

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и  
инновационной деятельности  
ФГАОУ ВО «Омский  
государственный технический  
университет»



д-р техн. наук, профессор  
*П.С. Ложников*  
П.С. Ложников  
13  
Марта 2026 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» на диссертационную работу Гриценко Дмитрия Николаевича на тему: «Алгоритмы изменения топологии сельских электрических сетей 6–10 кВ, снижающей технологические потери электроэнергии», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса в диссертационный совет 35.2.019.03 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ).

### 1. Актуальность темы диссертационной работы

При энергоснабжении сельских потребителей важное место занимает эффективность передачи электрической энергии, которую можно повысить за счёт снижения величины технологических потерь электрической энергии, выделяемой в линиях электропередачи.

Сельские электрические сети зачастую обладают значительной протяжённостью, что влечёт за собой высокий уровень потерь электроэнергии. Снижая величину потерь электрической энергии, можно не только повысить эффективность работы электрической сети, но и снизить издержки сельскохозяйственных предприятий.

В отечественной и зарубежной научной литературе освещено множество возможных методов и мероприятий, позволяющих снижать величину потерь электроэнергии. Наибольшее распространение имеют такие как: замена существующих линий электропередачи проводниками большего сечения, установка силовых трансформаторов большей или меньшей мощности, использование установок компенсации реактивной мощности и т.д. К менее распространённым относят изменение топологии сети, однако, не смотря на меньшую освещённость в научной литературе, данный метод

позволяет эффективно снижать величину потерь электроэнергии, привлекая минимальные капитальные вложения.

Определение топологии с минимальными технологическими потерями можно рассматривать как оптимизационную задачу, для решения которой используются методы и алгоритмы теории графов.

## **2. Новизна исследований и полученных результатов**

Научную новизну работы составляют:

- целевая функция задачи оптимизации схемы сельской распределительной сети по критерию минимума технологических потерь электроэнергии;
- модернизированный алгоритм обратного удаления, имеющий сниженную асимптотическую сложность;
- комбинированный алгоритм, позволяющий снизить величину технологических потерь электрической энергии;
- алгоритм определения вариантов топологии сельской распределительной сети.

## **3. Степень достоверности и обоснованности результатов исследований**

Достоверность полученных Грищенко Д.Н. теоретических и экспериментальных данных подтверждается использованием в работе современных программных продуктов и методик проведения исследований. Например, для моделирования схемы электрической сети применялось ПО Matlab Simulink, а для расчета величин технологических потерь электроэнергии и параметров электрической сети – ПО «РЭТП 6–10», используемое на предприятии АО «Россети Кубань» Усть-Лабинские электрические сети. Исследования выполнены с применением вычислительной техники с высокими параметрами по оперативной памяти и скорости обработки данных. Научные положения диссертационной работы подтверждаются выводами, рекомендациями производству и перспективами использования.

## **4. Теоретическая и практическая значимость исследований**

Теоретическая значимость работы включает: целевую функцию, позволяющую оптимизировать схему сельской распределительной сети по критерию величины технологических потерь электроэнергии; комбинированный алгоритм, который позволяет снизить технологические потери электроэнергии в сельской распределительной сети, за счёт изменения её топологии; алгоритм определения вариантов топологии распределительной сети, которые могут быть использованы при её изменении в процессе эксплуатации.

Практическая значимость: полученные результаты могут быть использованы для решения оптимизационных задач, возникающих при проектировании новых сельскохозяйственных распределительных сетей и реконструкции существующих.

## 5. Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит 130 страниц машинописного текста, 32 рисунка, 14 таблиц, приложения и список литературы из 121 наименования. Структура диссертации построена в соответствии с поставленной целью и задачами исследования.

**Во введении** представлена актуальность темы исследования с формулировкой целей и задач исследования.

**В главе 1** автором проведен анализ величин и характера потерь электрической энергии в сельских электрических распределительных сетях 6–10 кВ, а также их влияние на рентабельность агропромышленных предприятий. Ежегодно сельскохозяйственные предприятия недополучают сотни тысяч рублей прибыли из-за оплаты счетов за потери электроэнергии. Актуален поиск способов и мероприятий, снижающих потери электроэнергии в распределительных сетях. Одними из наиболее перспективных являются мероприятия по улучшению режимов электрических сетей. Модернизируя алгоритм обратного удаления и, используя его совместно с методами численной оптимизации, можно эффективно изменять топологию электрической сети. Улучшая топологию электрической сети, достигается цель снижения величины технологических потерь. Определена проблема, цель работы и сформулированы задачи исследования.

