

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора
Назарычева Александра Николаевича
на диссертационную работу Черновой Анастасии Дмитриевны на тему
«Разработка системы поддержки принятия решения по техническому
переворужению и реконструкции района электрических сетей на основе
технологии искусственных нейронных сетей», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

На отзыв представлены:

- диссертация на 189 страницах, которая состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 127 наименований и содержит 49 рисунков, 14 таблиц и 6 приложений;
- автореферат диссертации на 20 страницах с общей характеристикой работы, кратким описанием её основного содержания и результатов исследования.

Актуальность темы диссертации

Основным требованием, предъявляемым к предприятиям электрических сетей (ЭС), является обеспечение надежного электроснабжения потребителей. При этом, в настоящее время парк изношенного электротехнического оборудования достигает в некоторых районных электрических сетях (РЭС) более 70 %. Для обеспечения надежного электроснабжения наряду с мероприятиями по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР), необходима разработка программ технического перевооружения и реконструкции (ТПиР) ЭС, позволяющих достичь целевых показателей эффективности функционирования в условиях ограниченного финансирования. Поэтому диссертационная работа Черновой Анастасии Дмитриевны на тему «Разработка системы поддержки принятия решения по техническому перевооружению и реконструкции района электрических сетей на основе технологии искусственных нейронных сетей» является актуальной.

Новизна исследования и теоретическая значимость полученных результатов

К наиболее существенным результатам научной новизны и теоретической значимости диссертации следует отнести следующие:

- введена и обоснована возможность применения нового критерия унификации номенклатуры электросетевых объектов на основе многомерного анализа параметров оборудования с помощью карт Кохонена;

Вх. №05-19/1-14
от 22.01.20г.

– предложена математическая модель выбора приоритетной альтернативы ТПиР РЭС, представленная в виде системы уравнений условной оптимизации;

– адаптирован метод многокритериальной оценки альтернатив объекта ЭС, основанный на использовании искусственной нейронной сети, обученной с помощью алгоритма обратного распространения ошибки;

– адаптирован метод выбора приоритетной альтернативы ТПиР РЭС, основанный на теории графов и решении оптимизационной задачи.

Практическая значимость и реализация результатов

Разработанные в диссертации модели и методы принятия решения, реализованы в прикладной программе, позволяющей оценить альтернативные варианты ТПиР объекта ЭС по многокритериальной модели, а также осуществить обоснованный выбор приоритетной программы ТПиР РЭС в условиях финансового ограничения.

Полученные результаты могут применяться в системах поддержки принятия управленческих решений на предприятиях ЭС при составлении инвестиционных программ по ТПиР.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность результатов исследования подтверждается корректным применением методологии построения систем поддержки принятия решения (СППР), теоретических основ электротехники, методов системного и комбинаторного анализа, математического моделирования, проектирования информационных систем, прикладного программирования. Результаты, полученные в ходе тестирования разработанной автором СППР, не противоречат предложениям, отраженным в схемах и программах развития ЭС Оренбургской области.

Публикация основных результатов диссертационной работы

Содержание диссертации и автореферата соответствуют поставленным задачам и отражают последовательность их решения. Основные научные результаты диссертации изложены в 17 публикациях. В том числе, диссертантом опубликованы 3 статьи в изданиях, включенных в перечень, рекомендованный ВАК РФ, из них 1 статья в сборнике трудов конференции, публикуемом в цифровой библиотеке "IEEE Xplore", индексируемой наукометрической базой Scopus; 11 статей в других изданиях и трудах конференций, зарегистрированы 3 прикладных программы.

Соответствие работы научной специальности

Тематика и содержание работы соответствуют паспорту научной специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические

системы, а именно пунктам 5 (разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике); 8 (разработка методов статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике), 13 (разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике).

Анализ содержания диссертации

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность проблемы принятия решения по ТПиР ЭС, сформулирована цель работы, описаны задачи, решаемые для её достижения, представлены выносимые на защиту положения, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

Первая глава посвящена анализу существующих исследований в области принятия решений по ТПиР ЭС. Особое внимание уделяется применению методов искусственного интеллекта в задачах принятия решения в электроэнергетике. В результате сравнительного анализа автором предложено использовать искусственные нейронные сети (ИНС), способные решать задачи классификации и обучения без участия экспертов, а также обрабатывать большие объемы входной информации; работать в режиме реального времени и адаптироваться к условиям различных предприятий РЭС.

В главе выделены три основных этапа в процессе принятия решения по формированию программы ТПиР ЭС: формирование вариантов альтернатив; оценка альтернатив; выбор приоритетной альтернативы. Учитывая иерархию управленческих решений в ЭС, автором предложено разделять их на два уровня: тактический, на котором определяются предпочтительные альтернативы для электросетевых объектов; стратегический - на котором осуществляется выбор приоритетной альтернативы ТПиР РЭС, формируемой из предпочтительных альтернатив.

