

ОТЗЫВ

официального оппонента по диссертационной работе Афанасьева Александра Петровича на тему «**Параметрическая оптимизация городских систем электроснабжения на основе алгоритмов компьютерной геометрии с учетом неоднородности плотности нагрузки**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – **Электротехнические комплексы и системы**

1. Актуальность диссертационной работы. Как показывает практика проектирования систем электроснабжения городов и прочих населенных пунктов, использование математических моделей с применением в качестве базовых алгоритмов теории графов, которые не вполне отражают факторы взаимодействия объектов этих систем с окружающей средой, биосферными и экономико-географическими особенностями региона. Поэтому необходим комплексный учёт этих факторов при проектировании новых систем электроснабжения. Для повышения качества проектирования систем электроснабжения городов, автор предлагает использовать учёт неоднородности плотности электрической нагрузки и модифицированную целевую функцию приведённых затрат в процедурах оптимизации технико-экономических параметров низковольтной сети электроснабжения. В качестве основной цели диссертационной работы автор предложил модернизацию действующих и разработку новых подходов к параметрической оптимизации городских систем электроснабжения с применением современных геоинформационных технологий.

На основе технико-экономического анализа существующих подходов и методик выбора городских сетей электроснабжения, определены основные направления модернизации действующих подходов и разработки новых подходов к проблеме параметрической оптимизации систем электроснабжения; собраны, структурированы и проанализированы данные потребителей электрической энергии, центров питания и понижающих трансформаторных подстанций; выведены и обоснованы соотношения для поправочных коэффициентов неоднородности плотности нагрузки в процедурах определения оптимальных технико-экономических параметров элементов данной системы.

Автором предложен программный модуль для построения диаграмм нагрузок, определены оптимальные зоны ответственности трансформаторных подстанций в рассматриваемой области; определены оптимальные технико-экономические параметры элементов низковольтной городской сети электроснабжения, сформулированы рекомендации по применению предлагаемой методики при выполнении работ по параметрической оптимизации городских систем электроснабжения. Необходимость исследований в данной предметной области не вызывает сомнения.

Основные результаты работы были получены автором в ходе исследований, выполняющихся в рамках НИР «Автономные системы децентрализован-

ного энергообеспечения (кластерные энергосберегающие системы выработки, транспорта и преобразования тепловой и электрической энергии)» программа: стратегия ФГБОУ ВПО «Комсомольский на Амуре государственный технический университет» и опубликованы в научных изданиях.

Общая характеристика работы: Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы из 103 наименований. Общий объем работы составляет 147 страниц и трёх приложений на 38 страницах.

2. Содержание работы. Во *введении* рассмотрено состояние проблемы диссертационной работы, обоснована актуальность, сформулированы цель, основные задачи и методы исследования.

В *первой главе* рассмотрены общепринятые методики расчёта и поставлена общая задача выбора параметров элементов системы электроснабжения. Анализ различных вариантов параметрической оптимизации низковольтных городских систем электроснабжения показал необходимость применения автором модернизированной целевой функции приведённых затрат и позволил сделать выводы о возможности решения поставленной задачи на основе новых подходов к определению положения трансформаторных подстанций при учёте изменяющейся плотности нагрузки. Автором установлено несоответствие результатов выбора сечений воздушных и кабельных линий по экономической плотности тока с требованиями, обусловленными текущей экономической ситуацией.

Во *второй главе* автором представлен технико-экономический анализ распределительной сети электроснабжения города с малоэтажным типом застройки. На основе геоинформационных технологий получено распределение плотности нагрузки по пространственным координатам и абсолютным значениям. С помощью алгоритмов цифровой обработки распределения плотности нагрузки, проведена сегментация карты плотности нагрузки на четыре зоны по абсолютным значениям плотности нагрузки. На начальном этапе анализа сегментов изображения плотности нагрузки, получены качественные характеристики сети электроснабжения в разных областях. Сегменты представлены в виде бинарных изображений, к которым применимы методы цифровой обработки. Данные описания двумерных фигур в компактной форме отображают основные топологические свойства. Для учёта взаимодействия элементов систем электроснабжения с внешними условиями результаты, полученные на основе теории графов, конвертировались на геодезическую систему координат, что необходимо для отображения полученных объектов на географической карте региона. Для решения данных задач разработана программа «Определение зон ответственности трансформаторных подстанций на основе диаграмм Вороного с использованием ГИС-технологий».

Третья глава посвящена решению задачи определения радиуса обслуживания и зон ответственности трансформаторных подстанций. Для учета неоднородности потребителей по абсолютной величине потребляемой мощности

зоны обслуживания трансформаторных подстанций определены на основе взвешенных диаграмм Вороного. Это позволило перераспределить потребители электроэнергии по зонам ответственности трансформаторных подстанций таким образом, что коэффициент вариации плотности нагрузки минимизируется. Применение в качестве целевой функции выражения относительных приведенных затрат в безразмерном виде, позволяет учитывать перспективный рост нагрузки и получать, независимые от экономической ситуации, результаты оптимизации. Для снижения неопределенности и недостоверности начальных данных в задачах определения оптимальных параметров элементов городских сетей, ведётся учёт локальных особенностей района (области) планирования на основе анализа затратных матриц в виде изображений в градациях серого и карт геодезических дистанций.