**В главе 2** представлено математическое моделирование сформулированной гипотезы и теоретическое решение задач научной работы. Была сформулирована целевая функция оптимизации схемы распределительной сети по критерию минимума технологических потерь. Кроме того в целевой функции предусмотрен ряд ограничений в части качества электроэнергии и предусматривающие эксплуатационные ограничения. Во-первых, это максимальное отклонение напряжения, которое не должно превышать 10 %. Во-вторых, недопустимость нарушения связности схемы электрической сети и учет категоричности электроснабжения. Для сокращения времени работы и снижения величины асимптотической сложности был модернизирован алгоритм обратного удаления. Расчет количественных показателей показал, что, в зависимости от схемы, асимптотическую сложность удалось снизить в 3–20 раз. Обоснован комбинированный алгоритм, представляющий собой совместную работу модернизированного алгоритма обратного удаления и алгоритма PSO. Использование комбинированного алгоритма позволит снижать величину технологических потерь электрической энергии в сельских электрических

сетях на 4–15 %. Поскольку в процессе работы комбинированного алгоритма появляются промежуточные топологии, был разработан алгоритм определения вариантов топологии сельских распределительных сетей, которые могут быть использованы при её изменении в процессе эксплуатации.

**В главе 3** представлены экспериментальные исследования по подтверждению теоретических положений. С помощью специализированного прибора «Определитель ампер-квадрат-часов» на участке ВЛ-10 кВ питающего фидера ГЦ-11 длиной 0,35 км и сечением провода 50 мм<sup>2</sup> электрических сетей Усть-Лабинского района были определены фактические значения технологических потерь электроэнергии. Также на основе данных об элементах электрической сети были получены расчетные значения технологических потерь. Сравнив полученные значения, было установлено, что абсолютная и относительная погрешности составили -6,11 кВт·ч и -5,9 %, соответственно. Используя комбинированный алгоритм для определения топологии, имеющей минимально возможную величину технологических потерь, удалось определить ее в 3 раза быстрее в сравнении с конкурентными алгоритмами. Для распределительной сети Прикубанского округа города Краснодар после использования комбинированного алгоритма показатель технологических потерь электрической энергии снизился на 15 %. Проведенные исследования применения алгоритма определения вариантов топологии распределительной сети показали, что получаемые варианты топологии незначительно отличаются от эффективной. Для типовой схемы ПЭЭ 33 bus, широко используемой при решении задач оптимизации схемы распределительной сети, полученные варианты отличаются от эффективной топологии на 4,5 %, а для распределительной сети Прикубанского округа города Краснодар – на 6,5 %.

Полученные результаты расчетов величины технологических потерь сопоставлены с теоретическими данными и попадают в соответствующие доверительные интервалы.

Экспериментальные испытания разработанных алгоритмов изменения топологии сельских электрических сетей 6–10 кВ проводили в АО «Россети Кубань» Усть-Лабинские электрические сети. Для испытаний была выбрана нормальная схема электрической сети, снабжающаяся от питающих станций ПС «Геймановская» и ПС «Алексеевская». Расчеты по определению эффективной топологии, проводились по разработанным алгоритмам и алгоритму, используемому в ПО «РЭТП 6–10». Было установлено, что полученная с помощью разработанных алгоритмов эффективная топология даст результаты лучше, чем полученная с помощью ПО «РЭТП 6–10» рациональная и фактически используемая топологии на 1–8 % в зависимости от рассматриваемого показателя, что в свою очередь позволило повысить эффективность функционирования сельской распределительной сети.

**В главе 4** произведено экономическое обоснование использования эффективной топологии сельской электрической сети. Были рассчитаны эксплуатационные издержки предприятий, а также определены величины

технологических потерь электроэнергии. Использование эффективной топологии позволило сократить величину технологических потерь и одновременно сэкономить денежные средства.

Положительно оценивая результаты выполненной работы, следует сделать **следующие замечания**:

1. В формулировке темы оборот «...топологии...снижающей...» создает некоторую смысловую неточность, так как потери снижает не сама топология, а ее изменение.

2. На странице 15 диссертации сказано, что потери на нагревание и перемагничивание сердечника трансформаторов относятся к переменным потерям. На самом деле это постоянные потери.

