

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ТТУ имени академика
М.С. Осими, д.э.н. профессор
Давлатзода К.К.

«09» _____ 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

заседания ученого совета энергетического факультета
Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

Диссертация на тему **«Оптимизация распределенной генерации в локальной электроэнергетической системе с возобновляемыми источниками энергии»**, выполнена на кафедре «Автоматизированный электропривод и электрические машины» Энергетического факультета Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

В период подготовки диссертации соискатель Сафаров Манучехр Исуфович с 2016 по 2021 года являлся соискателем на кафедре «Автоматизированный электропривод и электрические машины» Энергетического факультета Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

В 2014 г. соискатель окончил Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими по специальности «Электромеханик».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдана «16» марта 2023 г. Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.

Научный руководитель – Хасанзода Насрулло, кандидат технических наук, и.о. доцент кафедры «Электрические станции».

На заседании Ученого совета энергетического факультета присутствовали: Рахимзода Дж. Б. (к.т.н., доц. Декан Энергетического факультета), Вохидов М.М. (к.т.н., доц. зам. декан Энергетического факультета), Хасанзода Н. (к.т.н., доц. зам. декан Энергетического факультета), Бобозода Ш.А. (зам. декан Энергетического факультета), Исмоилов Ф.О. (зав. каф. «Электроснабжения», к.т.н., доц.), Балаев М.А. (к.т.н., доц.), Султонзода Ш.М. (зав. каф. «Электрические станции», к.т.н., доц.), Касобов Л.С. (к.т.н., доц.), Диёрзода Р.Х. (зав. каф. «АЭП и ЭМ», к.т.н., доц.), Киргизов А.К. (зав. каф. «ТОР и Э», к.т.н., доц.) – *второй рецензент по работе*, Джалилов Р.А. (к.т.н., доц.), Мирзозода Б.М. (зав. каф. «РЗИАЭС», к.т.н., доц.), Тагоев С.А. (зав. каф. «Т и ТЭ», к.т.н., доц.), Пирмадов М. (к.т.н., доц. «Т и ТЭ»), Нариддинов А. (зав. каф. «Физика», к.т.н., доц.), Ёдалиева З. Н. (к.т.н., доц.), Косимов У.У. (к.т.н., доц.) и Абдурахмонов А.Я. (к.т.н., доц.)

Всего присутствовало 18 человек, а также Саидзода Х.С. (к.т.н., и.о., доц.) – первый рецензент по работе

По результатам рассмотрения диссертационной работы М.И. Сафарова на тему «Оптимизация распределенной генерации в локальной электроэнергетической системе с возобновляемыми источниками энергии» принято следующее заключение:

1. Актуальность темы диссертационного исследования

В то же время возобновляемые источники энергии играют большую роль в энергетике, что улучшает экологическую ситуацию и позволяет потребителям иметь собственные источники энергии.

После того как объединённая электроэнергетическая система Средней Азии разделилась на отдельные энергосистемы, в Республике Таджикистан из-за доминирующей доли гидроресурсов в зимний период нарушается энергобаланс в системе по причине нехватки первичного ресурса, приводящей к снижению генерируемой мощности с одновременной повышением спроса на электроэнергию. Наиболее остро проблема нехватки генерируемой мощности наблюдается в локальных электроэнергетических системах удалённых населённых пунктов, где в зимний период русло малых рек замерзает до 80%. Для решения данной проблемы Правительством республики Таджикистан было принято Постановление № 795 (от 30.12.2015г.) «О Программе освоения возобновляемых источников энергии и строительства малых гидроэлектростанций на 2016-2020 гг.». Кроме того, для освоения энергии малых рек разработана и принята Правительством Долгосрочная Программа строительства малых гидроэлектростанций. Согласно этим документам, особое внимание следует уделить изучению потенциалов возобновляемых источников и внедрению на их основе новых технологий для электроснабжения потребителей удалённых горных населённых пунктов республики. В настоящее время эти программы частично реализованы, на стадии рассмотрения находится новая программа.

В качестве перспективного объекта исследования в данной работе выбрана локальная электроэнергетическая система Мургабского района, расположенная в Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО) Таджикистана.

