

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Институт

энергетики Таджикистана

д.т.н., доцент Д.Т. Исозода



2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

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

1. Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность темы диссертационной работы. Всего за 1 час земля получает от солнца больше энергии, чем мировое сообщество потребляет за год. Основной проблемой, препятствующей ускоренному внедрению в наземную энергетику солнечных энергетических установок (СЭУ), является относительно низкий коэффициент полезного действия (КПД) фотопреобразователей. В настоящее время средний КПД кремниевых фотоэлектрических модулей (ФЭМ) массового производства составляет около 20%, что значительно ниже потенциала солнечной энергии, поступающей на каждый квадратный метр модуля. Как результат, суммарный КПД кремниевых ФЭУ ограничивается приблизительно 15%. Для повышения КПД ФЭУ возможны следующие варианты решения этой проблемы:

1. Улучшение материалов и структуры фотоэлементов (ФЭ). Разработка новых материалов с более высокой эффективностью преобразования солнечной энергии в электрическую и оптимизация структуры элементов могут значительно повысить КПД ФЭУ.

2. Использование технологий мультикристаллического кремния. Мультикристаллический кремний имеет более высокий КПД, чем обычный кремний, поэтому использование таких материалов может повысить общую эффективность ФЭУ.

3. Включение дополнительных компонентов, таких как солнечные трекеры, концентраторы и охлаждающие системы, может улучшить процесс преобразования солнечной энергии в ФЭУ и повысить их КПД.

4. Улучшение архитектуры установки. Оптимизация размещения ФЭМ, угла наклона и ориентации модулей, а также локальное управление электроникой

программируемыми контроллерами могут повысить эффективность генерации энергии.

В целом повышение эффективности генерации энергии в ФЭУ является важной задачей, которая требует исследований и инноваций в области материалов, структур и системных решений. Это поможет увеличить количество генерируемой энергии и внести вклад в развитие возобновляемых источников энергии.

Солнечная энергия, полученная ФЭУ, зависит от различных факторов, таких как температура и солнечная инсоляция (СИ). При изменении этих факторов изменяется и мощность ФЭУ; поэтому очень важно отслеживать точку, в которой полученная мощность максимальна, эта точка называется точкой максимальной мощности (ТММ). Данный алгоритм рассматривается в зарубежной литературе под названием Maximum Power Point Tracking (MPPT).

Одним из методов повышения эффективности ФЭУ является применение алгоритмов слежения за ТММ. Количество энергии, получаемой от ФЭ, также зависит от фотогоальванического напряжения. Чтобы извлечь максимальную мощность из падающей солнечной энергии, очень важно отслеживать максимальную мощность ФЭУ в любых условиях окружающей среды. Отслеживания ТММ ФЭУ производится посредством преобразователей постоянного тока и интеллектуального регулятора, работающего на основе алгоритмов слежения за ТММ.

В связи с этим важным аспектом разработки современных эффективных ФЭУ является разработка соответствующей системы управления.

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. После анализа степени исследованности проблемы поиска алгоритмов слежения за ТММ, можно сделать вывод о том, что, эти алгоритмы, несмотря на их значимость и эффективность в определении ТММ, сталкиваются с определенными недостатками. Во-первых, они обычно имеют медленную сходимость к этой точке, что значительно замедляет и усложняет процесс. Кроме того, существуют ограничения в точности работы этих алгоритмов, что ограничивает их способность достичь высоких уровней точности.

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. Структура и объем диссертации

Текст диссертационной работы написан грамотным техническим языком. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованных источников, приложений. Работа изложена на 201 страницах машинописного текста, содержит 109 рисунка, 18 таблиц и формул. Список использованных источников включает 107.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, представлены научная новизна и практическое значение работы, перечислены основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен аналитический обзор научно-технической литературы, касающейся вопросов отслеживания точки максимальной мощности. Рассмотрены классические алгоритмы отслеживания точки максимальной мощности ФЭМ, такие как: возмущение и наблюдение (P&O), возрастающей проводимости (InC), постоянного напряжения и их адаптивные модификации. Из-за простоты реализации очень долгое время наиболее предпочтительными были классические методы поиска точки оптимума. Но, несмотря на их очевидную простоту, при динамическом изменении условий окружающей среды классические алгоритмы с трудом справляются с отслеживанием. Эти проблемы открыли возможности для применения методов интеллектуального управления, включая алгоритмы нечеткой логики, которые имеют преимущества в точности и корректной работе при быстро меняющихся условиях окружающей среды.

Во второй главе разработана комплексная математическая ФЭУ, позволяющая проводить исследование выходных характеристик ФЭМ в различных климатических условиях. Математическая модель построена с использованием различных подходов, таких как дифференциальные уравнения, логическое программирование и т.д. Ключевым фактором в математической модели является определение связанных переменных и уравнений, которые описывают взаимодействие между компонентами ФЭУ. Разработка математических моделей для каждого компонента ФЭУ с входными и выходными переменными, связанными с другими компонентами системы, позволит построить полную имитационную модель ФЭУ. Построение такой модели является важным этапом в анализе и проектировании ФЭУ. Она позволяет смоделировать и изучить поведение каждого компонента ФЭУ и их взаимосвязи при различных условиях и воздействиях.

