

ОТЗЫВ

официального оппонента – на диссертационную работу **Шарифова Бохирджона Насруллоевича «Разработка интеллектуальной системы управления фотоэлектрической установкой»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы

1. Актуальность темы диссертационной работы

На сегодняшний день, в связи с возросшими требованиями к фотоэлектрическим системам генерирования электрической энергии на базе полупроводниковых преобразователей, возникает необходимость решения задач, связанных с повышением их технических и энергетических характеристик. Что может достигаться за счет применения специализированных систем управления способных отслеживать точку максимальной мощности (ТММ) фотоэлектрических установок (ФЭУ).

Отслеживание точки максимальной мощности фотоэлектрических установок является одной из основных задач при проектировании современных фотоэлектрических систем генерирования. Для решения этой задачи в системах управления применяются различные алгоритмы и регуляторы. Существует множество различных методов, которые можно использовать при слежении за ТММ ФЭУ. Среди них можно выделить несколько наиболее распространённых методов: метод возмущения и наблюдения (P&O), метод возрастающей проводимости (InC), метод токовой развертки, метод постоянного напряжения и тд.

Поскольку использование традиционных алгоритмов в системах слежения за ТММ ФЭУ часто не способны полностью удовлетворить требования, относительно точности и скорости отслеживания. Это открывает новые перспективы для внедрения методов интеллектуального управления, включая алгоритмы нечеткой логики, которые уже доказали свою эффективность при решении аналогичных задач в других областях техники.

Таким образом, исследование высокоэффективных ФЭУ и разработка новых методов и систем для улучшения эффективности ФЭУ, безусловно, актуальны, а научная и практическая значимость вопросов, связанных с разработкой методик расчета их параметров, не вызывает сомнений.

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

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов диссертационной работы подтверждается использованием теоретических положений, опирающихся на основные законы электротехники и научно

обоснованные теории, согласованностью результатов имитационного моделирования с результатами экспериментальных исследований, положительными результатами внедрения полученных автором решений.

3. Научная новизна и значимость результатов диссертационной работы

Научная новизна основных положений и результатов работы заключаются в следующем:

3.1. Обоснована объективная необходимость использования интеллектуальных систем управления ФЭУ для повышения их эффективности.

3.2. Разработана комплексная математическая модель ФЭУ, позволяющая проводить исследование выходных характеристик ФЭУ в различных климатических условиях.

3.3. Разработана база правил синтеза регулятора нечеткой логики (РНЛ) слежения за ТММ, обеспечивающего повышение эффективности ФЭУ.

3.4. Разработано программное обеспечение интеллектуальной системы управления ФЭУ, позволяющее оптимизировать РНЛ слежения за ТММ на базе программного комплекса MATLAB/Simulink.

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, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы из 107 наименований. Общий объем работы составляет 201 страниц.

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

В первой главе выполнен аналитический обзор научно-технической литературы, касающейся вопросов отслеживания точки максимальной мощности. Рассмотрены классические алгоритмы отслеживания точки максимальной мощности ФЭМ. Доказана необходимость применения интеллектуальных систем управления ФЭУ для достижения более высокой эффективности генерирования электрической энергии.

Во второй главе разработана математическая модель ФЭУ, которая помогает изучать эффективность фотоэлектрических элементов в различных погодных условиях. Эта модель создана с использованием разных методов, включая дифференциальные уравнения и логическое программирование. Самым важным аспектом этой модели является выявление ключевых переменных и уравнений для описания взаимодействия между частями системы.

В третьей главе приведены основные положения теории нечетких множеств, необходимые для синтеза системы управления на их основе. Разработана база правил синтеза РНЛ слежения за ТММ, обеспечивающая повышение эффективности ФЭУ. С помощью генетического алгоритма разработана методика оптимизации РНЛ, существенно снижающая колебания и длительность переходного процесса по сравнению с классической настройкой. Кроме того, в данной главе разработана программа оптимизации РНЛ за ТММ ФЭУ генетическим алгоритмом на базе программного комплекса MATLAB/Simulink.