Существенное отличие режимов данной системы состоит в том, что в зимний период она является энергодефицитной, а в летний – имеется запас энергии, т.е. избытки. Мургабский район состоит из 20 разбросанных населённых пунктов расположенных в 50 - 150 км друг от друга, которые не присоединены к системам центрального электроснабжения ГБАО. Расстояние от административного центра области до районного центра 320 км. Возведение для этих целей воздушных ЛЭП 35 – 10/0,4 кВ с учетом постоянно растущих

цен на строительные материалы представляется для района и области техническим и экономически нецелесообразным. С учетом сложившегося ситуации одним из путей решения повышения эффективности системы электроснабжения удаленных горных районов может стать рассмотрение возможности комплексного применения ВИЭ.

Проблема энергоснабжения района может решаться с помощью ВИЭ, как солнечная и ветровая энергия, которых район располагают большим потенциалом. Наиболее перспективным для Мургабского района представляется совместное использование ресурсов ВИЭ, а конкретно ВЭУ и СЭС с целью сглаживания пиковых всплесков и простоев в производстве энергии. Кроме того, с этим, взаимосвязь между источниками генерации и электропотребителями усложняются за счет новых требований к балансированию режимов, что объясняется некоторой непредсказуемостью генерации энергии возобновляемыми источниками, а также необходимостью подключения дополнительных объектов в виде накопителей энергии.

Учитывая стохастический характер прихода первичных возобновляемых источников, возникает проблема выбора методики для оптимального режима совместного использования всего комплекса в составе локальной электроэнергетической системы. Разрабатываемые методы решения должны учитывать наихудший сценарий возобновляемой генерации и потребления нагрузки для создания оптимальных мощностей. Благодаря надежности принятых методов, разработанная система может обеспечивать нагрузку в дни с меньшей выработкой от возобновляемых источников энергии и частым изменениям нагрузки.

Решение данных проблем является актуальной задачей и связано с оптимизацией процессов преобразования, распределения, регулирования в подобных электроэнергетических системах.

Диссертационное исследование М.И. Сафарова выполнено в рамках тематики научно-исследовательской работы кафедры «Электрические станции» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

2. Научная новизна

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Определены вероятностные характеристики и законы распределения основных метеорологических факторов для источников генерации на основе возобновляемых источников энергии.

2. Разработана математическая модель для режимов электропотребления с учетом возобновляемых источников энергии и накопителя в виде системы нелинейных алгебраических уравнений.

3. Разработан алгоритм оптимального планирования электропотребления на основе линейного программирования и правил продукции для минимизации финансовых расходов потребителей.

3. Теоретическая и практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

1. Предложена математическая модель оптимального распределения энергетических ресурсов для потребителей Мургабского района за каждый час на суточном интервале времени с учетом энергии ветроустановок, солнечной фотоэлектрической станции и возможностью ее аккумулирования.

2. Разработан алгоритм и его программная реализация метода оптимизация режимов электропотребления потребителя, что подтверждено свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ.

3. Предложенные модели и методы излагаются при подготовке специалистов и магистров по специальности «Электрические станции» в курсах «Оптимизация электроэнергетических систем», «Энергетические сооружения и установки нетрадиционных возобновляемых источников энергии» и «Режимы работы электрооборудования нетрадиционных возобновляемых источников энергии» Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими.

4. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность научных положений, полученных результатов и выводов подтверждается корректным использованием методы оптимизации на основе линейного программирования и продукционных правил; методы анализа и балансирования установившихся режимов электроэнергетических систем, а также методы теории вероятностей и математической статистики, которые теоретически обоснованы, хорошо апробированы и подтвердили правомерность их использования.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях, научных семинарах и технических совещаниях:

- Международной научно-практической конференции «Независимость – основа развития энергетики страны», Энергетический институт, г. Бохтар 23 декабря 2017 года.; Международной научно-практической конференции «World science: problems and innovations», МЦНС «Наука и просвещение» г. Пенза часть 1. 28 февраля 2018 года; Международной научно-практической конференции «Перспектива развития науки и образования», Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, 28 ноября 2019; Международной научно – практической конференции: «Энергетика региона:

состояние и перспективы развития», Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, 21 декабря 2019 года; 16-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». Издательство ТулГУ, 20 Ноября 2020 года; Республиканской научно – практической конференции: «Энергетика: состояние и перспективы развития» Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, Душанбе, 21 декабря, 2020 г; XVII Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2022 г.