Вторая глава посвящена разработке математической модели и метода формирования альтернатив для ТПиР РЭС. Автором предложена последовательность действий для определения необходимости ТПиР на основе анализа его технического состояния и уровня загрузки оборудования. Разработана модель формирования альтернатив объекта ЭС на основе декартова произведения множеств, составленных из согласованных номенклатурных параметров оборудования. Для оценки альтернатив адаптированы математические модели критериев суммарных дисконтированных затрат, годовой потери электроэнергии, экономических потерь от нарушения электроснабжения, площади изымаемых земель. Автором предложено ввести в систему частных критериев критерий

унификации номенклатуры электросетевых объектов, позволяющий оценить частоту совокупности параметров оборудования в структуре ЭС, характерной для конкретного электросетевого предприятия.

Для многокритериальной оценки сформированных альтернатив объекта ЭС автором адаптирован метод, основанный на использовании ИНС, обученной с помощью алгоритма обратного распространения ошибки, которая позволяет классифицировать решения на предпочтительные и нецелесообразные. Автором обоснован алгоритм обучения и тренировки, выбрана архитектура ИНС. При тестировании ИНС показала высокие результаты – 99,03 % правильно принятых решений.

Третья глава посвящена разработке модели и метода для принятия решения по ТПиР РЭС, образуемого объектами ЭС, принятие решения по которым описывалось во второй главе. Автором сформулирована оптимизационная задача, решение которой позволяет выбрать приоритетный вариант ТПиР РЭС на основе минимизации ущерба и эксплуатационных затрат от выхода из строя оборудования, не попавшего в программу ТПиР.

Для формирования возможных вариантов ТПиР РЭС автором адаптирован метод, основанный на составлении дерева решений. Ветви дерева представляют собой наборы упорядоченных по степени приоритетности альтернатив электросетевых объектов, длина ветвей (число объектов) определялась объемом выделенных средств инвестиционной программы.

В третьей главе представлена также структурно-функциональная модель, разработанная на основе предложенных математических моделей и методов оценки и выбора приоритетных альтернатив по ТПиР оборудования и всего РЭС, с учётом выделенных уровней и этапов принятия решения.

В четвёртой главе автором описана реализация предложенных моделей и методов на основе применения разработанных прикладных программ. Для автоматизации расчётов сформирована реляционная база данных, содержащая необходимые справочные данные и связывающая основные понятия предметной области.

Разработанная СППР протестирована на подстанциях Центральных электрических сетей (ЦЭС) Оренбургской области. В работе рассмотрены два случая: принятие решения в условиях финансового ограничения и без него. В первом случае полный объем мероприятий по ТПиР предлагается провести на трёх объектах, а для четвёртого оценивается возможность точечной замены оборудования исходя из оставшихся средств и

возможных последствий от выхода из строя незаменённого оборудования. Во втором случае рассматривается замена оборудования для всех подстанций, программа по ТПиР ЦЭС составляется из наиболее предпочтительных альтернатив для каждого объекта.

Полученные в ходе тестирования результаты согласуются с предложениями, содержащимися в «Комплексной программе развития электрических сетей напряжением 35 кВ и выше на территории Оренбургской области на период 2018-2022 г.г.», а также в «Схеме и программе перспективного развития электроэнергетики Оренбургской области на 2019–2023 годы».

В заключении приведены выводы и обобщены результаты, полученные в ходе выполненного в диссертационной работе исследования.

Вопросы и замечания по содержанию диссертации

1. В разделе 2.1. на стр. 46 диссертации указано, что техническое состояние оборудования ЭС в диссертационной работе определяется по методике Минэнерго (приказ от 26.07.2017 № 676). Однако, эта методика учитывает лишь две группы электросетевого оборудования – трансформаторы (автотрансформаторы) напряжением 110 кВ и выше, и воздушные ЛЭП напряжением 35 кВ и выше. При этом уровень аварийности объектов ЭС и надежность электроснабжения потребителей зависит в основном от состояния оборудования 6 – 35 кВ и оборудования распределительных устройств подстанций, такого как: выключатели, разъединители, ТТ, ТН и т.п., а также от состояния воздушных и кабельных линий 6, 10, 20 кВ, ОПН, токоограничивающих и дугогасящих реакторов. Следует пояснить, как в диссертационной работе решался вопрос об оценке технического состояния для указанного оборудования?

2. В разделе 2.2 на стр. 54 приведена формула определения сечения провода (2.13), в которой используется параметр экономической плотности тока. Каким образом, и из каких источников, в существующих условиях эксплуатации ЛЭП, автором работы предполагается получать адекватные значения экономической плотности тока?

