

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора

Фишова Александра Георгиевича

на диссертационную работу Майорова Глеба Сергеевича на тему

«Выбор рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников в интегрированных энергетических системах на основе мультиагентного подхода»

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Тема исследования диссертационной работы выбор рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников в интегрированных энергетических системах (ИЭС) является сложной и перспективной задачей, поскольку все более активно поддерживается тенденция широкомасштабного перехода к распределенной генерации энергии и формированию взаимосвязанных энергетических систем в виде ИЭС, которые включают в себя системы производства и распределения тепловой и электрической энергии, а также энергии холода и газа. Объединение разрозненных энергосистем различного типа в единый технологический комплекс может обеспечить реализацию новых функциональных возможностей, применение более совершенных технологий в эксплуатации и создание интегрированных централизованно-распределенных систем с координированным управлением их режимами на принципах, соответствующих интеллектуализации различных сфер деятельности и объединению всей информации в общем информационном пространстве.

Актуальность исследования также подтверждается ходом процессов, происходящих в энергетике, которые связаны с тесной естественной интеграцией разных источников энергии (например, совместное производство тепловой и электрической энергии на ТЭЦ), децентрализацией генерации энергии, возрастающей активности потребителей, а также общим трендом к декарбонизации энергетических систем. В этом отношении разработка эффективной методики для выбора рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников в составе ИЭС несомненно востребованная задача, как на уровне научных исследований, так и в области управления современными энергетическими компаниями.

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа Майорова Г.С. содержит введение, 4 главы, заключение и приложения, изложена на 178 страницах и включает в себя 22 таблицы, 57 рисунков, список литературы из 101 наименования. Объем основного текста диссертационной работы составляет 152 страницы.

Во введении представлена общая характеристика работы, обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов, апробация полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Первая глава «Обзор методов развития энергетических систем и мультиагентного подхода для построения интегрированных энергетических систем» посвящена рассмотрению ИЭС, приводятся основные особенности и преимущества данного типа систем. Обосновывается необходимость применения мультиагентного подхода для исследования и управления ИЭС, состоящими из большого количества активных объектов, обладающими своими целями, задачами и особенностями функционирования. Приводится анализ отечественного и зарубежного опыта развития и функционирования ИЭС.

Во второй главе «Разработка методики выбора рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников энергии при развитии интегрированной энергетической системы» приводится математическая постановка задачи исследования, основанная на применении избыточной схемы ИЭС, и соответствующие математические модели. Подробно рассмотрены типы мультиагентных систем (МАС) и их архитектура. На основании проведенного анализа разработана новая иерархическая структура МАС для решения задачи развития ИЭС. Выполнено описание алгоритмов блока расчета схемы ИЭС и блока управления развитием ИЭС. Приводится разработанная методика выбора рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников энергии при развитии ИЭС и ее основные преимущества для решения поставленных задач исследования.

В третьей главе «Разработка мультиагентной модели интегрированной энергетической системы» выполнена оценка и сравнение программных сред для реализации мультиагентного подхода, включая такие программные платформы как Java Agent Development Framework (JADE), NetLogo и AnyLogic. Рассмотрены их основные преимущества и недостатки. В результате проведенного анализа этих платформ выбрана программная среда AnyLogic как обладающая наибольшими преимуществами для реализации мультиагентной модели ИЭС. Приведено описание тестовой схемы ИЭС и основные этапы создания мультиагентной модели ИЭС в программной среде AnyLogic. Рассмотрены алгоритмы поведения каждого типа агента, выполняемые ими функции и логика их взаимодействия с другими агентами.

В четвертой главе «Практическая апробация разработанного методического и программного обеспечения» выполнена апробация разработанной методики выбора рационального состава генерирующей

мощности централизованных и распределенных источников энергии при развитии ИЭС с использованием мультиагентного подхода. Проведен ряд вычислительных экспериментов на двух различных схемах энергоснабжения для демонстрации работы блока расчета схемы ИЭС и блока управления развитием ИЭС. Анализ полученных результатов показал эффективность и работоспособность предложенных принципов и механизмов при решении задачи развития ИЭС.

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы, подтверждающие решение поставленных задач.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА

В результате выполнения работы получены следующие новые научные результаты:

1. Предложена новая методика для выбора рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников при развитии ИЭС на основе мультиагентного подхода. Методика позволяет рассматривать большое количество активных элементов со сложным поведением, в том числе распределенные источники энергии и активных потребителей с собственными источниками энергии.

2. Разработана оригинальная структура МАС для исследования взаимодействия объектов ИЭС при решении задачи выбора рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников энергии при развитии ИЭС, определены основной состав и типы агентов МАС, их цели и задачи.

3. Выполнена математическая постановка задачи выбора рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников в ИЭС, учитывающая зоны эффективности работы генерирующего оборудования и ограничения на выбросы вредных веществ в атмосферу. Разработаны математические модели основных агентов МАС, осуществляющих контроль и управление объектов ИЭС.

4. Разработан алгоритм формирования мультиагентной модели ИЭС в программной среде AnyLogic. На основании разработанного алгоритма сформирована мультиагентная модель ИЭС в соответствии с разработанной схемой и предложенной структурой взаимодействия агентов в МАС.

