

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук

Кокина Сергея Евгеньевича

на диссертационную работу Ганиева Зокирджона Султоновича на тему: «Оптимизация режимов работы энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии в условиях высокогорья», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 - «Энергетические системы и комплексы»

Актуальность темы. Перед человечеством стоит масштабная и сложная задача перехода к устойчивому развитию в условиях современных тенденций изменения климата. Применительно к энергетике этот переход требует трансформации энергетики, основанной на ограниченных ресурсах ископаемого топлива, к энергетике, основанной на возобновляемых энергоресурсах. Соответственно, в современных условиях особую значимость приобретают задачи, связанные с разработкой и внедрением новых технических решений, позволяющих эффективно использовать доступные возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и ограничить негативное воздействие энергетики на климат, природу и здоровье людей. В настоящее время доля электроэнергии в мировом балансе энергопотребления составляет порядка 10 %. Не смотря на рост производства и потребления электроэнергии во всех развивающихся странах, а также и в странах Содружества независимых государств (СНГ), во многих высокогорных регионах планеты население не имеет доступа к электрической энергии. Это связано также с тем, что присоединение потребителей, удаленных от источников энергии, к централизованной системе электроснабжения в условиях сложного горного рельефа технически сложно и зачастую экономически нецелесообразно. Актуальность темы подтверждается и тем, что в высокогорных регионах, в большинстве своем, отсутствуют запасы углеводородного топлива, а их транспортировка является высокочатратной, что будет сказываться на

стоимости вырабатываемой электроэнергии. В связи с этим, формирование энергетических комплексов высокогорных регионов, к числу которых относится значительная территория Республики Таджикистан (РТ), средняя высота территорий которой составляет 3500 м над уровнем моря, должна основываться на собственных энергетических ресурсах. Доступными для выработки электроэнергии в этих регионах являются ВИЭ, а именно гидроэнергия малых водотоков, солнечная и ветровая энергия. До настоящего времени использовались гибридные энергокомплексы с использованием топливных генераторов в качестве резервного электроснабжения. Автором предлагается новая концепция использования генерирующих установок только с использованием ВИЭ.

Научная новизна работы заключается:

- на основе оценки ресурсов ВИЭ (гидроэнергетический потенциал, потенциалы солнечной и ветровой энергии) Таджикистана, с учётом географических и климатических особенностей, систематизированы проблемы и выявлены барьеры их использования;
- обоснована необходимость создания энергетического комплекса с неоднородной структурой генерирующих источников (ЭКНС), для обеспечения гарантированного доступа населения к электрической энергии в высокогорных районах, и предложено его авторское определение;
- разработана и апробирована методика выбора оптимальных установленных мощностей источников электроэнергии ЭКНС итерационным методом, в условиях высокогорья;
- предложена и апробирована методика оптимизации реактивной мощности и поддержания требуемого уровня напряжения на выходе инвертора СЭС для улучшения режимных параметров ЭКНС;
- разработана методика поддержания качества электроэнергии в ЭКНС;
- разработаны программы для ЭВМ, позволяющие оптимизировать структуру и режим работы электростанций ЭКНС;
- доказана экономическая эффективность предложенных методик и методов.

Практическая значимость:

1. Разработанная программа для ЭВМ, позволяет произвести оптимальный выбор установленных мощностей электростанций энергокомплекса, состоящего из(ВЭС, СЭС и МГЭС, итерационным методом (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669848, дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 21.09.2023);
2. Разработана программа для ЭВМ, позволяющая произвести расчет оптимальных режимов работы энергокомплекса симплекс-методом (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669290, дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 13.09.2023);
3. Результаты выполненных исследований могут быть использованы энергоснабжающими компаниями, проектными организациями при проектировании и эксплуатации генерирующих установок на основе ВИЭ, (Акт внедрения от 10.01.2024г №1/90-348 ОАО «Барки Точик»);
4. Предложенные в работе методики, модели и программное обеспечение используются в учебном процессе при изучении соответствующих дисциплин (Акт внедрения от 02.10.2023 №03/13-108/а филиал НИУ МЭИ в г. Душанбе).

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации 172 страниц, а список литературы включает 128 библиографических ссылок.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, представлена его научная новизна и практическая значимость.

В первой главе приведены оценка энергетических ресурсов и тенденций развития и использования ВИЭ (гидроэнергетический потенциал, потенциалы солнечной и ветровой энергии) мира и РТ. Исследован вклад РТ в мировые усилия по смягчению последствий изменения климата, произведен анализ проблем и барьеров в освоении потенциала ВИЭ РТ, а также дана

количественная оценка влияния высоты размещения ЭКНС над уровнем моря на эффективность генерирующих мощностей.

