

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и

инновациям ФГАОУ ВО НИ ТПУ, д.т.н.

Степанов Игорь Борисович

« 21 » марта 2019 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на диссертацию Хасанзода Насрулло «Оптимизация режимов электропотребления в интеллектуальных сетях с двусторонним потоком энергии методами искусственного интеллекта», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время, как в России, так и за рубежом все большее значение в электроэнергетике приобретают альтернативные и возобновляемые источники энергии. Причинами этого являются их многие положительные свойства: улучшение экологической обстановки, отсутствие необходимости дорогостоящего завоза топлива в отдаленные районы, в отдельных случаях снижение себестоимости производства электроэнергии. Эти факторы позволяют электропотребителям иметь собственные источники генерации энергии. Таковыми, в зависимости от природных условий, могут быть

ветровые, солнечные, геотермальные, гидравлические и прочие возобновляемые источники. Очень часто эти источники эксплуатируются совместно с источниками централизованного электроснабжения и с источниками-накопителями электроэнергии. Режимы работы таких систем зачастую носят вероятностный характер функционирования, вызванный нестабильностью возобновляемого энергоресурса и электропотребления, что создает сложные взаимосвязи между источниками генерации, накопителями и электропотребителями. Желание получить наибольший экономический эффект от эксплуатации таких систем приводит к постановке новых задач оптимизации и управления в условиях неопределенности. К таковым относятся задачи оптимального распределения имеющихся энергоресурсов, обеспечения баланса электроэнергии, надежности и качества, управления режимами альтернативных источников. Электрические сети, для которых данные задачи решены, а их решения заложены в практику эксплуатации, получили название интеллектуальных.

Таким образом, можно утверждать, что исследования в области оптимизации режимов электропотребления для построения интеллектуальных электрических сетей, включающих альтернативную распределенную генерацию, накопители энергии и возможности создания двусторонних потоков энергии являются своевременными и актуальными.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений, приложений и списка литературы, включающего в себя 110 библиографических ссылок. Общий объем работы составляет 187 страниц, включая рисунки и таблицы.

Во введении обоснована актуальность работы, изложены цели и задачи диссертационной работы, методы решения поставленных задач.

В первой главе диссертации рассмотрено современное состояние теории и практики создания интеллектуальных сетей (Smart Grid), вопросы

использования альтернативных источников энергии и построения инфраструктуры интеллектуальных сетей.

Из альтернативных источников автор рассматривает в первую очередь ветровые источники. Показано, что наиболее перспективным способом управления ветроэнергетическими установками (ВЭУ) в условиях нестационарности ветрового потока является способ, использующий алгоритмы нечеткого регулирования актуальные при решении задач адаптивного управления, идентификации, управления в многосвязных системах, классификации и распознавании образов и т.д.

Автор также приходит к выводу, что для полноценного и успешного развития и использования возобновляемых источников энергии необходимо совершенствовать и разрабатывать новые нормативно-правовые акты, в частности, на подключение альтернативных источников энергии.

Вторая глава содержит вопросы оптимального использования альтернативных источников энергии в прибрежной зоне Дальнего Востока.

Выполненный автором достаточно подробный анализ природно-климатических условий региона позволил сделать вывод о возможности использования альтернативных источников энергии, в частности ВЭУ, которые способны обеспечить вытеснение значительной доли углеводородных источников энергии.

Автором сформулирована и решена задача разработки новой математической модели оптимального энергобаланса и электропотребления при участии генерирующих потребителей и альтернативных источников энергии. Решение задачи рассмотрено на примере двух систем электроснабжения: островов Русский и Попова, выполненных в виде интеллектуальной системы с двусторонним потоком энергии и с учетом разных ценовых показателей. Предложена система выбора приоритетности источников генерации, обеспечивающая минимизацию материально-финансовых затрат электропотребителя. Практическим результатом настоящей главы является

доведение предложенной методики до проработанных алгоритмов и программ, реализующих данные алгоритмы.

В третьей главе решается задача оптимизации электропотребления несколько нетрадиционными методами, а именно методами так называемого роевого интеллекта. Для определения эффективности алгоритмов роевого интеллекта рассмотрены три алгоритма из группы методов роевого интеллекта: роя частиц, роя пчел и роя светлячков. Для сравнения принят градиентный метод с улучшенной с помощью метода Ньютона-Рафсона скоростью спуска. Показана эффективность методов роевого интеллекта, обеспечивающих нахождение глобального экстремума по сравнению с градиентным методом, зависящем в локальном экстремуме.

