутствии допущений по схеме замещения, а также по ограничению научной ценности пункта 2.

3. **ФГБОУ ВО «Сибирский университет водного транспорта»**, профессор кафедры «Электроэнергетические системы и электротехника», д.т.н., заслуженный деятель науки и техники РФ, Горелов В.П. – замечания об отсутствии информации о получении осциллограмм переходных процессов, о непонимании количества принятых слоев изоляции, а также о скорости и опасности процесса окисления импортного масла.

4. **ООО «Энергетика. Микроэлектроника. Автоматика»**, главный специалист, старший научный сотрудник, к.т.н., Вдовико В.П. – замечания по ошибочному представлению положений, выносимых на защиту, неубедительному представлению осциллограмм на рис. 1, невнятному представлению графиков и рисунков, а также непониманию цели исследования характеристик импортного масла.

5. **ООО «Свердловэлектроремонт»**, главный специалист ЦИН, к.т.н., доцент, Осотов В.Н. – замечания об усилении отрицательных следствий резонансных явлений, об отсутствии описания схем измерения методом диэлектрической спектроскопии и объяснения роста диэлектрических потерь в области высоких частот .

6. **ООО «ДИМРУС»**, главный инженер, к.т.н., доцент, Русов В.А. – замечания о необходимости исследования резонансных частот на витках разной длины.

7. **ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**, заведующий НИС кафедры "Техника высоких напряжений, электроизоляционная и кабельная техника", к.т.н., Монастырский А.Е. – замечания о несоответствии ссылок на рис. 6 и 12, а также об отсутствии табл. 5.

8. **ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**, заведующий кафедрой "Техника высоких напряжений, электроизоляционная и кабельная техника", д.т.н., профессор, Титков В.В. – замечания о косвенном способе изучения старения изоляции, о возможности



распространения, полученных результатов исследования на электрооборудование КРУЭ и точности полученных результатов.

9. **ОАО «ЭНИН»**, ведущий научный сотрудник, д.т.н., старший научный сотрудник, Лачугин В.Ф. – замечания об отсутствии выводов о распределении энергии по временам при вейвлет-преобразовании, о возможности распространения метода исследования на другое оборудование и подробности личного вклада автора.

10. **«Карагандинский государственный технический университет»**, к.т.н., доцент, Ясинский В.Б. – замечание о неточном совпадении полученных осциллограмм.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что доктор технических наук **Дарьян Л.А.** – признанный специалист в области электрической бумажно-масляной изоляции, имеет большое количество публикаций по тематике, близкой к представленной к защите диссертации; кандидат технических наук, **Наумкин И.Е.** – специалист в области коммутационных процессов в электрических сетях, имеет значительное количество публикаций, связанных с перенапряжениями, рассматриваемыми в представленной к защите диссертации.

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»** – один из крупнейших ВУЗов России, готовящих ученых и выпускающих специалистов в области электроэнергетики и электрофизики, занимающихся различными проблемами использования высоких напряжений, в том числе: разработки технологических процессов, высоковольтных генераторов импульсных напряжений и токов, электрофизических установок высокой плотности энергии и соответствующих измерительных систем, исследований старения и пробоя изоляции различного типа и назначения.

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

**разработана** новая научная идея о возбуждении коммутациями разъединителей внутри трансформатора тока свободных электромагнитных колебаний с частотой, соизмеримой с частотой во внешней цепи, приводящих к развитию резонанса напряжений в первичной обмотке с амплитудой, превышающей внешние воздействия в 1,2 – 1,5 раза;

**предложена** оригинальная математическая модель первичной обмотки трансформатора тока класса 500 кВ при коммутациях разъединителем;

**доказан** факт возникновения свободных колебаний напряжения с резонансной частотой около 2 МГц в первичной обмотке трансформатора тока ИМВ 550;

**введено** предположение о том, что пробой одного из слоёв изоляции может привести к непропорциональному усилению неравномерности распределения импульсного напряжения по оставшимся слоям изоляции за счёт изменения спектра резонансных частот и, соответственно, к ускоренному старению изоляции

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

экспериментально подтверждена необходимость моделирования первичной обмотки трансформатора тока с изоляцией конденсаторного типа на частотах более 1 МГц схемой замещения с распределенными емкостно-индуктивными параметрами;

**применительно к проблематике диссертации** результативно использованы методы математического моделирования переходных электромагнитных процессов, методы физического и химического анализа трансформаторного масла и X-воска, возникающего в процессе его оксигенации;