Вторая глава посвящена оптимизации режима работы ЭКНС на основе ВИЭ. Обоснована целесообразность создания ЭКНС, с учетом географических условий РТ и доступности первичных энергоносителей. Предложено авторское определение понятия «Энергокомплекс с неоднородной структурой», как энергокомплекс, использующий в качестве первичных энергоносителей только ВИЭ (ВЭС, СЭС и МГЭС) и доступный водоем, как аккумулирующую составляющую комплекса, с учетом высоты его размещения над уровнем моря.

В третьей главе предложена методика поддержания показателей качества электрической энергии (ПКЭ) в ЭКНС, что является актуальной задачей, учитывая нестабильность объема первичных энергоносителей (вода, ветер и солнечная радиация).

По диссертации имеется ряд вопросов и замечаний.

1. Во второй главе диссертации автором предложен термин «ЭКНС» и на странице 61 приводится обобщённая сравнительная таблица 2.2, по которой при сравнении возникают некоторые трудности.

2. Автором предложена «Методика выбора оптимальных установленных мощностей источников электроэнергии при проектировании энергокомплекса с неоднородной структурой» по результатам которой получены программные комплексы. При разработке методики произведено моделирование объекта исследования стр. 89 (рисунок 2.17), однако в тексте диссертации не приведены допущения. Не ясно вообще приняты ли допущения при разработке модели?

3. Какое преимущество имеет разработанная и предложенная автором «Методика выбора оптимальных установленных мощностей источников электроэнергии при проектировании энергокомплекса с неоднородной структурой» с другими существующими.

4. В предложенной методике в качестве примера потребителей ЭКНС принят график нагрузки коммунально-бытового характера. Возникает вопрос, использовании других видов графиков нагрузки потребителей будет ли влиять на достоверность результатов расчёта?

5. На рисунке 3.2 приведен объект исследования, который расположен в городе Душанбе, как это связана с темой диссертации «в условиях высокогорья»?

6. В третьей главе диссертации (стр. 98) производится расчёт потерь электроэнергии ($\Delta W_{\text{нагр}}$) однако не ясно по тексту диссертации каким образом рассчитаны интегральные значения потерь мощности.

Приведённые замечания не снижают общего хорошего впечатления от всей диссертации.

Заключение: По диссертации можно сделать вывод, что работа **Ганиева Зокирджона Султоновича** представляет собой самостоятельное законченное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне. По результатам выполненных исследований опубликованы 23 печатные работы, из которых: 5-статей, входящих в перечень рекомендованных ВАК РТ; 3 научные статьи в рецензируемых изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ; 2 статьи в журналах конференций, входящие в базу данных SCOPUS и IEEE, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ в реестре программ для ЭВМ Российской Федерации и 11 статей на международных, республиканских и других конференциях.

Диссертация **Ганиева Зокирджона Султоновича** представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальной задачи в области возобновляемых источников энергии, и соответствует специальности 05.14.01 - «Энергетические системы и комплексы». Автореферат с достаточной полнотой отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Ганиева З.С. на тему «**Оптимизация режимов работы энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии в**

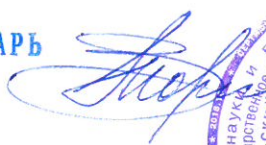
условиях высокогорья» соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан №267 от 30 июня 2021 года (в ред. Пост. Правительства РТ от 26.06.2023 №295), которым должны отвечать диссертации, представленные на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор **Ганиев Зокирджон Султонович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы»

Официальный оппонент доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроэнергетика», заместитель директора по науке и инновациям Уральского энергетического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ), г. Екатеринбург, РФ.


Кокин Сергей Евгеньевич

Подпись д.т.н., Кокина С.Е., заверяю:

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УРФУ
МОРОЗОВА В.А.





Дата: « 10 » 04 2024 г.

С одобрением ознакомлен



15.04.2024

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Ганиева Зокирджона Султоновича** на тему **«Оптимизация режимов работы энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии в условиях высокогорья»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы

1. Актуальность темы исследования

В последние годы спрос на использование альтернативных и возобновляемых источников энергии существенно растет. Это связано, с истощением запасов органического топлива, существенное влияние невозобновляемых источников энергии на окружающую среду, неравномерное распределение месторождений углеродного топлива и другие. На сегодняшний день в мировом балансе энергопотребления доля электроэнергии составляет 10 %. Стремительный рост потребления электроэнергии наблюдается во всех развивающихся странах, включая в Республики Таджикистан (РТ). Вместе с тем значительная часть населения высокогорных регионов не имеет доступа к электрической энергии.