В третьей главе приведены основные положения теории нечетких множеств, необходимые для синтеза системы управления на их основе. Дана классификация нечетких регуляторов и описываются основные принципы их построения. Рассмотрена универсальная функциональная схема блока нечеткой логики (БНЛ), на базе которой строится РНЛ слежения за ТММ. 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. Как показали результаты эксперимента, отслеживание ТММ регулятором нечеткой логики, оптимизированным с помощью генетического алгоритма, производится с эффективностью 96%. Следовательно, полученные результаты свидетельствуют об эффективности разработанного метода регулирования. Произведены расчеты экономической эффективности внедрения интеллектуальной системы управления в ФЭУ.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные при решении поставленных задач и обеспечившие достижение цели диссертационной работы.

Анализ поставленных задач, методов и алгоритмов их решения, свидетельствует о единстве структуры и содержания работы.

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 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. 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).

5. Соответствие содержания паспорта специальности

Содержание диссертации соответствует следующим пунктам Паспорта специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы:

пункт 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;

пункт 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;

пункт 4 – Разработка научных подходов, методов, алгоритмов, технологий конструирования и проектирования, контроля и диагностики, оценки надежности основного и вспомогательного оборудования энергетических систем, станций и энергокомплексов и входящих в них энергетических установок.

пункт 10 – Разработка методов использования информационных и телекоммуникационных технологий и систем, искусственного интеллекта в электроэнергетике, включая проблемы разработки и применения информационно-измерительных, геоинформационных и управляющих систем для оперативного и ретроспективного мониторинга, контроля, анализа, прогнозирования и управления электропотреблением, режимами, надежностью, уровнем потерь энергии и качеством электроэнергии.

пункт 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.

пункт 13 – 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. Апробация и публикация результатов диссертационной работы

Основные материалы и результаты исследованных диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях и научных семинарах. По результатам исследования опубликовано 16 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 8 работ в других научных изданиях.

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

7. Замечания по диссертации

7.1. Исходя из содержания работы в котором много говорится об эффективности фотоэлектрических модулей, названия диссертационной работы не совсем отражает содержание.

7.2. В диссертационные работы предлагается разработка регулятор нечеткой логики слежения за ТММ ФЭУ, которая по мнению автора путем возмущения повышает выходной мощность фотоэлектрического модуля, однако в работе автор подробно не привел сравнения разработанного регулятора с другими

существующими аналогами, чтобы наглядно доказать эффективность своей разработки.

7.3. Во второй главе работы разработана комплексная математическая модель ФЭУ, позволяющая проводить исследование выходные характеристики ФЭУ в различных климатических условиях. Автор утверждает, что разработанная математическая модель позволяет смоделировать приход уровня СИ на горизонтальную поверхность в климатических условиях Республики Таджикистан (Душанбе). Так каким образом модель может прогнозировать прихода солнечной энергии не имея доступ к интернету и в нем не интегрирована измерительный прибор солнечной инсоляции????

7.3. В главе 3.4. диссертационной работы (ст. 130-133) приведена модельное исследование переходных процессов в ФЭУ. Чем обоснована исследование переходных процессов в ФЭУ??? В работе подробно не описана цель исследования переходных процессов в ФЭУ и в чем ее научная суть?

7.4. В главе 4.4. (ст. 165) приведен результаты экспериментального исследования физической модели ФЭУ, рис. 4.9. Из описания эксперимента видно, что исследования проводились только на одном типе фотоэлектрического модуля, но его тип не указан ни в диссертации, ни в автореферате. Такие неопределенные данные в работе не позволяет читателю и эксперту адекватно оценить эффективность полученных результатов.

7.5. На странице 165 (рис. 4.9.) в физической модели используется фотоэлектрический модуль неизвестного типа, по результатам которой не построена вольт-амперная характеристика. Оценит эффективность фотоэлектрического модуля по мощностным характеристикам недостаточно.

7.6. При изложении автором используются некорректные термины и сленг, а также имеются неточности редакционного характера, затрудняющие чтение работы

Высказанные замечания не снижают достоинств диссертационной работы Шарифова Б.Н., её основные положения достаточно полно раскрыты в автореферате и публикациях диссертанта.

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

8. Общее заключение

Тема диссертации Шарифова Б.Н. важна и актуальна. Работу следует отнести к специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы. Основные результаты диссертации являются новыми. Решен ряд достаточно трудных задач по оптимизации регуляторов нечеткой логики.

В целом диссертация является завершенным научным исследованием, вносящим заметный вклад в повышении эффективности генерации электрической энергии ФЭУ. Автореферат диссертации полно и правильно отражает её содержание.

Представленные в диссертации результаты будут востребованы в дальнейших изысканиях по изучению и использованию интеллектуальных систем управления в возобновляемых источниках энергии. Она может быть интересна для научных и образовательных учреждений, в которых ведутся исследования по данной тематике. Кроме того, полученные результаты могут служить материалом для различных университетских курсов и спецкурсов.

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

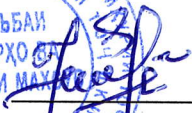
Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании кафедры «Релейная защита и автоматика» Институт энергетики Таджикистана. "13" 09 2024 г., протокол № 9.


Заведующий кафедрой «Релейная защита и автоматика» ИЭТ, к.т.н.

 Д.Ю. Гулов

Подпись к.т.н. Д.Ю. Гулова заверяю
Начальник отдела кадров и специальных дел



 З.А. Каримов

С отзывом ознакомлен 16.09.2024  Шарифов Б.М.