В *четвертой главе* приведены результаты сравнительного технико-экономического анализа действующей распределительной городской сети 0.4 – 110 кВ и вариантов сети, для различных видов сегментации, со значениями параметров элементов сети найденными с помощью подходов и методов, предлагаемых автором исследования. На основании приведенной лепестковой диаграммы относительных значений выборочных параметров действующей сети и предлагаемых решений автор показывает экономию в затратах на капитальные вложения и эксплуатацию по сравнению с действующими подходами.

Заключение содержит выводы по работе, которая представляет собой законченный труд, посвящённый решению комплекса научных и технических проблем усовершенствования принципов параметрической технико-экономической оптимизации систем электроснабжения городов на основе методов компьютерной геометрии и обработки сигналов. Полученные результаты позволяют учитывать региональные особенности, уменьшить уровень неопределённости и неполноты исходных данных при проектировании и реконструкции сетей систем электроснабжения. Порядок изложения материалов исследования позволяет рассматривать диссертацию как единое целое.

3. Основные научные результаты и их новизна. Диссертационная работа Афанасьева Александра Петровича углубляет и расширяет теоретические и практические представления в области параметрической оптимизации структур и элементов низковольтных систем электроснабжения городов. В работе представлены разработанные автором, научно обоснованные, технические решения, направленные на совершенствование электротехнических комплексов и систем электроснабжения промышленных предприятий и организаций, служебных и жилых зданий. А также обоснована совокупность технических, технологических и экономических критериев оценки принимаемых решений в области проектирования городских систем электроснабжения. Эти результаты определяют научную новизну диссертации.

Наиболее значимыми научными результатами, полученными соискателем являются:

- новые соотношения для учета неоднородности плотности нагрузки при

осуществлении параметрической оптимизации городских систем электроснабжения;

- методика определения зон ответственности трансформаторных подстанций и центров питания, их параметров и дескрипторов на основе обычных и взвешенных диаграмм Вороного;
- способ получения карт плотности нагрузки и подходы к их анализу;
- разработанная информационная структура в виде кумулятивной матрицы геодезических дистанций и способ ее применения для определения оптимального местоположения трансформаторной подстанции;
- подход и его программная реализация для определения оптимальных, с технико-экономической точки зрения, трасс для прокладки кабельных линий.

4. Основные практические результаты и реализация работы. Практическая ценность исследования заключается в разработке принципов и подходов для практического осуществления параметрической оптимизации элементов городских сетей электроснабжения низкого напряжения с учетом неоднородности плотности нагрузки на базе комплексного использования дискретных и непрерывных оптимизационных процедур, что позволяет: провести качественный и количественный анализ технико-экономических параметров городских систем электроснабжения; получить оптимальную топологическую структуру электрической сети; разработать мероприятия по выбору значений сечений жил кабельных линий, мощности трансформаторных подстанций; определить наиболее энергоемкие области и разработать рекомендации по перегруппировке потребителей электроэнергии по зонам ответственности.

Практическая значимость диссертационного исследования подтверждена разработанным автором программой, на которую получено свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2014613432 от 26.03.2014г.

5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям. Диссертация Афанасьева А.П. полностью отвечает критериям, которые предусмотрены для научно-квалификационных работ в п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842. В ней соблюдены следующие принципы соответствия.

5.1. Указанная диссертантом *цель работы* – модернизация действующих и разработка новых подходов к параметрической оптимизации городских систем электроснабжения низкого напряжения с использованием инструментария ГИС технологий, компьютерной геометрии и математической морфологии, учитывающих неоднородность плотности нагрузки – *реализована в рамках представленной диссертационной работы.*

5.2. *Автореферат* диссертации Афанасьева А.П. *соответствует диссертационной работе* по всем квалификационным признакам: по цели, задачам исследования, основным положениям, актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности.

5.3. *Основные выводы и результаты* диссертации *соответствуют по-*

ставленным задачам исследований и сформулированы автором чётко и ясно.

5.4. Научные публикации Афанасьева А.П., изданные в период с 2010 по 2014 гг., соответствуют диссертационной работе и с достаточной полнотой отражают её основные результаты и выводы.

5.5. Тема и содержание диссертации Афанасьева А.П. соответствуют паспорту научной специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» (далее курсивом по тексту паспорта):

- по направлению исследований, связанных с параметрической оптимизации структур и элементов низковольтных систем электроснабжения городов с учетом неоднородности плотности нагрузки как «...исследование по общим закономерностям ... передачи и использования электрической энергии ..., определяющие функциональные свойства действующих или создаваемых электротехнических комплексов и систем...»;

- по области исследования как «...обоснование совокупности технических, технологических, экономических ... критериев оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации электротехнических комплексов и систем...» и «...разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация...»;

- по объектам исследования – как «...системы ... электроснабжения ... промышленных ... предприятий и организаций, ... служебных и жилых зданий...».