3. По разделу 2.3, в котором предложены математические модели частных критериев оценки альтернатив объекта ЭС (суммарных дисконтированных затрат, потерь электрической энергии, экономических потерь от нарушения электроснабжения, площади изымаемых земель) следует дать пояснение – что нового предложено автором в математических моделях частных критериев. Например, в чем новизна формулы (2.24) на стр. 64 по определению суммарных дисконтированных затрат? Кроме того, почему в предложенном критерии унификации номенклатуры

электросетевых объектов при определении кластеров (формула (2.48) на стр. 75.) не учтены подстанции без выключателей на стороне высокого напряжения, количество цепей линий, длина линий и т.п.?

4. В диссертационной работе приоритетная альтернатива выбирается на основании минимизации затрат. Тогда не совсем понятно, чем предложения данной работы по выбору оптимального варианта лучше множества других работ, в которых также в основу положен критерий минимизации затрат не только с учетом ущерба и важности объекта, но и уровня технического состояния, вероятности отказа и последствий этого отказа?

При этом, в настоящее время в Минэнерго России утверждены методики (Приказ от 19.02.2019 № 123) по расчету вероятности отказа и оценке последствий этих отказов.

5. Зачем оценивать остаточные средства инвестиционной программы (раздел 3.3 на стр. 106), т.е. если они остались, значит, формально инвестиционная программа полностью не выполнена? Кроме того, на стр. 109 указывается, что есть оборудование, которое не вошло в программу, но которому необходимо выполнить ремонт за счет некоего резерва средств. Тогда, что это за резерв средств и откуда его взять вне программы? И почему это оборудование тогда не вошло в программу?

6. Из текста диссертационной работы не понятно как оценивается и как решается вопрос о том, что выгоднее продлить эксплуатацию старого оборудования учитывая его техническое состояние или его нужно заменить на новое? Почему это не учтено в альтернативах? И если принимается решение о продлении срока эксплуатации оборудования, то какой подход по определению предельного времени продления эксплуатации?

7. Почему в разделе 4.1 на рис. 4.1 стр. 119 техническое состояние выделено отдельной позицией?

Техническое состояние, является индивидуальным «атрибутом» каждой единицы оборудования и его функциональных узлов. Причем важно знать не просто значение технического состояния в рассматриваемый момент времени, а динамику его изменения с учетом проводимых мероприятий по ТОиР.

8. В диссертационной работе критерием выбора альтернативного варианта ТПиР является минимизация затрат. При этом хорошо известно, что на выбор альтернативного варианта влияет уровень технического состояния оборудования, важность объекта ЭС, последствия отказов с учетом вероятности отказа. Тогда, для чего применяется многомерный анализ различных электрических и конструктивных параметров оборудования, если

в работе не получены зависимости между этими параметрами и техническим состоянием или вероятностью отказа оборудования?

9. В работе утверждается, что результаты проведенных расчетов не противоречат принятой программе ТПиР, в частности для филиала ПАО «МРСК Волги» «Оренбургэнерго». Следовательно, в целом имеющиеся в ПАО «Россети» методы и НТД формирования программ ТПиР работают корректно. Тогда следует пояснить, чем подходы по формированию программы ТПиР предложенные в данной работе лучше, и чем доказана их более высокая эффективность по сравнению с существующими подходами?

Указанные замечания и отмеченные недостатки в некоторой степени снижают качество исследований, но они не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационной работы, позволяющие на практике принимать решения по ТПиР РЭС на основе технологии искусственных нейронных сетей.

Соответствии диссертации критериям Положения о присуждении ученых степеней

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам и в целом отражает последовательность их решения. В работе используется понятный научно-технический стиль изложения. Диссертация отвечает критериям, которые установлены Положением о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ).

Общее заключение

Представленная диссертационная работа Черновой Анастасии Дмитриевны является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, обладающей научной новизной, теоретической и практической значимостью. В работе автором предложены модели и методы, позволяющие реализовать систему поддержки принятия решения по техническому перевооружению и реконструкции предприятий районных электрических сетей на основе технологии искусственных нейронных сетей.

Диссертационная работа полностью отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Чернова Анастасия Дмитриевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент

Доктор технических наук, профессор, ректор Федерального государственного автономного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» (ФГАОУ ДПО «ПЭИПК») Министерства энергетики Российской Федерации

Назарычев Александр Николаевич

09 января 2020 г.

Подпись Назарычева А.Н. заверяю

Начальник отдела управления делами



В.В. Одноконный

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» Министерства энергетики Российской Федерации

196135, Россия, Санкт-Петербург, Авиационная ул., 23

тел.: 8 (812) 708-48-46

E-mail: rector@peipk.spb.ru