

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор Институт
энергетики Таджикистана
к.х.н., доцент Д.Т. Исозода

« _____ » 20 ____ г.

О Т З Ы В

ведущей организации – на диссертационную работу
Рахимова Фирдавса Мирзоумаровича

«Исследование и разработка локальных электроэнергетических систем на базе вертикально – осевых ветроэнергетических установок карусельного типа», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы

Актуальность темы диссертационной работы

Представленное исследование имеет своей целью в создании научно-обоснованной теории оптимизации режимов работы разнохарактерных генерирующих источников в локальных электроэнергетических системах и разработке технических решений по повышению эффективности ветроэнергетических установок. Общее состояние локальных электроэнергетических систем во многом определяется положением дел в доступности первичных ресурсов. В настоящее время энергетическая отрасль Республика Таджикистан развивается большими темпами. Задача повышения качества жизни населения по всей территории республики является приоритетным направлением. Решением которого является доступ к экологически чистой энергии, в частности, электрической энергии и надежной электроснабжении. Исходя из этого, актуальность данного исследования не вызывает сомнений.

Основное внимание в работе уделено глубокому анализу и исследованию проблем созданию и эксплуатации локальных электроэнергетических систем на основе малых гидравлических

электростанции (МГЭС) и ветровых энергетических установок (ВЭУ), а также разработку вертикально – осевых ветроэнергетических установок карусельного типа. Выводы и рекомендации по этому вопросу являются необходимыми для решения задач повышения эффективности функционирования локальных электроэнергетических систем на базе возобновляемых источников энергии за счет их комплексного использования.

Научную новизну диссертационной работы определяют следующие результаты исследования, полученные лично соискателем.

Решена задача оптимизации энергопотребления от локальной энергосистемы, предусматривающая учет неограниченного количества разнохарактерных источников возобновляемой электрической энергии, таких как малые гидроэлектростанции, ветроустановки, солнечные батареи, биоустановки с накопителями различного типа.

Разработана методика повышения эффективности работы малых ГЭС в условиях жесткого дефицита воды, предусматривающая подключение к сети ветрогенератора и нагрузки, разделённой на две части: строго заданную и вариативную, изменяемую в целях оптимизации.

Разработана конструкция ВЭУ карусельного типа с вертикальной осью, включающая в себя использование одно, двух и многоярусных конструкции ветроколеса;

Доказана эффективность корректировки конструкции ветротурбины, в частности, путем изменения соотношения сторон ротора и размеров лопасти с целью увеличения коэффициента мощности. Получены достоверные результаты, позволяющие рассматривать режимы работы в широком диапазоне изменения скорости ветрового потока (от 1 м/с до 30 м/с).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 135

наименований и приложений; Объем диссертационной работы состоит из 165 страниц содержащей 12 таблицы и 60 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, научная новизна и практическая ценность проведенных исследований.

В первой главе проведен анализ современного состояния и проблем электроснабжения потребителей от локальных электроэнергетических систем. Локальные электроэнергетические системы электроснабжения известны давно, но после появления генерирующих установок большой мощности и последующего объединения они уступили свое место централизованным энергетическим сетям. Однако в последние время наблюдается рост их числа.

В §1.1 изложены основные требования, предъявляемые к локальным системам электроснабжений на базе ВИЭ. Отмечено, что они определяются в основном спецификой вида используемого источника и потребителями электроэнергии, которые имеют стохастический характер. В §1.2 приводится классификация локальных электроэнергетических систем электроснабжения с использованием источников малой генерации. В §1.3 приведены результаты анализа локальных электроэнергетических систем электроснабжения на базе ВИЭ с подробным литературным обзором. В §1.4 даётся краткий обзор и анализ состояния электроэнергетики Республики Таджикистан. Выявлено, что активное строительство МГЭС в удаленных горных районах республики полностью не решает проблему электроснабжения локальных потребителей. Даны предложения по использованию наиболее доступных возобновляемых источников энергии в локальных электроэнергетических системах республики для повышения их эффективности.