3. В формулировке задачи (2.3) в целевую функцию должен входить не средний, а среднеквадратичный ток.

4. В той же задаче величина  $U_{\min}$  расшифрована как максимальная величина отклонения напряжения. В действительности это минимальное из напряжений у потребителя.

5. Среди технических ограничений отсутствуют ограничения по допустимому току линий. Неучет этих ограничений возможен только в том случае, когда перегрузка линий исключена при любой топологии сети. Из текста работы неясно, так ли это.

6. Не расшифровано, что подразумевается под источниками тока в рассматриваемой задаче. Если это токи нагрузок, то они должны быть направлены от узла, в то время как в работе приведены уравнения для токов источников, направленных к узлу. По-видимому, при расчетах эти токи подставлялись в формулы как отрицательные величины, но было бы удобнее изменить их знак сразу в уравнениях.

7. Если нагрузки заданы как источники тока, то для расчета токов в линиях метод узловых потенциалов, в общем-то, не требуется, поскольку ток в каждой линии разомкнутой сети будет равен простой сумме токов нагрузок, питающихся через эту линию. Понятия однородной сети и R-схемы имеют смысл только для замкнутых сетей. Возможно, в алгоритме как-то используются вспомогательные расчеты и для замкнутых контуров, но из текста работы это непонятно.

8. Задание нагрузок в форме источников тока вносит в расчеты некоторую погрешность, которая может стать заметной именно в сельских сетях в связи с большой длиной линий. Точнее было бы использовать статические характеристики нагрузок по напряжению.

9. Рассматриваемое в диссертации изменение топологии по сути сводится к поиску оптимальных точек размыкания сети. Хотя алгоритм поиска оптимального решения является новым, сама задача относится к стандартным мероприятиям по снижению потерь. Поэтому имело смысл сравнить предложенный алгоритм с другими методами поиска оптимальных точек размыкания, начиная с самого простого – размыкания в точке потокораздела однородной сети. И в списке литературы работ на эту тему можно было бы привести значительно больше.

10. Правильно пишется «линия электропередачи», а не «линия электропередач».

#### **6. Публикация результатов диссертации, соответствие автореферата ее содержанию**

По материалам диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК России и 2 статьи в изданиях, индексируемых Scopus. Практическая значимость результатов работы подтверждена актом о внедрении на предприятиях АО ОИХ «Центральное» (г. Краснодар) и АО «Россети Кубань» Усть-Лабинские электрические сети (г. Усть-Лабинск).

Структура и содержание автореферата отражают основные положения диссертации и не содержат противоречий с диссертационной работой.

#### **7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные результаты исследований позволяют повысить энергоэффективность сельских электрических сетей за счет снижения потерь энергии при сохранении требуемого уровня надежности электроснабжения и качества электроэнергии, что приведет к снижению величины эксплуатационных издержек для предприятий агропромышленного комплекса, имеющих на своем балансе электросетевое хозяйство.

### **Заключение**

Диссертационная работа Грищенко Дмитрия Николаевича на тему: «Алгоритмы изменения топологии сельских электрических сетей 6–10 кВ, снижающей технологические потери электроэнергии», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса, имеет внутреннее единство, выполнена на достаточно высоком теоретическом и методическом уровне. Она является законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, которая соответствует паспорту специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса. Автореферат полностью отражает основное содержание и положения диссертации. Выводы, полученные в результате исследований, достаточно аргументированы, обладают новизной и достоверностью.

Представленная работа по своей направленности, актуальности, методам исследований, достоверности полученных результатов, теоретической и практической значимости соответствует требованиям п.п. 9-11 и 13 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г.

№842, так как содержит научно-обоснованные разработки, направленные на повышение эффективности функционирования сельских электрических сетей за счет снижения величины технологических потерь, что имеет существенное значение для развития страны, а ее автор Грищенко Дмитрий Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Диссертационная работа и отзыв на неё рассмотрены, обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет» (протокол № 6 от 12 марта 2026 г.).

Доктор технических наук, профессор кафедры  
«Электроснабжение промышленных предприятий»



В.Н. Горюнов

Кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Электроснабжение промышленных предприятий»




С.С. Гиршин

Заведующий кафедрой  
«Электроснабжение промышленных предприятий»  
кандидат технических наук, доцент



М.Ю. Николаев

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Омский государственный технический университет»  
(ОмГТУ)  
644050, Россия, г. Омск, пр-т Мира, д.11  
Тел: +7 (3812) 65 34 07  
e-mail: info@omgtu.ru

С отзывом ведущей организации ознакомлен  
30.03.2026  
 Грищенко Д.М.

### Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет» по диссертационной работе Грищенко Дмитрия Николаевича на тему: «Алгоритмы изменения топологии сельских электрических сетей 6–10 кВ, снижающей технологические потери электроэнергии», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет»
Организационно-правовая форма	Государственное учреждение
Ведомственная принадлежность организации	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Почтовый индекс и адрес организации	644050, г. Омск, пр-т Мира, д.11
Адрес электронной почты	info@omgtu.ru
Официальный сайт организации	<a href="https://www.omgtu.ru">https://www.omgtu.ru</a>
Телефон/факс	+7 (3812) 65-27-70
Сведения о структурном подразделении	Кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий» Тел.: +7 (3812) 65-21-54 Заведующий кафедрой Николаев Михаил Юрьевич канд. техн. наук, доцент
<b>Основные публикации ведущей организации, затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя</b>	
1. Петрова Е.В. Анализ потерь в защищенных и неизолированных проводах в стационарных режимах с учетом погодных условий / Е.В. Петрова, С.С. Гиршин, В.А. Криволапов, К.В. Хацевский, В.Н. Горюнов, В.М. Троценко // Омский научный вестник. – 2024. – № 3 (191). – С. 99–109.	
2. Киселёв Г.Ю. Потери электрической энергии в электрических сетях / Г.Ю. Киселёв, В.М. Троценко, Е.В. Петрова, В.А. Криволапов, С.С. Гиршин, А.А. Бубенчиков, В.Н. Горюнов // Омский научный вестник. – 2023. – № 1 (185). – С. 80–85.	

3. Петрова Е.В. Аналитический метод расчета потерь в воздушных линиях электроэнергетических систем с учетом изменения нагрузки и погодных условий / Е.В. Петрова // Омский научный вестник. – 2023. – № 3 (187). – С. 101–108.
4. Петрова Е.В. Анализ длительно допустимых токов и потерь активной мощности в воздушных линиях электропередачи с учетом климатических факторов / Е.В. Петрова, С.С. Гиршин, В.А. Криволапов, В.Н. Горюнов, В.М. Троценко // Омский научный вестник. – 2023. – № 4 (188). – С. 84–92.
5. Троценко В.М. Анализ температуры и сравнение потерь активной мощности в нестационарном и стационарном тепловом режиме воздушных линий электропередачи / В.М. Троценко // Омский научный вестник. – 2023. – № 4 (188). – С. 93–99.
6. Рохлов В.А. Информационное обеспечение системы оптимального управления конфигурацией распределительной сети / В.А. Рохлов, Р.Н. Хамитов, И.Л. Захаров, С.Н. Жеребцов, Л.С. Ганичева // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2023. – Т. 19. № 3. – С. 189–205.
7. Рохлов В.А. Моделирование процесса управления конфигурацией распределительной электрической сети при внешних воздействиях / В.А. Рохлов, Р.Н. Хамитов, С.Н. Жеребцов, А.А. Латынцева // Автоматизация в промышленности. – 2024. – № 8. – С. 39–43.
8. Рохлов В.А. Интегрированные системы оптимального управления конфигурацией электрической сети / В.А. Рохлов, Р.Н. Хамитов, С.Н. Жеребцов, А.А. Латынцева // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 9. – С. 566–572.
9. Латыпов И.С. Увеличение пропускной способности электрической сети и повышение энергоэффективности действующей электроэнергетической системы нефтегазопромысловых потребителей / И.С. Латыпов, В.В. Сушков, Г.А. Хмара, А.Н. Паршуков, Р.Н. Хамитов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. № 4. – С. 236–247.
10. Гиршин С.С. Управление мощностью регулируемых конденсаторов в электрических сетях по критерию минимума потерь энергии / С.С. Гиршин, Е.Г. Андреева, К.В. Хацевский, В.М. Троценко, Н.А. Мельников, Е.В. Петрова, В.Н. Горюнов // Polytech Journal. – 2021. – Т. 25. № 6 (161). – С. 741–752.

Проректор по научной и  
инновационной деятельности



Ложников П.С.