

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**доктора технических наук, профессора, Амерханова Роберта
Александровича на диссертационную работу Ибрагима Ахмеда Амера
Ибрагима «Управление мощностью ветроэлектрической установки при
возмущениях сети», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 2.4.5. Энергетические
системы и комплексы**

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, четырех глав, заключения, списка литературы.

1. Актуальность темы

Рассматриваемая диссертационная работа выполнялась в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск.

За последние несколько десятилетий ветроэнергетика в ряде стран выделилась в отдельные сегменты энергетической отрасли, успешно конкурирующие с традиционной энергетикой. В основном, на 90% ветроэлектрические установки представлены изделиями средней единичной мощности в составе магистральных, распределительных и локальных (в том числе микро-грид или сверхмалых) сетей. Однако мировой рынок малых ветроэлектрических установок в настоящее время также динамично развивается за счет массовых потребителей, к которым относятся объекты малоэтажного строительства, фермерские хозяйства, рыболовецкие кооперативы и охотничьи угодья, системы дистанционного мониторинга, системы дорожного освещения, телекоммуникационное оборудование и другие автономные и удаленные потребители электрической энергии. В связи

с этим актуальной научно-технической задачей является повышение эффективного использования энергии ветра за счет улучшения аэродинамических и электродинамических характеристик ветроэлектрических установок.

Основной характеристикой, определяющей работоспособность ветроэнергетической установки является коэффициент мощности (C_p) - отношение фактической механической мощности, вырабатываемой ветроустановкой, к общей мощности ветрового потока, ограниченной ометаемой площадью при определенной скорости ветра.

Повышение C_p во всех режимах работы ветроэлектрической установки за счет совершенствования различных методов регулирования мощности является актуальной темой, которой и посвящена предлагаемая работа.

2. Краткая характеристика основных разделов диссертации

Диссертация Ибрагима Ахмеда Амера Ибрагима состоит из введения, четырех глав, заключения и четырех приложений. Полный объем диссертации составляет 205 страниц текста с 104 рисунками и 12 таблицами. Список литературы содержит 129 наименования.

Во введении представлены основные положения, выносимые на защиту, краткая характеристика работы, показаны актуальность и степень разработанности темы исследования, цель диссертационной работы, задачи и методы исследований. А также научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе дается исторический обзор развития ветроэнергетики, определяются основные направления развития, выявляются ключевые

проблемы и задачи, возникающие при проектировании, эксплуатации ветроэнергетических (ветроэлектрических) установок (ВЭУ), особенности систем преобразования энергии ветра (СПЭВ), тенденции развития, анализ литературы и формулируются задачи диссертации.

Управление угловой скоростью вращения вала генератора и питч-углом лопасти являются наиболее известными эффективными подходами к управлению выходной мощностью. Методы управления, используемые для регулирования мощности ВЭУ с помощью управления скорости вращения генератора и питч-контролем.

Во второй главе описан метод управления работой генератора двойного питания (ГДП) при глубоких провалах напряжения сети, с использованием различных методов и алгоритмов регулирования мощности.

Разработанная модель состоит из модели ветроустановки, модели асинхронного генератора с двойным питанием (ГДП), модели преобразователя на стороне ротора (ПСР), модели преобразователя на стороне сети (ПСС), модели отслеживания максимальной точки мощности (МРРТ) и модели схемы защиты шунтом.

Третья глава описывает метод управления для отслеживания точки максимальной мощности. Также она посвящена разработке методики определения производительности ВЭУ при непрерывно изменяющейся скорости ветра и действии алгоритма управления ветроэлектрической установкой с горизонтальной осью вращения.

В четвертой главе приводится конструкция виртуального регулятора ВЭУ. Разработан виртуальный контроллер ветроэнергетической установки с использованием пакета Matlab/Simulink и метод регулирования мощности на

основе этого контроллера. В этой главе также представлены результаты моделирования алгоритмов.

В заключении диссертации приведены выводы по основным результатам работы и перспективы дальнейшей разработки темы исследования и рекомендации. Диссертация написана логически последовательно, корректным с научной и технической точки зрения языком. Структурное построение и редакционное оформление диссертации замечаний не вызывает.

3. Методы исследования

В работе применялось компьютерное моделирование в программной среде MATLAB, а также язык программирования высокого уровня C++.

4 Достоверность и обоснованность положений и выводов, сформулированных в диссертации

Достоверность результатов определяется корректностью применения математического аппарата, обоснованностью методов моделирования, использующих известные, многократно подтвердившие свою достоверность программы, а также детально описанными методиками симуляции, позволяющие воспроизвести проведенные исследования другими учеными. Кроме этого, достоверность подтверждается соответствием теоретических положений результатам моделирования.

5. Научная новизна исследования

В качестве элементов научной новизны диссертационной работы следует отметить:

- Новая имитационная компьютерная модель ветроэлектрической установки, характеризующаяся наличием модуля гибкого виртуального контроллера, описанного на языке высокого уровня, и предназначенная для исследования характеристик ветроэлектрической установки в зависимости от применяемых алгоритмов управления;
- Улучшен принцип защиты электрической схемы ветроэнергетической установки путем введения активной схемы защиты шунтом (crowbar), которая защищает генератор и ПСР от провалов напряжения за счет оптимизации сопротивления шунта для ускорения и плавного восстановления системы до исходного устойчивого состояния без отключения ветроэнергетической установки от сети;
- Разработан новый способ определения производительности ветроэлектрической установки и новый динамический алгоритм поиска максимального значения коэффициента использования энергии ветра.