Оценка показывает, что потенциал ветровых ресурсов может способствовать развитию технологии возобновляемых источников и тем

самим обеспечению эффективности и надежности электроснабжения потребителей от локальных электроэнергетических систем.

Во второй главе приведены результаты математического моделирования локальной электроэнергетической системы с МГЭС и ВЭУ карусельного типа.

В §2.1 проведенный анализ показывает, что максимальная потребность в электроэнергии наблюдается в холодные периоды года. Требуемая мощность вырабатываемой электроэнергии в зимние месяцы почти в два раза превышает необходимую мощность в летние месяцы.

В §2.2 представлены результаты исследования по обеспечению надежной работы локальной энергосистемы при минимальной зависимости от первичного источника путем вовлечения в энергобаланс других источников. На первом этапе решена задача оптимизации выработки электроэнергии путем моделирования автономной энергосистемы с обязательным учетом, заданной и вариативной частей мощности нагрузки путем использования генетического алгоритма и метода минимизации линейной функции при линейных ограничениях в виде равенств и неравенств (симплекс метод). Преимуществом является полный учет неограниченного количества разнохарактерных источников возобновляемой электрической энергии.

В §2.3 приводится методика вычисления ограничения $\delta(P_{\text{ген.ср.}})$. Результатом вычисления ограничения $\delta(P_{\text{ген.ср.}})$, является нахождение таких значений вариативной части нагрузки - $P_{\text{вар.ч.}}(t)$ и накопителя - $P_{\text{бат.}}(t)$, при которых достигается минимизация отклонения $P_{\text{ген.}}(t)$ от его среднего значения $P_{\text{ген.ср.}}$. В §2.4 указывается на сложность задачи оптимизации работы малых ГЭС в условиях жесткого дефицита воды, которая может быть несколько снижена, если известно соотношение стоимости киловатта установленной мощности ветрогенератора $S_{\text{ВЭУ}}$ и преобразователя энергии $S_{\text{бат.}}$.

Глава 3 посвящена разработке и моделированию устройств локальной энергосистемы, в частности, ветроэнергетической установки многолопастного типа.

В §3.1 приведена постановка задачи для разработки ВЭУ карусельного типа, отвечающего условиям Республики Таджикистан. Получение максимальной энергии в ВЭУ в большой степени зависит от оптимальной конструкции и рациональной формы конструктивных элементов. В §3.2 проведен сравнительный анализ действующих конструкций ВЭУ многолопастного типа. Коэффициент полезного действия (КПД) ВЭУ в первую очередь определяется взаимодействием ветрового потока с лопастями ветроколеса. Правильно выбранные форма и типы лопастей, а также углы их установки по отношению к направлению потока могут, существенно уменьшить потери мощности и степень влияния непродуктивных углов. В §3.3 разработана конструкция вертикально осевого ВЭУ многолопастного типа для локальных источников электроснабжения. В §3.4 приведены результаты расчетных и экспериментальных исследований энергетических характеристик ВЭУ с учетом коэффициента соотношения сторон. В §3.5 разработана имитационная компьютерная модель работы вертикально осевой ветроэнергетической установки в среде MatLab. В §3.6 приводится описание разработанного стенда для испытания лопастей вертикально осевых ВЭУ. В §3.7 приводятся результаты экспериментальных исследований работы вертикально осевой ВЭУ карусельного типа.

В четвертой главе представлены результаты технико-экономического описания эффективности использования локальной электроэнергетической системы для городской среды.

В §4.1 дана количественная оценка ветропотенциала городской среды. Отмечено, что для количественной оценки ветропотенциала городской среды целесообразно использовать как природные и

антропогенные показатели, так и такие понятия, как плотность шероховатости, интенсивность турбулентных потоков и др. Все эти показатели напрямую или косвенно позволяют оценить производительность турбины.

С повышением высоты здания коэффициент усиления ветра увеличивается для зданий квадратной формы до 25 – 30% , а круглой формы - до 40%. Данные исследования показывают, что потенциал ветра между проходами здания можно использовать с помощью небольших ветровых турбин для производства энергии.