**изложены** аргументы в виде экспериментально измеренных распределений напряжения и результатов расчёта с использованием



математической модели, доказывающие факт повышения напряжения в первом слое изоляции и в середине первичной обмотки;

**раскрыта** целесообразность дополнения расчётов высокочастотных перенапряжений, возникающих на шинах распределительных устройств подстанций при коммутациях разъединителями, ещё и расчётами перенапряжений с частотами, соответствующим резонансу напряжения внутри трансформаторов тока, возникающему от взаимодействия индуктивностей витка и обкладок с ёмкостями слоёв изоляции;

**изучены** процессы термо-окислительного старения трансформаторных масел двух марок, определена динамика изменения их свойств и химический состав продуктов разложения;

проведена модернизация существующих математических моделей изоляции трансформаторов тока для адекватного отражения их свойств в области высоких (выше 1 МГц) частот и обеспечения возможности исследования распределения напряжения по слоям изоляции и по длине обмотки.

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

**разработана и внедрена** в перечень физико-химических анализов проб трансформаторного масла методика оценки перекисного числа при диагностировании изоляции в филиале ОАО «Электросетьсервис ЕНЭС» - Новосибирской СПБ, разработанная математическая и физическая модель используются в учебном процессе Новосибирского государственного технического университета кафедры «Техники и электрофизики высоких напряжений» для исследования распределения напряжения по обмотке трансформатора тока при воздействии на нее коммутационных перенапряжений.

**определены** максимальные напряжения и токи, частотные и переходные характеристики трансформатора тока ИМВ 550, а также факторы, влияющие на кратность внутренних перенапряжений в его изоляции, в том числе,



волновые параметры оборудования внешних присоединений и длительности фронта падающей волны;

**создана** физическая модель первичной обмотки трансформатора тока с распределёнными по длине отводами от витка и уравнивающих обкладок на слоях изоляции, позволившая определить распределения напряжения по слоям и длине изоляционной конструкции и скорректировать математическую модель обмотки;

**представлены** рекомендации по ограничению кратности внутренних перенапряжений относительно внешних воздействий любым из возможных способов принудительного увеличения длительности фронта этих воздействий.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** достоверность обеспечена применением сертифицированных и поверенных измерительных приборов, лицензионного программного обеспечения, стандартизированных методик физико-химического и хроматографического анализа масла;

**теория** построена на известных представлениях о генерации высокочастотных перенапряжений при коммутациях холостых шин распределительных устройств и частотных свойствах сложных электромагнитных объектов с использованием апробированных цепочечных схем и численных методов расчёта переходных процессов, а полученные с их помощью результаты согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на анализе и обобщении осциллограмм тока и напряжения, частотном и вейвлет-анализе переходных характеристик трансформатора тока ИМВ 550, измеренных при коммутациях разъединителей на реальной подстанции и в лабораторных условиях при калиброванных воздействиях;

**использованы** для сравнения авторских данных известные представления о неравномерном распределении напряжения вдоль обмоток

силовых трансформаторов при грозовом импульсном напряжении и ёмкостные схемы замещения обмоток, дополненные индуктивными элементами, отражающими свойства витка и уравнивающих обкладок изоляции конденсаторного типа на высоких частотах;

**установлено** качественное, а в относительных единицах и количественное совпадение результатов моделирования, полученных автором на математической и физической моделях, а также их схожесть с результатами экспериментальных измерений и численных расчётов аргентинских учёных, представленных на сессии СИГРЭ 2010 г.;

**использованы** современные средства компьютерного моделирования переходных процессов в электрических цепях, реальные данные по характеристикам электротехнического оборудования подстанций и порядку его переключений.

**Личный вклад соискателя** состоит в участии при постановке задач по синтезу математической модели, в исследованиях переходных и частотных характеристик реального трансформатора тока, в создании полномасштабной физической модели первичной обмотки трансформатора тока, многочисленных экспериментальных измерениях распределения напряжения по слоям изоляции, длине обмотки и обкладок при импульсных и синусоидальных напряжениях различной частоты, в верификации численных расчётов с использованием экспериментальных измерений на физической модели, коррекции математической модели обмотки. Подготовка основных публикаций по диссертации на 60% принадлежит лично автору. Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, основной идейной линии.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития энергетики Российской Федерации, и соответствует п. 9 Положения о присуждении



ученных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 15 июня 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Фоминой И.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовали: за 15 , против нет , недействительных бюллетеней 1 .

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь диссертационного совета



Фишов А.Г.

Русина А.Г.

15 июня 2017 г.