

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента,  
заведующего кафедрой «Информационная безопасность»  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический  
университет имени М.Т. Калашникова»

Вологодина Сергея Валентиновича

на диссертационную работу

Кухарчук Ирины Борисовны

«Автоматизированная поддержка принятия решений при управлении  
процессом распределения электроэнергии с учетом динамики изменения  
нагрузки», представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление  
технологическими процессами и производствами»

### **1. Актуальность диссертационного исследования.**

В условиях внедрения цифровых технологий в энергетической системе Российской Федерации, автоматизированная поддержка принятия решений становится важным инструментом для эффективного управления распределением электроэнергии. Совершенствование автоматизированных систем управления в области распределения электроэнергии направлено на увеличение эффективности использования электрических сетей. Применение методов имитационного моделирования для анализа температурного состояния кабельных линий позволяет определить оптимальные значения токовых нагрузок на линиях передачи электроэнергии, выработать решения по предупреждению аварийных ситуаций в сетях. Таким образом, поставленная в диссертационной работе Кухарчук И.Б. научная задача повышения эффективности распределения электроэнергии в подземных кабельных сооружениях является **актуальной**.

### **2. Структура и содержание диссертации.**

Диссертация включает: введение, 5 глав, заключение, список литературы из 134 наименований источников, 48 рисунков, 21 таблиц, 5 приложений. Полный объем диссертации составляет 145 страниц.

*Введение* содержит актуальность, степень разработанности темы исследования, объект и предмет исследования, цель и соответствующие ей задачи исследования, положения, выносимые на защиту, обладающие научной новизной, теоретическую и практическую значимость, публикации по теме.

В *первой главе* выполнен обзор существующих подходов к управлению распределением электроэнергии в кабельных линиях, рассмотрены методики определения допустимых режимов нагрузки, обозначены их недостатки и обоснована необходимость разработки системы поддержки принятия решений.

Во *второй главе* приведено описание объекта управления, сформулирована задача поиска оптимального значения режима нагрузки. Представлена разработанная концептуальная модель системы поддержки принятия решений в процессе управления распределением электроэнергии.

*Третья глава* посвящена математическим моделям объекта управления. Приводится математическая постановка задачи процесса тепломассопереноса в подземном кабельном блоке, алгоритм численной реализации, анализ сходимости итерационного процесса, сравнительный анализ численного решения с экспериментальными данными. Представлены результаты влияния условий эксплуатации кабельной линии на величину длительно допустимого тока. Разработана параметрическая модель, описывающая связь между режимом нагрузки и температурой жилы кабеля.

В *четвертой главе* представлен разработанный метод принятия решений при управлении процесса распределения электрической энергии в кабельном блоке в условиях планового и вынужденного увеличения нагрузки линий. Описаны алгоритмы выбора управляющих воздействий.

В *пятой главе* приводится описание разработанного программного комплекса по выбору оптимального режима нагрузки кабельной линии, сценарии работы. Для тестовой задачи представлены результаты расчетов

вариантов рабочих токов. Приведены результаты внедрения метода и алгоритмов принятия решений при управлении распределением электроэнергии в кабельном блоке Южно-Сахалинской ТЭЦ.

В *заключении* обобщены полученные в процессе диссертационного исследования научные и практические результаты, предложены

В приложении приведены экспериментальные данные, листинг программы для ЭВМ, копии актов внедрения, свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертационной работы.

В целом представленные материалы диссертационной работы позволяют достаточно полно оценить объем, сложность и актуальность проведенного исследования.

### **3. Научная новизна, теоретическая и практическая значимость положений и рекомендаций.**

Научная новизна результатов диссертационного исследования состоит в том, что:

- разработана модель системы поддержки принятия решений при управлении распределением электроэнергии в кабельных сооружениях, увеличивающая эффективность работы АСУ;

- разработаны математические модели для определения температуры кабельных линий, способствующие более эффективному управлению распределением электроэнергии;

- предложен метод определения управляющих воздействий в процессе управления распределением электроэнергии, позволяющий увеличить точность принятых решений.

Практическая и теоретическая значимость полученных в диссертации результатов заключается в том, что разработанные модели, метод и алгоритмы системы поддержки принятия решений реализованы в виде программных модулей обеспечивающей подсистемы АСУ, что подтверждено двумя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Сформулированные научные положения подтверждаются также результатами практического внедрения и использования:

- внедрены в ООО «ОКП ЭЛКА-кабель» (г. Пермь). Внедрение системы поддержки принятия решений в АСУ на предприятии позволило увеличить передаваемую мощность, что подтверждено в акте о внедрении;

- внедрены и используются в учебном процессе ФГАОУ ВО «ПНИПУ».