В §4.2 обоснована надежность локальной электроэнергетической системы на основе ВИЭ. В §4.3 показаны технико-экономические преимущества ветровой энергии для электроснабжения удаленных потребителей Республики Таджикистан.

В заключении представлены основные выводы по научным и практическим результатам, полученным в ходе исследования локальной электроэнергетической системы на базе вертикально-осевых ветроэнергетических установок многолопастного типа.

В приложении приведены копии патентов РФ на полезную модель, и акт использования результатов в учебной работе при подготовке студентов.

Основные положения диссертации нашли отражение в публикациях автора, в том числе в докладах на научно-практических конференциях.

Отмечая достоинства диссертационной работы, ее практическую значимость и научную новизну, следует указать на некоторые спорные положения и высказать замечания.

1. На странице 8 в тексте методы исследования. При решении поставленных задач применяются методы теоретической электротехники, метод минимизации линейной функции при линейных ограничениях в виде равенств и неравенств (симплексметод), методы математического

моделирования, программный пакет MATLAB/Simulink, методы физического моделирования. Программный пакет MATLAB/Simulink не является методом исследования, а инструмент исследования.

2. В подразделе 2.1. и 3.1. в постановке задачи не написаны какие именно задачи должны быть решены в этих главах.

3. При описании гл. 2 речь идет об оптимизации управления режимами генерации и потребления электроэнергии нагрузкой для обеспечения балансов энергии и мощности. Упомянуты ограничения, но не указаны критерии оптимизации для каждого конкретного режима генерации.

4. В описании моделирования в программном комплексе MATLAB/Simulink не приведены: параметры элементов, методы моделирования, шаг интегрирования моделирования и общее время моделирования.

5. При описании модели ВЭУ в пакете MatLab/Simulink (стр. 87, 88) автор пишет, что «значение коэффициента соотношения сторон, которое подается на вход 3». Но такой вход отсутствует в построенной модели на рис. 3.19. Также из модели не очевидно, где находится контроллер? Поэтому построенная модель требует акцетированного внимания.

6. Присутствуют недочеты в стилистике и оформлении диссертации и автореферата.

Высказанные замечания не снижают достоинств диссертационной работы Рахимова Ф.М., её основные положения достаточно полно раскрыты в автореферате и публикациях диссертанта.

Работа составлена логично, читается с интересом, основные результаты опубликованы. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

На основе вышесказанного можно сделать следующие выводы.

1. Тема диссертации Ф.М. Рахимова важна и актуальна. Работу следует отнести к специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

2. Основные результаты диссертации являются новыми. Решен ряд достаточно трудных оптимизационных задач.

3. Полученные результаты опубликованы в 21 работах, три из которых – в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан. Результаты диссертации апробированы на 12 Международных, Всероссийских и других конференциях. Получено 6 патентов на изобретение.

4. В целом диссертация является завершенным научным исследованием, вносящим заметный вклад в энергетической отрасли Республики Таджикистан.

5. Автореферат диссертации полно и правильно отражает её содержание.

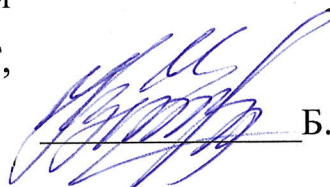
6. Представленные в диссертации результаты будут востребованы в дальнейших изысканиях по изучению и использованию возобновляемых источников энергии для электроснабжения удаленных локальных потребителей. Она может быть интересна для научных и образовательных учреждений, в которых ведутся исследования по данной теме. Кроме того, полученные результаты могут служить материалом для различных университетских курсов и спецкурсов.

На основании вышеприведенного можно заключить, что диссертация Рахимова Фирдавса Мирзоумаровича соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по действующему «Положению о порядке присуждения ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании кафедры «Электрические станции» Института энергетики Таджикистана.

" 16 " 02 2023 г., протокол № 4 .

Заведующий кафедрой
«Электрические станции» ИЭТ,
к.т.н.



Б.И. Косимов

Подпись Б.И. Косимов заверяю
Начальник отдела кадров и
специальных дел



З.А. Каримов