

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной  
и инновационной деятельности

ФГБОУ ВО «Омский государственный  
технический университет»

В.Ф. Фефелов

2020 г.

## О Т З Ы В

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» на диссертационную работу Зар Ни Ньейна на тему «Электронагревательный элемент трансформаторного типа для электротехнического комплекса децентрализованного теплоснабжения», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

### 1. Актуальность для науки и практики

Существующие системы централизованного теплоснабжения наряду с очевидными преимуществами не позволяют быстро реагировать на изменяющиеся условия теплоснабжения, а методы регулирования отпуска тепловой энергии, особенно для удаленных потребителей, часто не обеспечивают необходимый тепловой режим. В децентрализованных системах появляется возможность более оперативного реагирования на изменяющиеся условия теплоснабжения и все возрастающие индивидуальные требования потребителей тепловой энергии.

При получении тепловой энергии с помощью электронагревательных элементов одной из наиболее важных и сложных проблем является проблема создания безопасных и надёжных источников электронагрева, имеющих большой срок службы. Кроме того, все возрастающие требования по энергосбережению, требу-

ют дополнительных исследований по режимам работы теплогенерирующего оборудования.

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме создания безопасного и надежного электронагревательного элемента для электротехнического комплекса децентрализованного теплоснабжения, позволяющего обеспечить энергосберегающие режимы работы. Исследуемый электронагревательный элемент трансформаторного типа, построен на основе трехфазного трансформатора с пространственной магнитной системой и конструктивно замкнутой вторичной обмоткой, которая одновременно является нагрузкой.

В диссертации предложен нагревательный элемент трансформаторного типа, исследовано совместное влияние электромагнитных, гидравлических и тепловых процессов на конструкцию нагревательного элемента и режимы работы электротехнического комплекса децентрализованного теплоснабжения, получены рекомендации по энергосберегающим режимам.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 116 наименований и 2 приложений. Диссертация содержит 127 страниц, в том числе 41 рисунок и 7 таблиц. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Материалы диссертации достаточно полно опубликованы в открытой печати. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы в следующих областях исследования.

1. Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем.

2 Обоснование совокупности технических, технологических, экономических, экологических и социальных критериев оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем.

3. Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления.

4. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях.

Работа прошла апробацию и обсуждение на 7 научных конференциях (2016-2018 гг.). По результатам исследований, отраженных в диссертации опубликовано 11 работ, из них 10 – научные статьи и тезисы докладов, включая 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в журналах, индексируемых в научометрических базах Web of Science и Scopus, а также получено 1 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Выводы и рекомендации являются актуальными при создании современных систем децентрализованного теплоснабжения на основе нагревательных элементов трансформаторного типа для сельскохозяйственных, промышленных, бытовых и других потребителей.

## **2. Научная и практическая ценность диссертации**

Автором получен ряд новых научных результатов:

1. Предложена новая математическая модель распределения электрического тока во вторичной обмотке электронагревательного элемента трансформаторного типа, позволившая получить зависимость электрического сопротивления проводника сложной формы от его геометрических размеров и размерных соотношений.

2. Показано влияние геометрических соотношений, обмоточных данных и частоты питающего напряжения на массогабаритные и стоимостные показатели электронагревательного элемента трансформаторного типа с пространственной магнитной системой призматической формы.

3. Обоснованы допустимые режимы работы теплогенерирующего электроЭБорудования на основе исследования взаимного влияния тепловых и гидравлических процессов в электронагревательном элементе.

4. Получены новые данные по влиянию тепловой нагрузки на энергосбере-

гающие режимы работы электротехнического комплекса децентрализованного теплоснабжения.

**Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки** заключается в том, что теоретические выводы диссертационного исследования развивают теорию совместного влияния электромагнитных, гидравлических и тепловых процессов, протекающих в электротехнических устройствах, предназначенных для нагрева различных сред.

**Практическое значение результатов работы** определяется тем, что разработана новая конструкция трехфазного нагревательного элемента трансформаторного типа с пространственной магнитной системой призматической формы, которая позволяет использовать электронагревательный элемент в проточных и емкостных нагревательных блоках, а также работать с переменным расходом теплоносителя; разработана методика электромагнитного расчета исследуемого устройства с учетом особенностей протекающих в нем электромагнитных и тепловых процессов; получены практические рекомендации по проектированию электронагревательных элементов минимальной стоимости; получены рекомендации по энергосберегающим режимам работы электротехнического комплекса децентрализованного теплоснабжения.