5. Соответствие содержания диссертации специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы»

По своей цели, задачам, методам исследования и научной новизне диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы».

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»;

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»;

11. Теоретический анализ, экспериментальные исследования, физическое и математическое моделирование, проектирование энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов, функционирующих на основе преобразования возобновляемых видов энергии (энергии водных потоков, солнечной энергии, энергии ветра, энергии биомассы, энергии тепла земли и других видов возобновляемой энергии) с целью исследования и оптимизации их параметров, режимов работы, экономии ископаемых видов топлива и решения проблем экологического и социально-экономического характера.

12. «Исследование влияния технических решений, принимаемых при создании и эксплуатации энергетических систем, комплексов и установок на их

финансово-экономические и инвестиционные показатели, региональную экономику и экономику природопользования».

6. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Личный вклад соискателя состоит в изучении и составлении критического обзора отечественной и зарубежной научной литературы по теме работы, разработке математических моделей, подготовке публикаций и докладов по теме исследования.

7. Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

Основные положения диссертации подробно изложены в следующих опубликованных работах. Всего опубликовано 16 печатных работ, в том числе 4 работ в рецензируемых изданиях рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан. Получен свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ, а также 11 работ в прочих научных изданиях в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. В работах, опубликованных в соавторстве, личный вклад автора составляет не менее 60 %.

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте РТ

[1-А]. Сафаров, М.И. Обзор возобновляемы источников энергии в районах Республики Таджикистан / М.И. Сафаров // Политехнический вестник. Научно-технический журнал. Серия: Инженерные исследования. – Душанбе, 2017. - №3(39). –С.6-10.

[2-А]. Сафаров, М.И. Оптимальное управление генерирующим потребителем с использованием базы логических правил и алгоритмов роевого Интеллекта / З.В. Кобулиев, Н. Хасанзода, М.И. Сафаров, А.С. Зиёев // Политехнический вестник. Научно-технический журнал. Серия: Инженерные исследования. –Душанбе, 2019. -№3(47). -С. 20-31.

[3-А]. Сафаров, М.И. Моделирование прихода солнечной инсоляции для климатических условий Республики Таджикистан / Б.Н. Шарифов, Ш.М. Султонзода, М.И. Сафаров, Р.Х. Диёрзода, Дж.Х. Каримзода // Политехнический вестник. Научно-технический журнал. Серия: Инженерные исследования. – Душанбе, 2022. -№2(58). -С. 38-47.

[4-А]. Сафаров, М.И. Энергетический потенциал ветрового потока на основе уточненного закона распределения скорости ветра / Н. Хасанзода, М.И. Сафаров, Ф.М. Рахимов, Дж.Х. Каримзода. // Политехнический вестник.

Научно-технический журнал. Серия: Инженерные исследования. – Душанбе, 2022. -№3(59). -С. 5-10.

Зарегистрированные программы для ЭВМ

[5-А]. Сафаров, М.И. Оптимизация режимов электропотребления генерирующего потребителя в Мургабском районе / Шарифов Н.Ш., Хасанзода Н., М.И. Сафаров Абдурахмонов А.Я., Каримзода Ч.Х., Рахимов Ч.Б., Саъдуллозода Ш.С. / Внесен в Государственный реестор информационных ресурсов Республики Таджикистан. 29.09.2022г.

Статьи в прочих научных изданиях

[6-А]. Сафаров, М.И. Возобновляемые источники энергии в Таджикистане / А.Я. Абдурахмонов, М.И. Сафаров // Сборник материалов научно-теоретической конференции “Роль в подготовке специалистов государственного университета Куляба имени А. Рудаки”, посв. 70-летию университета (часть 1), 17-18 апреля, г. Куляб. –Куляб, 2015. -С.79-83.

[7-А]. Сафаров, М.И. Развитие малых ГЭС в Таджикистане / М.И. Сафаров, А.М. Абдусаломов // Материалы I научно–практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов «Таджикская наука – ведущее звено развития общества» (часть 1), 21-22 апреля 2016г., г. Душанбе. – Душанбе, 2016. -С.63-65.

[8-А]. Сафаров, М.И. Способы повышения эффективности использования МГЭС / М.И. Сафаров, А.М. Абдусаломов // Материалы I НПК студентов, магистрантов и аспирантов «Таджикская наука – ведущее звено развития общества» (часть 1), 21-22 апреля 2016г. - Душанбе, 2016. -С.126-129.