5. Выполнена апробация разработанной методики выбора рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников энергии при развитии ИЭС с использованием мультиагентного подхода. Проведен ряд вычислительных экспериментов на двух различных схемах энергоснабжения.

СООТВЕТСТВИЕ ПАСПОРТУ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Содержание диссертационной работы Майорова Г.С. соответствует паспорту научной специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы:

п. 1. Разработка научных основ (подходов) исследования общих свойств и принципов функционирования и методов расчета, алгоритмов и программ выбора и оптимизации параметров, показателей качества и режимов работы энергетических систем, комплексов, энергетических установок на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии в целом и их основного и вспомогательного оборудования.

п. 2. Математическое моделирование, численные и натурные исследования физико-химических и рабочих процессов, протекающих в энергетических системах и установках на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии, их основном и вспомогательном оборудовании и общем технологическом цикле производства электрической и тепловой энергии.

п. 5. Разработки и исследования в области энергосбережения и ресурсосбережения при производстве тепловой и электрической энергии, при транспортировке тепловой, электрической энергии и энергоносителей в энергетических системах и комплексах.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основании проведенных исследований получены следующие практические результаты:

- разработан алгоритм поиска оптимальной траектории развития интегрированных энергетических систем на долгосрочный период, позволяющий учитывать случайные события, происходящие в ИЭС при реализации мероприятий по строительству объектов;

- разработан программный прототип МАС для выбора рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников при развитии ИЭС;

- проведены исследования схемы энергоснабжения микрорайона Академгородок г. Иркутска, и получены результаты, отражающие влияние активных потребителей и распределенных источников энергии на централизованное генерирующее оборудование;

- получены практические рекомендации, позволяющие упростить процесс разработки схем энергосистем с учетом интеграции и возрастающего влияния распределенной генерации и активных потребителей.

Результаты диссертационной работы применялись в ряде научных проектов:

- Проекта по госзаданию ИСЭМ СО РАН «Теоретические основы создания интегрированных интеллектуальных энергетических систем и управления ими», под руководством академика РАН В.А. Стенникова, рег. № АААА-А17-117030310432-9.

- Проекта по госзаданию ИСЭМ СО РАН «Теоретические основы, модели и методы управления развитием и функционированием интеллектуальных трубопроводных систем энергетики», под руководством академика РАН В.А. Стенникова (FWEU-2021-0002).

• Гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 20-38-90266 «Исследование свойств интегрированных энергетических систем на основе мультиагентного подхода», под руководством к.т.н. Е.А. Барахтенко.

• Проекта Российского научного фонда № 22-29-01611 «Интеллектуальный синтез цифрового двойника для проектирования интегрированных энергетических систем», под руководством академика РАН В.А. Стенникова.

ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЩИТУ

Основные научные положения, представленные в диссертационной работе, в достаточной степени обоснованы и интерпретированы. Выводы и рекомендации основаны на детальном анализе состояния исследований ИЭС, анализе существующих подходов, моделей и методов для решения различных задач развития и функционирования ИЭС. Все полученные в работе результаты достоверны с точки зрения математических моделей и методов исследования систем энергоснабжения. Обоснованность обеспечивается расчетными методами, применением фундаментальных физических принципов функционирования систем энергоснабжения, а также проверкой и сопоставлением расчетов.

Основные выводы по теме диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 13 научных конференциях и семинарах всероссийского и международного уровня. Основное содержание и результаты диссертационного исследования опубликованы в 19 статьях, из них 6 публикаций в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ по специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы, 6 в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science, и 7 статей в журналах, индексируемых в РИНЦ.

ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ И АВТОРЕФЕРАТУ

1. Насколько разработанная в диссертации методика является масштабируемой? Для каких энергообъединений ее можно применять, например, для энергосистем городов, областей и т.д.

2. Для какого интервала или периода времени сформулированы модели, представленные в главе 2?

3. Для какого режима энергосистемы производится выбор состава генерирующего оборудования? Как при этом учитывается графики потребления энергии?

4. Как учитывается в работе возможность преобразования энергии у потребителя? Как это учитывается при расчетах с использованием разработанной модели?

В целом, указанные замечания не умаляют высокой оценки диссертационной работы

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Майорова Глеба Сергеевича на тему «Выбор рационального состава генерирующей мощности централизованных и распределенных источников в интегрированных энергетических системах на основе мультиагентного подхода» актуальна, обладает научной новизной, имеет теоретическое и практическое значение. Диссертация обладает внутренней логикой, имеет четкий и понятный стиль изложения, все выводы и заключения в работе обоснованы.

Диссертационная работа отвечает пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную автором на высоком научном уровне.

Автореферат в пределах своего объема адекватно отражает содержание диссертационной работы.

Считаю, что представленная научная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Майоров Глеб Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
профессор, кафедра
автоматизированных
электроэнергетических
систем НГТУ, профессор

Фишов Александр Георгиевич

«20» 12 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ).

630073, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, д. 20.

Тел. +7 (383) 346-13-34.

E-mail: fishov@corp.nstu.ru

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Начальник отдела кадров
ФГБОУ ВО НГТУ