6. Практическая значимость работы

1. Проведен комплекс виртуальных исследований функционирования ветроэлектрической установки в условиях динамических изменений характеристик электрооборудования и скорости ветра, нацеленных на выявление оптимальных параметров электрических компонентов ГОВЭУ.

2. Доказана эффективность управления работой ветроэлектрической установки на основе разработанных алгоритмов в условиях переменной скорости ветра в широком диапазоне и провалов напряжения. Алгоритмы могут быть в дальнейшем использованы производителями ветроэлектрических установок. Имеется предварительная договоренность о

внедрении соответствующего программного обеспечения в системы управления ветроэлектрическими установками с ФГУП Республики Крым «Крымские Генерирующие Системы», а также с компанией “LG Electronics” в части снижения дифференциальной ошибки ориентации ротора во время аварийных режимов глубокого провала напряжения сети.

7. Отличие выполненных работ от других

Представленная работа отличается от опубликованных научных работ наличием шунтовой защиты на стороне ротора ВЭУ при возмущениях сети с возможностью быстрого восстановления нормальной работы оборудования. Кроме того, конструкция системы слежения за точкой максимальной мощности, предложенная автором диссертации, представляет собой уникальную комбинацию, которая косвенно зависит от скорости ротора, принимая электромагнитный момент в качестве эталонного значения, и не встречается в работах других авторов.

8. Личный вклад автора

Автор определил направление исследования, сформулировал цель и задачи исследования, проанализировал достижения в области научных исследований. На основе проведенного анализа были выбраны методы и средства проведения исследования, разработаны математические модели, используемые в исследовании. Разработка модели системы управления и все исследования проводились непосредственно автором.

9. Публикации

Опубликованные автором работы соответствуют содержанию диссертации. По результатам исследований опубликовано 13 статей в

рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ. Из них 9 статей индексировано научометрическими базами Scopus и Web of Science, получено 1 свидетельство на программу ЭВМ. В опубликованных совместных работах постановка и исследование задач осуществлялось совместными усилиями соавторов при непосредственном активном участии соискателя.

В части аprobации материалов основные результаты работ и исследований по теме диссертации были представлены на 5 международных конференциях, материалы которых индексированы базами данных Scopus и Web of Science.

Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе по всем квалификационным признакам, а именно: по цели, задачам и основным положениям, определениям актуальности, новизны и достоверности, научной и практической значимости и др.

10. Аprobация работы

Основные результаты исследования были представлены и обсуждены на следующих мероприятиях:

1. Международная научно-техническая конференция "Пром-Инжиниринг" (International Conference on Industrial Engineering, ICIE), Сочи, РФ, 25-29 марта 2019 г.
2. International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2019), Sochi, Russia, 25-29 March 2019.
3. Международная научно-техническая конференция "Автоматизация" (International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2019), Sochi, Сочи, РФ, 8-14 сентября 2019 г.
4. Международная научно-техническая конференция "Электротехнические комплексы и системы" (International Ural Conference on Green Energy, UralCon 2018), 23-25 сентября 2018 г.

5. Международная мультидисциплинарная конференция по промышленному инжинирингу и современным технологиям (International multidisciplinary conference on industrial engineering and modern technologies, FarEastCon 2018), Владивосток, РФ, 3-4 October 2018.

11. Замечания и вопросы

По содержанию диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. На стр. 75 отсутствует пояснение к переменной « P_d » на рис. 2-4 потоки мощности в системе ВЭУ с ГДП в суперсинхронном (ротор-сеть) режиме и в субсинхронном (сеть-ротор) режиме.
2. На стр. 129 и 130 не приведено описание как именно подсистема питч-контроля вычисляющая питч-угол.
3. Аргументация выбора оптимального быстроходность ВЭУ представляется весьма поверхностной.
4. Не приведено обоснование выбора интервалов в значениях скорости ветра (8 и 10 м/с) при осуществлении компьютерного моделирования работы ВЭУ.
5. В работе приводятся блок-схемы моделей объектов в пакете MATLAB/Simulink, в которых отсутствуют обозначения переменных, принятых в исходных математических выражениях, положенных в основу разработки моделей. Расчетные диаграммы, полученные в результате компьютерного моделирования не содержат наглядных поясняющих надписей.
6. Чем характеризуется провал напряжения сети? Если целью защиты от провала напряжения является защита ротора, то почему не защищается статор, как компонент генератора?

12. Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Таким образом, диссертационная работа Ибрагима А.А.И. полностью соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ.

13. Общее заключение по диссертации

Диссертация Ибрагима А.А.И. является завершенной научно-исследовательской работой, в которой дано новое решение актуальной научно-технической задачи – разработки методов повышения эффективности ветроэнергетических установок с подтверждением результатов теоретических исследований путем применения результатов в различных типах ВЭУ. Автор диссертации показал, что он в полной мере владеет научными методами исследования, может самостоятельно ставить и решать актуальные научно-технические задачи.

По совокупности перечисленных в отзыве качеств данная диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Ибрагим Ахмед Амер Ибрагим, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент

доктор технических наук,
профессор

Амерханов Роберт Александрович



Ю.Ф.
Гадриев
Р.А.
Разаков

Роберт
Амерханов
9

Сведения:

Профессор кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии.

Полное наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет»

Почтовый адрес организации: 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

Эл.почта: energyksau@mail.ru

Тел.р. +78612215854,

Тел.м. +79882426330

«____»_____ 2022 г.