

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

Пермского национального

исследовательского

политехнического университета,

доктор физ.-мат. наук, доцент

Швейкин А.И.

» февраль 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Автоматизированная поддержка принятия решений при управлении процессом распределения электроэнергии с учетом динамики изменения нагрузки» выполнена на кафедре «Конструирование и технологии в электротехнике».

В период подготовки диссертации соискатель Кухарчук Ирина Борисовна работала в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», на кафедре «Конструирование и технологии в электротехнике» в должности старшего преподавателя.

В 2006 году окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный

технический университет» по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств».

В 2019 году окончила аспирантуру очной формы обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 27.06.01 Управление в технических системах (период обучения «01» ноября 2011 г. по «30» сентября 2019 г.).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Труфанова Наталия Михайловна, работает заведующим кафедрой «Конструирование и технологии в электротехнике».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

– рассмотрены особенности современных распределительных сетей, проведен анализ существующих методов управления распределением электроэнергии в кабельных сооружениях;

– разработана концептуальная модель системы поддержки принятия решений в автоматизированных системах управления распределением электроэнергии;

– разработаны математические модели процессов тепломассопереноса в кабельных сооружениях;

– предложен метод определения управляющих воздействий в автоматизированных системах управления распределением электроэнергии в условиях изменения нагрузки;

– апробированы и внедрены разработанные модели и алгоритмы определения управляющих воздействий в автоматизированных системах управления распределением электроэнергии в условиях изменения нагрузки.

2. Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

– разработана концептуальная модель системы поддержки принятия решений при управлении процессом распределения электроэнергии в кабельных блоках, которая отличается учетом изменения температурного состояния кабельных линий при изменении нагрузки, что позволяет увеличить эффективность работы автоматизированной системы управления;

– разработаны математические модели объекта управления, отличие которых заключается в учете сложного теплообмена в кабельных сооружениях и зависимости теплофизических и электрических характеристик от температуры, обеспечивающие эффективное управление распределением электроэнергии за счет определения температуры элементов конструкции кабельных линий, соответствующих различным режимам нагрузки;

– предложен метод определения управляющих воздействий в автоматизированных системах управления распределением электроэнергии, отличающийся выбором режима нагрузки на основе анализа температурного состояния кабельных линий, что позволяет увеличить точность принятия решений при управлении распределением электроэнергии.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается соответствием полученных теоретических результатов экспериментальным данным. Полученные результаты не противоречат представленным в научных работах других исследователей.

4. Практическая и теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке моделей и алгоритмов системы поддержки принятия решений и внедрении их на предприятии ООО «ОКП «ЭЛКА-Кабель», что позволило увеличить эффективность распределения электроэнергии в кабельном блоке на 12,3 % без учета резервных линий, а также на 10,9 % за счет определения максимально возможного режима нагрузки резервных линий.

Теоретические результаты внедрены в учебный процесс кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике» (ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»).

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем:

По теме диссертационной работы Кухарчук Ириной Борисовной опубликовано 17 научных работ, в том числе 5 в ведущих рецензируемых изданиях, 3 – в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus. Основные положения и результаты работы отражены в следующих научных публикациях в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, и в базу цитирования Scopus:

1) Труфанова, Н.М. Расчет теплового поля кабельного канала с учетом тепловых потерь в экранах кабелей / Н.М. Труфанова, И.Б. Кухарчук, Н.В. Феофилова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2018. – № 28. – С. 179-193. *В данной работе исследовался процесс теплопереноса в кабельном канале с 18 кабельными линиями. В результате решения задачи теплопереноса были построены температурные поля в кабельном канале для различных режимов работы. Соискателем получены значения максимальных температур на жилах кабелей с учетом и без учета тепловых потерь в экранах, а также исследованы различные варианты расположения резервных линий в канале с целью определения оптимального их расположения. Приводится расчет передаваемой мощности для случая максимальной загрузки канала (вклад соискателя 40 %).*

2) Труфанова, Н.М. Оценка работоспособности кабельного канала на основе численного моделирования процессов термодинамики / Н.М. Труфанова, И.Б. Кухарчук // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 35. – С. 30-42.

– DOI 10.15593/2224-9397/2020.3.02. Работа посвящена актуальным вопросам использования численного моделирования при эксплуатации и проектировании кабельных сооружений сложной конструкции. Соискателем построена структурная схема системы управления токовой загрузкой кабельного канала с использованием математической модели, с целью проверки допустимости перспективных нагрузочных режимов. Исследовалась задача оценки тепловых режимов работы кабельного канала в условиях изменяющихся нагрузок. Разработанная система управления с использованием математической модели может быть использована при проектировании, а также эксплуатации кабельных сооружений сложной формы (вклад соискателя 55 %).

3) Труфанова, Н.М. Подходы к представлению зависимости температур кабельных линий в канале от их загрузки в виде параметрической модели / Н.М. Труфанова, А.В. Казаков, И.Б. Кухарчук // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2021. – № 40. – С. 61-75. – DOI 10.15593/2224-9397/2021.4.04. Работа посвящена разработке методики оперативного прогнозирования технологических параметров эксплуатации кабельных линий для различных нагрузочных режимов. Соискателем разработана полиномиальная параметрическая модель, отражающая зависимость нагрева элементов кабельной линии от токовых нагрузок. Модель учитывает взаимовлияние линий в канале и условия окружающей среды (вклад соискателя 35 %).