В четвертой главе разработана физическая модель ФЭУ с интеллектуальной системой управления, на базе которой проведены экспериментальные исследования характеристик ФЭУ с учётом реальных условий эксплуатации. Корректность разработанных методик синтеза и настройки коэффициентов РНЛ подтверждена хорошей сходимостью расчётных данных и результатов эксперимента. Произведены расчеты экономической эффективности внедрения интеллектуальной системы управления в ФЭУ.

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

5. Практическая значимость и реализация результатов работы

5.1. Разработанные математические модели могут быть использованы при проектировании и оптимизации выдачи электрической мощности ФЭУ.

5.2. Обоснованные рекомендации по выбору структуры, алгоритма синтеза РНЛ, а также предложенная методика их настройки с помощью генетических алгоритмов можно применять при проектировании систем электроснабжения с высокоэффективными ФЭУ.

5.3. Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры «Автоматизированный электропривод и электрические машины» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими при изучении дисциплин «Моделирование электромеханических систем» и «Теория автоматического управления» (Акт внедрения от 21.11.2023).

5.4. Разработанная компьютерная программа «Программный компонент для оптимизации регулятора нечеткой логики фотоэлектрической установки» зарегистрирована Министерством культуры Республики Таджикистан (Свидетельство №181 от 30.12.2023).

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

Исходя из анализа тематики выполненных исследований, поставленных и решенных автором задач, касающихся разработки математических моделей ФЭУ и

методов синтеза интеллектуальных регуляторов системы управления ФЭУ и по своему содержанию, соответствует п.1, п.2, п.4, п.10 и п.11 паспорта научной специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы:

7. Апробация работы и подтверждение опубликованных ее основных положений и результатов

Основные материалы и результаты исследований диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях и научных семинарах. По результатам исследований опубликовано 16 печатных работ, в том числе 8 работ в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и ВАК при Минобрнауки России, получен свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ, а также 8 работ в прочих научных изданиях.

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

8. Основные замечания по работе

8.1. На взгляд оппонента первая глава диссертации перенасыщена известными фактами, которые можно было не включать в итоговую версию работы.

8.2. Во второй главе рассмотрены температурная зависимость ФЭМ. Характеристики представлены в пределах температуры от +25°C до +70°C. Однако ничего не сказано о том, что будет, если значения выйдут за заданные пределы. Например, температура упадет ниже -25°C.

8.3. В диссертации не указано содержание и принцип работы блока задатчика уровня солнечной инсоляции и температуры на рисунке 3.18.

8.4. На странице 148 на одном рисунке написан “переходный процесс” и на другом “временная диаграмма”. Чем отличается переходный процесс от временной диаграммы?

8.5. В третьей главе диссертационной работы соискателем получены решения задачи оптимизации регулятора нечеткой логики, основанный на методах генетического алгоритма. Не представлен сравнительный анализ эффективности других оптимизационных алгоритмов.

8.6. В работе имеются отдельные стилистические погрешности и опечатки, связанные в основном с окончаниями слов (стр. 82, 84, 130 и др.), например, фразу на стр. 84 «ВВХ ФЭМ от изменения уровня СИ», следовало бы написать «ВВХ при изменении уровня СИ».

Указанные замечания не являются принципиальными с точки зрения оценки научной и практической значимости и не снижают ценности работы.

9. Общее заключение о соответствии диссертационной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

В целом результаты научных исследований и выводы, полученные Шарифовым Б.Н., свидетельствуют о том, что соискателем выполнена достаточно актуальная и своевременная работа, направленная на решение важной практической задачи в электроэнергетике использованию интеллектуальных систем управления и энергоэффективности в возобновляемых источниках энергии. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой и имеет существенное значение для улучшения технических и экономических показателей в возобновляемых источниках энергии.

Диссертационная работа вполне отвечает требованиям согласно Приложению 2 к Пункту 40 Постановления Правительства Республики Таджикистан «О порядке присуждения ученых степеней», № 267 от 30 июня 2021 года. Её автор Шарифов Бохирджон Насруллоевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент

доктор технических наук, доцент,
декан факультета энергетики
Новосибирского государственного
технического университета,
г. Новосибирск РФ



Русина А.Г.

Подпись д.т.н. Русиной А.Г. заверяю
Начальник отдела кадров



Пустовалова О.К.