#### **4. Достоверность и обоснованность полученных результатов.**

Достоверность и обоснованность научных положений, результатов и выводов, представленных в диссертационной работе не вызывает сомнений. Что подтверждается корректным применением методов математического и компьютерного моделирования, теорий управления и принятия решений, соответствием экспериментальных данных, полученных автором на лабораторном стенде и существующем кабельном блоке электрических сетей, данным численного моделирования, а также согласованностью с результатами других авторов.

Корректно показана допустимость использования двумерной постановки задачи при исследовании температурных режимов работы длиной подземной кабельной линии, а также допустимость замены многослойной конструкции кабеля на эквивалентный слой с усредненными параметрами.

Основные результаты работы представлены на международных и всероссийских научно-технических конференциях, научно-методических семинарах. По теме диссертации опубликованы всего 17 научных работ, в том числе 5 статей в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ, 3 статьи проиндексированы в международных базах цитирования Scopus/WOS, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

#### **5. Соответствие паспорту специальности.**

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам направлений исследований 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».

## **6. Замечания по диссертационной работе.**

6.1. Для повышения значимости исследований в первой главе следовало бы привести статистику отказов из-за перегрева кабельных линий.

6.2. В постановке задачи поиска оптимального значения токовых нагрузок введен критерий оптимальности  $K(I_i) \rightarrow \max$  (2.8, стр. 41), где  $i$  индекс вводит в заблуждение (для  $i$  – ого кабеля). Следовало использовать векторную запись.

6.3. В математической постановке нестационарной задачи моделирования процесса тепломассопереноса в подземном кабельном блоке (3.1-3.10, стр. 50-51) отсутствует начальное условие по времени.

6.4. При численном решении нестационарной задачи моделирования процесса тепломассопереноса в подземном кабельном блоке (п. 3.1.3):

- не приводится обоснование выбора шага по времени;

- при анализе сходимости итерационного процесса нестационарной задачи (рис. 3.3, стр. 54) не указаны шаги по времени и пространственным координатам, которые оказывают влияние на скорость сходимости. Кроме этого, следовало указать время расчета. При этом, если здесь приводятся результаты для стационарной постановки задачи, то необходимо было сделать пояснение.

6.5. При сравнении экспериментальных и расчетных модельных значений температуры (п. 3.1.4) допущены неточности, влияющие на оценку погрешности расчетов: в таблице 3.5, стр. 62 для средней фактической температуры элементов конструкции кабеля указано два знака после запятой, при этом точность приборов измерения температуры составляет  $0,1^{\circ}\text{C}$ ; в таблице 3.7, стр. 64 для средней фактической температуры в исследуемых точках указаны целые значения, при этом точность прибора измерения температуры составляет  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

6.6. Введенная в п. 3.4 параметрическая модель температурных и токовых режимов в кабельном блоке, описываемая интерполяционным полиномом 3-ей степени, имеет погрешность  $8,5\%$  (стр. 78), что достаточно много.

6.7. В п. 5.2 приводятся результаты внедрения автоматизированной системы на предприятии энергетики. При анализе возможности увеличения объема передаваемой мощности основных и резервных кабельных линий следовало привести оценку изменения относительных потерь электроэнергии в сетях, провести расчет экономического эффекта до и после модернизации.

6.8. Почему в работе не рассмотрены вопросы надежности электрических сетей при изменении токовых нагрузок?

Отмеченные замечания не снижают научную новизну, теоретическую и практическую значимость представленной диссертационной работы.

## **7. Заключение**

Диссертационная работа Кухарчук Ирины Борисовны «Автоматизированная поддержка принятия решений при управлении процессом распределения электроэнергии с учетом динамики изменения нагрузки», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствам», является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится новые научно обоснованные решения по повышению эффективности системы передачи электроэнергии.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная диссертационная работа соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Кухарчук Ирина Борисовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

**Официальный оппонент,**

заведующий кафедрой «Информационная  
безопасность» ФГБОУ ВО «Ижевский  
государственный технический университет  
имени М.Т. Калашникова»,

д-р техн. наук, доцент

— Вологдин С.В.

«28» марта 2024 г.

Вологдин Сергей Валентинович

ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

Адрес: 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7

Тел.: +7 (3412) 77-60-55 доб. 7194, E-mail: [vologdin\\_sv@mail.ru](mailto:vologdin_sv@mail.ru)

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управления и обработка информации».

Подпись д.т.н., доцента Вологодина С.В. заверяю

Ученый секретарь

Ученого совета

профессор, д.т.н.

— Сивцев Николай Сергеевич