[9-А]. Сафаров, М.И. Анализ потенциала возобновляемых источников энергии в Республике Таджикистан / М.И. Сафаров // Международной НПК «Независимость – основа развития энергетики страны», посв. Дню Энергетиков, 22-23 декабря 2017г. – Бохтар, 2017. –С.274-278.

[10-А]. Сафаров, М.И. Перспективы применения комплексов альтернативной энергии ветра и солнечной в Республике Таджикистан / М.И. Сафаров, М.М. Джаборов, Ф.К. Донаев // Сборник статей XVIII Международной НПК «World science: problems and innovations», ЧАСТЬ 1, состоявшейся 28 февраля, в г. Пенза. –Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2018. -С. 92-95.

[11-А]. Сафаров, М.И. Создания энергетических источников – основная цель достижения энергетической независимости / М.И. Сафаров // Материалы III НПК аспирантов, магистрантов и студентов “Наука – основы инновационного развития”, 26-27 апреля 2018г., ЧАСТЬ 1. – Душанбе, 2018. - С.42-44.

[12-А]. Сафаров, М.И. Автономный инвертор напряжения в системе электроснабжения солнечной электростанции / Б.Н. Шарифов, К.Х. Гулямов, А.Х. Бабаева, М.И. Сафаров // Материалы международной научно-практической конференции “Перспектива развития науки и образования”, Часть 1. – Душанбе, 2019, -С. 44-47.

[13-А]. Сафаров, М.И. Энергетический потенциал ветрового потока на основе уточненного закона распределения скорости ветра / М.И. Сафаров, А.С. Зиёев, Ф. Сангаков, Н.Г. Давлатов, Дж.Х. Рашидов // Материалы международной научно – практической конференции: «Энергетика региона: состояние и перспективы развития» Часть 2. – Душанбе, 2019. -С. 256-263.

[14-А]. Сафаров, М.И. Нечеткие модели для управления и оценки мощности ветроэнергетических установок на основе вероятностных характеристик / М.И. Сафаров, Хасанзода Н., Касобов Л.С., Зиёев А.С., / 16-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». В 2 т. Т.2: материалы конференции. - Тула, 2020. –С. 378

[15-А]. Сафаров, М.И. Анализ законов распределения мощности ветровой электростанции / М.И. Сафаров, // Результаты современных научных исследований и разработок: сборник статей XVII Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2022. - С. 21-25.

[16-А]. Сафаров, М.И. Оценки мощности ветроэнергетических установок на основе вероятностных характеристик / М.И. Сафаров, А.С. Зиёев, А. И Мирзоев, Д.Т.Вайсиддинович // Материалы международной научно – практической конференции: «Энергетика: состояние и перспективы развития» / Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. - Душанбе, 2022.- С. 201-207

8. Общее заключение

Диссертационная работа Сафарова Манучехра Иссуфовича «Оптимизация распределенной генерации в локальной электроэнергетической системе с возобновляемыми источниками энергии» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему.

Диссертация М.И. Сафарова «Оптимизация распределенной генерации в локальной электроэнергетической системе с возобновляемыми источниками энергии» представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую требованиям и критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным Положений о присуждении ученых степеней,

утвержденного постановлением Правительства Республики Таджикистан «О порядке присуждения ученых степеней» № 267 от 30 июня 2021 года. Работа рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы».

Заключение принято единогласно на заседании Ученого совета Энергетического факультета Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

На заседании присутствовало 18 человек. Результаты голосования: «за» – 18 человек, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол № 12 от «02» июня 2023 г.

Председатель заседания

Дж.Б. Рахимзода

Ученый секретарь заседания

Ш.А. Бобозода

Независимые рецензенты:

к.т.н., доцент кафедры
«Электроснабжение» Таджикского
технического университета
имени академика М.С. Осими

Х.С. Саидзода

к.т.н., доцент, зав. кафедрой
«ТОР и Э» Таджикского
технического университета
имени академика М.С. Осими

А.К. Киргизов.

Подписи: к.т.н. Рахимзода Дж.Б.,
Бобозода Ш.А., к.т.н. Саидзода Х.С. и
к.т.н. Киргизова А.К. **заверяю:**
Начальник отдела кадров
и специальных работ



Д.А. Шарипова