«15» 04 2024 г.



С

отделом

ознакомлен.



18.04.2024

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Шарифова Бохирджона Насруллоевича** на тему «**Разработка интеллектуальной системы управления фотоэлектрической установкой**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы

1. Актуальность темы исследования

На сегодняшний день приоритетом в области энергетической политики является увеличение генерации с использованием возобновляемых источников энергии. Известно, что повысить надежность энергосистемы и одновременно увеличить производство электроэнергии можно за счет распределенной энергетики, основой которой является, в том числе и генерация от солнечных электростанций.

Для того, чтобы обеспечить максимальную эффективность системы генерирования, необходимо использовать соответствующий алгоритм отслеживания точки максимальной мощности (ТММ). Для этой задачи применяются специализированные контроллеры, для оптимальной работы которых используют алгоритмы для оптимизации рабочей точки фотоэлектрических установок. В данной диссертационной работе эту роль выполняют алгоритмы на основе методов нечеткой логики.

С этой точки зрения, выполненная соискателем работа, направленная на улучшение энергетических показателей преобразования электрической энергии от фотоэлектрических модулей, а также специфика использования нечеткой логики в фотоэлектрической системе генерирования 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. В данной работе выполнены расчеты, а также анализ параметров, характеризующих поведение нечётких регуляторов. Результаты, полученные при помощи имитационного и физического моделирования, подтверждаются положительными результатами внедрения полученных автором решений.

3. Достоверность и новизна полученных результатов

Научная новизна основных положений и результатов работы заключается в следующем:

3.1. Обоснована объективная необходимость использования интеллектуальных систем управления фотоэлектрических установок (ФЭУ) для повышения их эффективности.

3.2. Разработана комплексная математическая модель ФЭУ, позволяющая проводить исследование выходных характеристик ФЭУ в различных климатических условиях.

3.3. Разработана база правил синтеза регулятора нечеткой логики (РНЛ) слежения за ТММ, обеспечивающего повышение эффективности ФЭУ.

3.4. Разработано программное обеспечение интеллектуальной системы управления ФЭУ, позволяющее оптимизировать РНЛ слежения за ТММ на базе программного комплекса MATLAB/Simulink.

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, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы из 107 наименований. Общий объем работы составляет 201 страниц.

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

В первой главе был проведён обзор научно - технической литературы, связанной с темой определения максимального потенциала фотоэлектрических модулей. Были изучены стандартные методы нахождения этого ключевого показателя и была продемонстрирована необходимость использования интеллектуального управления для увеличения эффективности генерации электроэнергии.

Во второй главе диссертационного исследования была разработана математическая модель фотоэлектрического модуля, позволяющая анализировать его эффективность в различных погодных условиях. Модель была создана с применением различных методов, включая дифференциальное исчисление и логическое программирование. Наиболее важным аспектом модели является определение основных уравнений и переменных для отображения взаимодействия между компонентами системы.

В третьей главе представлена основная теория нечетких множеств для создания системы управления слежением за ТММ ФЭУ. Создана база правил для синтеза регулятора слежения за ТММ ФЭУ, обеспечивающего более высокую эффективность фотоэлектрической установки. С использованием генетического алгоритма создана методика оптимизации регулятора, которая значительно снижает колебания и время переходного процесса, в сравнении с классической

настройкой. Также, в данной главе создана программа для оптимизации РНЛ, с использованием генетического алгоритма на базе программного комплекса MATLAB/Simulink.

В четвертой главе разработана физическая модель ФЭУ с интеллектуальной системой управления, на базе которой проведены экспериментальные исследования характеристик ФЭУ с учётом реальных условий эксплуатации. Корректность разработанных методик синтеза и настройки коэффициентов РНЛ подтверждена хорошей сходимостью расчётных данных и результатов эксперимента. Произведены расчеты экономической эффективности внедрения интеллектуальной системы управления в ФЭУ.

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

5. Практическая значимость и реализация результатов работы

4.1. Разработанные математические модели могут быть использованы при проектировании и оптимизации выдачи электрической мощности ФЭУ.