### **3. Апробация и внедрение результатов диссертационной работы**

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях и семинарах:

- 46-я и 47-я научно-технические конференции студентов и аспирантов, ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016 и 2017 год;
- 14-я международная научно-практическая конференция по проблемам экологии и безопасности «Дальневосточная весна – 2016», ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016 год;
- IV российская молодежная научная школа-конференция «Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи», г. Томск, ТПУ, 2016 год;
- международная научно-практическая конференция «Производственные

технологии будущего: от создания к внедрению», ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017 и 2018 год;

- международная мультидисциплинарная конференция по промышленному инжинирингу и современным технологиям «FarEastCon-2018», г. Владивосток, 2018 год;
- научно-технический семинар электротехнического факультета ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020 год.

**Публикации.** По результатам исследований, отраженных в диссертации опубликовано 11 работ, из них 10 – научные статьи и тезисы докладов, включая 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в журналах, индексируемых в научометрических базах Web of Science и Scopus, а также получено 1 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

**Реализация работы** осуществлена в рамках научного направления кафедры «Электромеханика» ФГБОУ ВО «КнАГУ» «Разработка и исследование систем теплообеспечения на основе нагревательных элементов трансформаторного типа». Результаты диссертационной работы в виде технической документации и рекомендаций переданы в ООО «Торэкс-Хабаровск» и используются при проектировании и наладки автономных систем теплоснабжения удаленных объектов предприятия. Результаты работы в форме методик проектирования, рекомендаций и методик исследований переданы на кафедру «Электромеханика» и используются в учебном процессе для обеспечения дисциплин «Основы научных исследований», «Основы планирования эксперимента», «Анализ процессов в электромеханических системах», «Тепловые, гидравлические и аэродинамические процессы в электромеханических системах», «Математическое моделирование электромеханических систем», «Автономные электромеханические системы».

#### **4. Основные замечания по диссертации**

4.1. В работе не отражен вопрос о критерии выбора теплоносителя, а также влияния параметров и типа теплоносителя на конструкцию и режимы работы нагревательного элемента и всего электротехнического комплекса в целом. В качестве теплоносителя при исследованиях учитывалась только вода.

4.2. При исследовании тепловых процессов во второй главе приведены результаты исследований и рекомендации для нагревательного элемента мощностью 25 кВт. Для других мощностей в диссертации рекомендации отсутствуют.

4.3. При разработке математических моделей электромагнитных процессов автор не учитывает изменение электрического сопротивления обмоток, обусловленное их нагревом.

4.4. Отсутствует обоснование выбора температуры теплоносителя 85 градусов на выходе из нагревательного блока.

4.5. В четвертой главе диссертации даны рекомендации по частоте питающего напряжения для нагревательных элементов различной мощности. Не совсем понятно, какие ограничения накладываются для нагревательных элементов мощностью 63 кВт и более (стр. 95)?

Указанные недостатки не снижают общей оценки диссертационной работы.

По результатам обсуждения диссертации «Электронагревательный элемент трансформаторного типа для электротехнического комплекса децентрализованного теплоснабжения» принято следующее заключение.

## 5. Заключение

В целом, представленная диссертационная работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, а сформулированные для публичной защиты положения имеют важное научное и практическое значение. Полученные автором результаты достоверны, проверены экспериментально, прошли апробацию и внедрены. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Содержание автореферата отражает содержание диссертационной работы. Диссертация соответствует научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, отрасль наук – технические науки.

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа «Электронагревательный элемент трансформаторного типа для электротехнического комплекса децентрализованного теплоснабжения» по степени научной новизны, объему выполненных исследований и их практической ценности соответ-

стует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки, обеспечивающие безопасность, надежность и энергоэффективные режимы работы электротехнического комплекса децентрализованного теплоснабжения, имеющие существенное значение для развития страны, а ее автор, Зар Ни Ньейн, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Диссертация Зар Ни Ньейна рассмотрена на расширенном заседании кафедры «Электрическая техника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» (протокол № 4 от «05» 11 2020 г.). По результатам обсуждения диссертации принято положительное заключение. Отзыв ведущей организации подготовил д.т.н., профессор кафедры «Электрическая техника» Р.Н. Хамитов.

Заведующий кафедрой  
«Электрическая техника»  
доктор технических наук,  
профессор

Бубнов Алексей Владимирович

Профессор кафедры  
«Электрическая техника»  
доктор технических наук,  
доцент

Хамитов Рустам Нуриманович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Омский государственный технический университет»  
Почтовый адрес: 644050, Омская область, г. Омск, пр. Мира, д. 11  
Тел.: (3812) 65-34-07  
E-mail: info@omgtu.ru  
Сайт: <https://www.omgtu.ru>