На основе алгоритмов роевого интеллекта решена задача оптимизации электропотребления генерирующих потребителей (ГП). ГП имеет собственные источники энергии, как правило, основанные на альтернативной энергетике и может обмениваться с энергосистемой или соседними ГП. При этом из-за высокой степени неопределенности вырабатываемой мощности, присущей альтернативным источникам энергии, требуется в реальном времени принимать решения по накоплению и обмену электроэнергией. Показано применение роевых алгоритмов для построения оптимальной базы правил для принятия решений.

Практическим результатом настоящей главы также является доведение предложенной методики до проработанных алгоритмов и программ.

В четвертой главе рассмотрены модели для управления и оценки мощности ВЭУ на основе общепризнанной шкалы Бофорта, характеризующей скорость ветра, и сопоставления ее с условиями работы ВЭУ при средней скорости ветра, введены соответствующие лингвистические переменные скорости ветра, определены значения принадлежности данной лингвистической переменной. Исследование статистических характеристик скорости ветра и параметров ВЭУ позволило автору поставить в соответствие силу ветра ее нечеткую переменную. Для целей прогнозирования силы и направления ветра

ВЭУ разработана нечеткая регрессионная модель, позволяющая строить прогнозы относительно выработки электроэнергии на несколько часов вперед. Наряду с этим, разработана новая вероятностная модель генерирующей способности ВЭУ с учетом флуктуации скорости ветрового потока относительно математического ожидания на заданном интервале времени.

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что прогноз скорости ветра дополняется прогнозом его направления, что позволяет строить управления не только лопастями, но и поворотом гондолы, что приводит к увеличению выработки электроэнергии.

В пятой главе рассмотрена возможность оптимизации электропотребления в задачах обучения с подкреплением, что весьма актуально для управления с отложенной выгодой или потерями, когда результат каждого решения зависит от будущих неизвестных заранее реакций внешней среды и дальнейших решений. Изложены основные положения обучения с подкреплением применительно к оптимальному управлению ГП. Рассмотрены принципы этого обучения и его применение. Показано, что Q-обучение является одним из передовых направлений исследований в области искусственного интеллекта.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные при решении поставленных задач и обеспечившие достижение цели диссертационной работы.

Анализ поставленных задач, методов и алгоритмов их решения, свидетельствует о единстве структуры и содержания работы.

3. НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Научная новизна основных положений и результатов работы заключаются в следующем:

3.1. Предложена новая концептуальная модель для узла нагрузки, включающего централизованное электроснабжение, собственную генерацию и

накопители электроэнергии, в совокупности создающего многоуровневую интеллектуальную сеть.

3.2. Разработана новая математическая модель для ГП с учетом централизованного источника электроснабжения, альтернативных источников и накопителя энергии, представляющая собой систему нелинейных алгебраических уравнений. Решения данной системы позволяют выполнять выбор возможных источников энергии для оптимизации расходов ГП за электроэнергию.

3.3. Разработан метод расстановки приоритетов правил оптимального управления ГП, отличающийся адаптацией алгоритма при изменении внешних условий с учетом взаимодействия между собой ГП.

3.4. Предложена нечеткая регрессионная модель прогнозирования скорости и направления ветра и на ее основе предложена вероятностная оценка максимальной мощности ВЭУ на заданном интервале времени.

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Практическая значимость результатов работы состоит в следующем:

4.1. Предложена математическая модель оптимального распределения энергетических ресурсов для ГП островов Русский и Попова за каждый час на суточном интервале времени с учетом энергии ветроустановок и с возможностью ее аккумуляции.

4.2. Проведенное исследование эффективности алгоритмов роевого интеллекта и его сопоставление с эффективностью градиентного метода обеспечило разработку алгоритмов и программ реализующих метод оптимизации генерации и электропотребления в интеллектуальной сети при двустороннем потоке энергии, а также выбор приоритетности правил на основе алгоритма роевого интеллекта, что подтверждено свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

4.3. Результаты, полученные в работе, используются при изучении курсов «Интеллектуальные электрические сети», «Нетрадиционные и

возобновляемые источники энергии» студентами Новосибирского государственного технического университета и Таджикского технического университета имени акад. М.С. Осими, что подтверждено соответствующими документами.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПАСПОРТУ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Содержание диссертации соответствует следующим пунктам Паспорта специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы:

пункт 6 – «Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике»;

пункт 8 – «Разработка методов статической и динамической оптимизации для решения задач в электроэнергетике»;

пункт 13 – «Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике».