4.2. Обоснованные рекомендации по выбору структуры, алгоритма синтеза РНЛ, а также предложенная методика их настройки с помощью генетических алгоритмов можно применять при проектировании систем электроснабжения с высокоэффективными ФЭУ.

4.3. Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры «Автоматизированный электропривод и электрические машины» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими при изучении дисциплин «Моделирование электромеханических систем» и «Теория автоматического управления» (Акт внедрения от 21.11. 2023).

4.4. Разработанная компьютерная программа «Программный компонент для оптимизации регулятора нечеткой логики фотоэлектрической установки» зарегистрирована Министерством культуры Республики Таджикистан (Свидетельство №181 от 30.12.2023).

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

Исходя из анализа тематики выполненных исследований, поставленных и решенных автором задач, касающихся разработки математических моделей ФЭУ и методов синтеза интеллектуальных регуляторов системы управления ФЭУ и по своему содержанию, соответствует п.1, п.2, п.4, п.10 и п.11 паспорта научной специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы:

7. Основные публикации и апробации работы

Основные материалы и результаты исследований диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях и научных семинарах. По результатам исследований работы опубликовано 18 печатных работ, в том числе 8 работ в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан и ВАК при Минобрнауки России, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, а также 10 работ в прочих научных изданиях.

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

8. Замечания по диссертационной работе:

8.1. В ряде рисунков допущены некорректности, например, рисунки 1.26 и 1.27 (стр. 52) имеет плохое качество и надписи приведены на английском; на рисунках 1.25 (стр. 51) и 1.28 (стр. 53) некоторые блоки обозначены на английском языке.

8.2. На блок-схеме алгоритма P&O (рисунок 1.19, стр. 43) после выполнении или невыполнении условия $(U_{(k)} - U_{(k-1)} > 0)$, если не будет дополнительная условия цикл алгоритма не заканчивается. Поэтому следовало бы поставить ещё одно условие для обратной связи. Такую картину можно наблюдать на рисунках 1.21 и 1.23.

8.3. На рисунке 3.22 диссертации (стр. 139) приведена блок-схема работы генетического алгоритма, однако порядок и суть работы данного алгоритма не пояснены.

8.4. Во третьей главе диссертационной работы соискателем получены решения задачи оптимизации регулятора нечеткой логики, основанный на методах генетического алгоритма, но автор не уточняет какие требования предъявляются к вычислительной системе?

8.5. При работе предложенного метода оптимизации (оптимизация регулятора нечёткой логики с помощью генетических алгоритмов (подзаголовок 3.5)) не задана погрешность расчёта и соответственно неизвестно до какой точности продолжается итерационный процесс?

8.6. В представленной работе имеются редакционные замечания: ряд ошибок, опечаток и неточностей (например, на стр. 59 – «Ключевым факто является...», на стр. 67 – «Рисунок 2.4 – Приход уровня СИ на горизонтальную горизонтальную поверхность г. Душанбе», на стр. 140 – ...следовательно, «популяции»...» и т.д.); в тексте диссертации не раскрыты некоторые сокращения, например, на стр. 39, рисунок 1.16 не раскрыт ОТММ и т.п.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

9. Заключение

Диссертация Шарифова Бохирджона Насруллоевича на тему «Разработка интеллектуальной системы управления фотоэлектрической установкой» является законченной научной работой, выполненной на актуальную тему.

Представленные теоретические и практические результаты позволяют квалифицировать ее как решение научно-технической задачи, имеющей существенное значение для повышения энергетической эффективности фотоэлектрических систем генерирования электрической энергии.

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 Шарифов Бохирджон Насруллоевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент

Кандидат технических наук,
Филиал Национального
исследовательского университета
«МЭИ» в г. Душанбе:

Ш.Дж. Джураев

734002, Республика Таджикистан, г. Душанбе,
ул. Мирзо Турсунзода, дом 82

Национальный исследовательский
университет «МЭИ», Филиал в г. Душанбе

Тел. +992 (93) 483-11-00

E-mail: dzhuracvsh@mpei.ru

Подпись к.т.н. Джураева Ш.Дж. заверяю:
Начальник ОК



Р.Д. Ашурова

Дата: « 16 » 04 2024 г.

С отзывом ознакомлен Шарифов Б.Н. 17.04.24