В высокогорных регионах, отсутствуют запасы углеводородных ресурсов, а их транспорт является высокочрезвычайно затратным. Присоединение потребителей, удаленных от источников энергии и центров её распределения, к централизованной системе электроснабжения в условиях сложного горного рельефа технически сложно и экономически нецелесообразно. Поэтому формирование энергетического комплекса высокогорных регионов, к числу которых относится значительная часть территории РТ, определяется наличием собственных доступных энергетических ресурсов, которыми являются ВИЭ, а именно гидроэнергия малых водотоков, солнечная и ветровая энергия.

Активное использование энергии солнца и ветра, а также гидроэнергии, явилось предпосылкой для создания энергокомплексов на базе ВИЭ, которые могут обеспечить доступ потребителей к электрической энергии, в том числе за счет диверсификации генерирующих источников энергии с учетом их зависимости от географических особенностей размещения.

С этой точки зрения, выполненная соискателем работа, направленная на оптимизацию режимов работы энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии в условиях высокогорья, а также методика выбора номинальных мощностей источников электрической энергии, входящих в состав энергокомплекса является актуальной.

2. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы

Представленные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации получены автором с применением методов, соответствующих задачам исследования. Достоверность научных положений, полученных результатов и выводов заключается в корректном использовании теоретических

основ электротехники, методов линейного программирования, итерационного метода и компьютерного моделирования, которые хорошо подтверждены и апробированы на практике, широко применяются в практических расчётах.

3. Достоверность и новизна полученных результатов

Научная новизна основных положений и результатов работы заключается в следующем:

3.1. На основе оценки ресурсов ВИЭ (гидроэнергетический потенциал, потенциалы солнечной и ветровой энергии) Таджикистана с учётом географических и климатических особенностей систематизированы проблемы и выявлены барьеры их использования, в том числе упущенные возможности в реализации программы МГЭС.

3.2. Для обеспечения гарантированного доступа к электрической энергии в высокогорных районах, обоснована необходимость создания энергетического комплекса с неоднородной структурой генерирующих источников и предложено его авторское определение.

3.3. Разработана и апробирована методика выбора оптимальных установленных мощностей источников электроэнергии ЭКНС итерационным методом, в условиях высокогорья.

3.4. Предложена и апробирована методика оптимизации реактивной мощности и поддержания требуемого уровня напряжения на выходе инвертора СЭС для улучшения режимных параметров ЭКНС.

3.5. Разработана методика поддержания качества электроэнергии в ЭКНС;

3.6. Разработаны программы для ЭВМ, позволяющие оптимизировать структуру и режим работы электростанций ЭКНС.

3.7. Доказана экономическая эффективность предложенных методик и методов.

4. Оценка внутреннего единства и направленности полученных результатов на решение поставленных задач.

Для достижения поставленных целей, автором решен сложный комплекс взаимосвязанных задач. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации 172 страниц, список литературы включает 128 библиографических ссылок.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, представлена его научная новизна и практическая значимость.

В первой главе приведена оценка энергетических ресурсов и тенденций развития ВИЭ (гидроэнергетический потенциал, потенциалы солнечной и ветровой энергии) мира и РТ. Исследован вклад РТ в мировые усилия по смягчению последствий изменения климата, произведен анализ проблем и барьеров в освоении потенциала ВИЭ РТ, а также дана количественная оценка влияния высоты размещения энергокомплекса с неоднородной структурой над уровнем моря на эффективность генерирующих мощностей.

Во второй главе Вторая глава посвящена оптимизации режима работы ЭКНС на основе ВИЭ. Обоснована целесообразность создания ЭКНС, с учетом

географических условий РТ и доступности первичных энергоносителей. Предложено авторское определение понятия «Энергокомплекс с неоднородной структурой», как энергокомплекс, использующий в качестве первичных энергоносителей только ВИЭ (ВЭС, СЭС и МГЭС), и доступный водоем, как аккумулирующая составляющая комплекса) с учетом высоты их размещения над уровнем моря. Разработаны математическая модель для объекта исследования в программе ETAP-19, с учётом особенностей режима работы МГЭС и методика выбора оптимальных установленных мощностей источников электроэнергии при проектировании ЭКНС, с учётом высоты над уровнем моря.