6. АПРОБАЦИЯ И ПУБЛИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Основные материалы и результаты исследований докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях. По результатам исследований опубликовано 17 печатных работ, в том числе 5 работ в рецензируемых изданиях из перечня, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 1 работа, индексируемая в наукометрической базе Web of Science, 8 работ в прочих изданиях. Получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат диссертации и публикации полностью отражают содержание и научные результаты, полученные автором работы.

7. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ

7.1. Во второй главе и далее в работе для оптимизации рассматриваются суточные интервалы времени. Не приведет ли это к искажению результатов,

ведь в такой модели нет смысла накапливать электроэнергию на следующие сутки? Возможно, рассматривается достаточно короткий интервал, так как если на следующий день будет штиль, то ГП окажется без запаса мощности в аккумуляторе. Например, на рисунке 2.10 видно, что ГП острова Попова не накапливает энергию, так как выработка ВЭУ покрывает его собственное электропотребление. Но, вероятно, это справедливо не для каждого дня.

7.2. Автору необходимо было сделать дополнительные ссылки на литературу, например, в формулах (2.1) и (2.3).

7.3 Выводы по второй главе не отражают в полной мере значимость полученных результатов, а являются их констатацией.

7.4. Фраза на стр. 130 «флуктуации ветрового потока (скорости ветра) позволяет увеличить вырабатываемую мощность» некорректна. Флуктуация не позволяет увеличить, а всегда увеличивает, что следует из приведенных расчетов. Аналогичная фраза и в заключении на стр. 138, но в ней еще указано «непериодические колебания», хотя периодические они или нет, не имеет значения для представленного выражения (4.28).

7.5. В работе имеются отдельные стилистические погрешности и опечатки, связанные в основном с окончаниями слов (стр. 31, 33, 45 и др.), например, фразу стр. 83 «на каждом шаге итерации», следовало бы написать «на каждой итерации».

8. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, которая представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Актуальность, научная новизна, практическая значимость, содержание и публикации диссертационной работы «Оптимизация режимов электропотребления в интеллектуальных сетях с двусторонним потоком энергии методами искусственного интеллекта» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а

именно п.п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (ред. от 01.10.2018), а ее автор Хасанзода Насрулло, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики ФГАОУ ВО НИ ТПУ, протокол №4 от 14.02.2019 г.

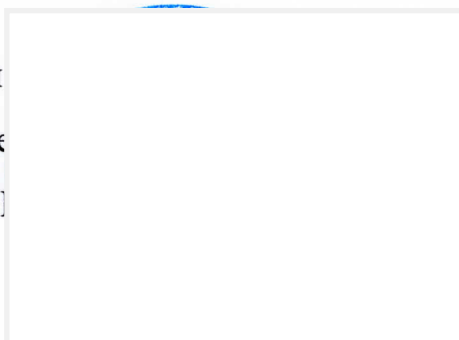
И.о. руководителя Отделения
электроэнергетики и
электротехники Инженерной
школы энергетики ФГАОУ ВО НИ
ТПУ, к.т.н., доцент

Сергей Николаевич Кладиев

Профессор Отделения
электроэнергетики и
электротехники Инженерной
школы энергетики ФГАОУ ВО НИ
ТПУ, д.т.н., профессор

Александр Сергеевич Гусев

Удостоверяю, что подписи
С.Н. Кладиевым и А.С. Гусев
Ученый секретарь ФГАОУ



ФГАОУ ВО НИ ТПУ

О.А. Ананьева

Сведения о ведущей организации:

Полное и сокращенное наименование организации	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ)
Место нахождения	634050, Томская область, г. Томск, пр. Ленина, д. 30
Телефон	+7 (3822) 60-63-33, +7 (3822) 60-64-44
Адрес электронной почты	tpu@tpu.ru
Адрес сайта организации	http://tpu.ru

Отзыв получен 27.03.2019г. Проф. Семенов А. А.

С отзывом ознакомлен 27.03.2019г. [подпись]
/Хасанова И.И.