4) Кухарчук, И.Б. Алгоритмы поиска допустимого режима эксплуатации кабельного канала на основе оценки его температурного состояния / И.Б. Кухарчук // Прикладная математика и вопросы управления. – 2022. – № 1. – С. 109-122. – DOI: 10.15593/2499-9873/2022.1.06. В работе рассматривается возможность замены непосредственного наблюдения за тепловым полем кабельного канала на его эквивалентную математическую модель, способную определять устойчивые стационарные распределения температур при заданных токовых нагрузках линий. Разработанные алгоритмы функционально

подходят для создания специализированного ПО, работающего в режиме советчика оператора распределительного узла электроэнергетики. ПО призвано предварительно оценивать любое изменение нагрузок линий, проверяя возможные перегревы и выдавая оператору либо одобрение режима, либо предлагая безопасный для длительной эксплуатации вариант (вклад соискателя 100%).

5) Кухарчук, И.Б. Система поддержки принятия решений при управлении режимами нагрузки в кабельном блоке / И.Б. Кухарчук, Н.М. Труфанова // Электротехника. – 2023. – №11. – С. 20-24. – DOI 10.53891/00135860_2023_11_20. В работе соискателем предлагается внедрение в систему управления режимами нагрузки кабельных блоков системы поддержки принятия решений, позволяющей определить оптимальные для данных условий эксплуатации нагрузочные режимы, исходя из температурных ограничений. СППР, основанная на использовании математических моделей, помогает выработать управляющие воздействия по вынужденному снижению нагрузки части линий в случаях возможного превышения допустимых температур (вклад соискателя 60%).

6) Kukharchuk, I.B. Control of Electrical Energy Distribution in a Cable Channel / I.B. Kukharchuk, N.M. Trufanova // Russian electrical engineering. – 2019. – Vol. 90(11). – P. 703-708. – DOI 10.3103/S1068371219110099. В данной работе исследуется процесс распределения электрической энергии в подземном кабельном канале, состоящем из восемнадцати кабельных линий. Соискателем разработаны алгоритмы поиска оптимальных значений рабочих токов в условиях изменяющихся нагрузок, учитывающие требования по допустимым температурам и категориям потребителей (вклад соискателя 50%).

7) Kukharchuk, I.B. Experimental Determination of Load Current of Cables with Impregnated–Paper Insulation in the Steady-State Thermal Mode / I.B. Kukharchuk, A.E. Terlych, N.M. Trufanova // Russian electrical engineering. – 2021. – Vol. 92(11). – P. 654-658. – DOI 10.3103/S1068371221110080. В данной работе описано экспериментальное исследование процесса нагрева кабелей. Опытным

путем определены значения токов нагрузки, при которых температура жилы кабелей достигает значений 90° и 95° С. Соискателем построена математическая модель процессов тепломассопереноса при проведении одного из этапов эксперимента. Определена погрешность температуры жилы кабеля, полученной с помощью численного метода, в сравнении с экспериментальными данными с целью проверки адекватности модели (вклад соискателя 30%).

8) Trufanova N.M. Analysis of the Cable Block Capacity / N.M. Trufanova, A.V. Kazakov, I.B. Kukharchuk // Russian electrical engineering. – 2022. – Vol. 93(11). – P. 681-684. *Статья посвящена исследованию тепловых полей в стационарных и изменяющихся во времени процессах нагружения линий. Соискателем вычислены поправочные коэффициенты снижения нагрузки линий для соблюдения теплового режима работы кабелей. Даны рекомендации по рациональному использованию пропускной способности кабельного блока в условиях переменной суточной нагрузки конкретного потребителя (вклад соискателя 35%).*

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите.

Представленная Кухарчук Ириной Борисовной диссертационная работа является прикладным научным исследованием в области повышения эффективности распределения электроэнергии в подземных кабельных блоках.

Указанная область исследования соответствует пунктам 4, 6, 11 паспорта научной специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами:

п. 4. Теоретические основы и методы моделирования, формализованного описания, оптимального проектирования и управления технологическими процессами и производствами.

п. 6. Научные основы и методы построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами и производствами.

п. 11. Методы создания, эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая базы данных и методы их оптимизации, промышленный интернет вещей, облачные сервисы, удаленную диагностику и мониторинг технологического оборудования, информационное сопровождение жизненного цикла изделия.

7. Соответствие диссертационной работы требованиям, «Положения о присуждении ученых степеней».


Диссертация Кухарчук Ирины Борисовны отвечает требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация «Автоматизированная поддержка принятия решений при управлении процессом распределения электроэнергии с учетом динамики изменения нагрузки» Кухарчук Ирины Борисовны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.


Заключение принято на заседании кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике».

Присутствовало на заседании 14 чел. Результаты голосования: «за» - 14 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0, протокол № 9 от «19» января 2024 г.

Заместитель заведующего кафедрой
«Конструирование и технологии в
электротехнике»
д.т.н., профессор


подпись /Щербинин А.Г./
ФИО

Ученый секретарь кафедры
«Конструирование и технологии в
электротехнике»


подпись /Бабушкина Л.Г./
ФИО