В третьей главе на основании произведенных многочисленных измерений показателей качества электроэнергии (ПКЭ) и режимов работы приёмников электрической энергии, подключаемых к энергокомплексу, разработана методика поддержания качества электроэнергии в энергокомплексе. Так как, результаты измерений показали, что ПКЭ в энергокомплексе не соответствуют установленным нормативам (ГОСТ 32144-2013) по отдельным показателям. Для обеспечения устойчивой работы автономных инверторов автором предлагается оптимизация реактивной мощности с установкой компенсирующего устройства (КУ). Для инверторов ведомой сети предлагается установить в точке присоединения к сети вольтодобавочные трансформаторы, так как при выходе значений частоты и напряжения сети за пределы установленных коридоров: $\pm 0,4$ Гц для частоты и $\pm 10\%$ для отклонения напряжения, солнечная электростанция отключается от сети, работая автономно в режиме холостого хода, потребляя инвертором активную и реактивную мощности из сети.

Выводы и заключения обоснованы и соответствуют содержаниям глав диссертации и научным публикациям.

5. Практическая значимость и реализация результатов работы

5.1. Разработана программа для ЭВМ, позволяющая произвести оптимальный выбор установленных мощностей электростанций энергокомплекса (ВЭС, СЭС и МГЭС) итерационным методом (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669848, дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 21.09.2023).

5.2. Разработана программа для ЭВМ, позволяющая произвести расчет оптимальных режимов работы энергокомплекса симплекс-методом (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669290, дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 13.09.2023).

5.3. Результаты выполненных исследований могут быть использованы энергоснабжающими компаниями, проектными организациями при проектировании и эксплуатации установок ВИЭ, в зависимости от местных условий (Акт внедрения от 10.01.2024г №1/90-348 ОАО «Барки Точик»).

5.4. Предложенные в работе методики, модели и программное обеспечение используются в учебном процессе при изучении соответствующих дисциплин (Акт внедрения от 02.10.2023 №03/13-108/а филиал НИУ МЭИ в г. Душанбе).

6. Соответствие работы избранной специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Исходя из анализа тематики выполненных исследований, поставленных и решенных автором задач, касающихся оптимизации режимов работы энергокомплексов на базе ВИЭ в условиях высокогорья, разработки методики выбора номинальных установленных мощностей источников электрической энергии энергокомплекса и по своему содержанию, соответствует п.1, п.2, п.5 и п.7 паспорта научной специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

7. Основные публикации и апробации работы

Основные материалы и результаты исследованной диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях и научных семинарах. По результатам исследований работы опубликовано 23 печатных работ, в том числе 8 работ в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и ВАК при Минобрнауки России, 2 статьи в журналах конференций, входящие в базу данных SCOPUS и IEEE, получены 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ в реестре программ для ЭВМ Российской Федерации, а также 11 работ в прочих научных изданиях.

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

8. Замечания и вопросы по диссертационной работе:

8.1. В диссертационной работе рассмотрено преобразование солнечной энергии в электрическую. Возможно ли расширить функции ЭКНС с преобразованием солнечную энергию в тепловую, в частности для отопления жилых домов?

8.2. В первой главе диссертации (рисунок 16) произведено прогнозирование использования ВЭУ до 2025 года по трем сценариям, однако не ясно по какой методике произведено прогнозирование?

8.3. В таблице 2.1 (стр. 59) дано определение «Энергетический комплекс с однородной структурой», однако из определения не ясно возможно ли использование других возобновляемых источников энергии, как например: энергия приливов и отливов, энергия волн, геотермальная энергия и другие?

8.4. В чём особенность разработанной методики выбора оптимальных установленных мощностей источников электроэнергии энергокомплекса при их проектировании и чем отличается от существующих методик?

8.5. Моделирование для расчёта режимов работы ЭКНС произведено с использованием программного комплекса ETAP-19. Возможно ли использование других программных комплексов, таких как RastWin, Matlab/Simulink и другие?

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

9. Заключение

Диссертация Ганиева Зокирджона Султоновича на тему «Оптимизация режимов работы энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии в условиях высокогорья» является законченной научной работой, выполненной на актуальную тему.

Представленные теоретические и практические результаты позволяют квалифицировать её как решение научно-технической задачи, имеющей существенное значение для оптимизации режимов работы энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии в условиях высокогорья.

Представленная работа обладает научной и практической значимостью, результаты работы в достаточной степени представлены в научных трудах автора. Диссертационная работа соответствует требованиям согласно Приложению 2 к Пункту 40 Постановления Правительства Республики Таджикистан «О порядке присуждения ученых степеней», № 267 от 30 июня 2021 года. Её автор Ганиев Зокирджон Султонович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент

Кандидат технических наук,
Начальник отдела «Распределения и потерь электроэнергии» Филиала ОАО «Распределительные электрические сети» в г. Бохтар:


А.З. Рахматулоев

Подпись к.т.н., Рахматулоева
заверяю:
Начальник отдела кадров


Х.Н. Одинаев

Дата: «15» 04 2024 г.

С отзавом 

17.04.2024