Диссертация Афанасьева А.П. написана доступным языком, корректным в научном и техническом отношении. Материалы и результаты исследования изложены в необходимом объёме на достаточном квалификационном уровне.

В работе показана обоснованность и результативность применяемых подходов к параметрической оптимизации элементов систем электроснабжения городов с учётом неоднородности нагрузки.

Результаты, полученные диссертантом, являются вкладом в решение задачи параметрической оптимизации низковольтных городских систем электроснабжения.

6. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Основные научные положения Выводы и рекомендации, представленные в диссертации, получены Афанасьевым А.П. на основе корректного применения методов системного анализа применительно к сетям электроснабжения. Для структурирования и анализа данных по нагрузкам использовались прикладные программные пакеты, работающие на основе геоинформационных технологий. Научно обоснована методика оптимизации, основанная на алгоритмах компьютерной геометрии и методах непрерывной и дискретной оптимизации целевых функций, а также специальные методы оптимизации на графах. Общая база для сбора данных, структурирования, анализа и отображения создана в среде Mapping Toolbox MatLab.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, находится на уровне требований достаточ-

ном для кандидатской диссертации.

7. Апробация работы публикации. Результаты работы доложены и обсуждены на ряде научных конференций и семинарах:

- международной научно-технической конференции «Электротехнические комплексы и системы» г. Комсомольск-на-Амуре 2010 г;
- международной научно-технической конференции «Энергоэффективность и энергосбережение» г. Благовещенск 2011 г;
- международной научной конференции «Хейлунцзян–Приамурье» г. Биробиджан 2013 г.

Результаты диссертации опубликованы в 8-ми печатных научных работах, написанных лично или в соавторстве, в том числе в 2-х изданиях, рекомендованных ВАК. Апробация работы проведена на достаточном уровне.

8. Замечания и дискуссионные положения. Вместе с тем, работа не свободна от недостатков. В качестве замечаний следует отметить:

1. В тексте диссертации имеются незначительные опечатки и неточности: Н: на рис. 1.10 индексы в обозначениях мощности и коэффициента несовпадения максимумов нагрузки русскоязычные, а в формуле 1.19 – на латинице (Стр. 30-31); на стр. 56 абзац 3 пропущен предлог «из» (...изображение плотности нагрузки состоит ... мозаики квадратов со стороны...), аналогично на стр.135 п.8 и т.д.
2. На стр. 59 имеется ссылка на формулы 2.17 и 2.18 коэффициента разветвленности сети, которые приведены намного далее по тексту на стр. 65 и 66, тем самым нарушена причинно-следственная связь, причём вместо формулы 2.17 ошибочно указана 2.19 (коэффициент распределения нагрузки).
3. Аналогично на стр. 67-68 второй главы диссертации при рассмотрении новых подходов к определению радиуса обслуживания и зон ответственности трансформаторных подстанций, автор упоминает о разработанной программе «Определение зон ответственности трансформаторных подстанций на основе диаграмм Вороного с использованием ГИС-технологий». При этом только на стр.75-80 появляются ссылки на литературные источники и пояснения преимущества применения диаграмм Вороного для решения поставленной задачи.
4. Хотелось бы более чётко определить критерии окончательного выбора предполагаемых координат местоположений и мощности трансформаторных подстанций и оптимальных маршрутов для прокладки кабельных линий электропередач с использованием предложенного комплексного подхода на основе оптимизационных алгоритмов, которые могут быть приняты за основу при принятии решений лицом, принимающим ответственные решения.

5. Нет сведений о внедрении результатов работы. Где более выгодно использовать предложенную методику в районах с высокой плотностью нагрузки или, наоборот, с низкой?

6. **Общее заключение по работе.** Содержание, основные научные выводы и практические рекомендации представленной диссертационной работы полностью соответствует паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи – модернизации и разработки методов параметрической технико-экономической оптимизации систем электроснабжения городов на основе геоинформационных моделей и систем, методов и алгоритмов дискретной математики, технического анализа и обработки геометрических структур, основанных на теории множеств, топологии и случайных функциях, и содержащей совокупность результатов, представляющих новое решение актуальной научно-технической задачи, имеющей существенное значение для систем электроснабжения городов.

Считаю, что диссертация соответствует требованиям, установленным п.9 «Положения о присуждении учёных степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор – **Афанасьев Александр Петрович** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой
Электропривода и электрооборудования
Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
почетный работник высшего
профессионального образования РФ,
Ph. D., канд. тех. наук (специальность – 05.09.03),
доцент



Дементьев
Юрий Николаевич

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: dementev@tpu.ru, dementiev@mail2000.ru

Подпись Ю.Н. Дементьева заверяю

Ученый секретарь Ученого совета
ФГАОУ ВО НИ ТПУ
17 сентября 2014 г.



О.А. Ананьева