

Отзыв

официального оппонента на диссертацию 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

В целом ветроэнергетические установки (ВЭУ) представлены крупными изделиями, работающими в составе ветропарков. В большинстве современных сетевых ВЭУ используются электрические генераторы двойного питания (ГДП), позволяющие осуществлять выработку электроэнергии при различных скоростях ветра и на различных частотах вращения ротора ВЭУ с выдачей энергии непосредственно в сеть через обмотки статора. Динамическая взаимосвязь между ГДП и сетью является объектом управления при переходных процессах в сети согласно требованиям, как разработчиков ВЭУ, так и сетевых компаний в части защиты электрооборудования ВЭУ от переходных процессов и автоматического возобновления нормального регулирования мощности после восстановления сети. Например, при глубоком падении напряжения сети и снижении потенциала на обмотках статора, на обмотках ротора генератора при вращении ротора (ветроколеса) ВЭУ может возникнуть сверхвысокое напряжение, которое неминуемо приведет к выходу из строя управляющих электронных устройств, за чем может последовать каскадное отключение или выход из строя одной, ряда или даже всех ВЭУ, находящихся в составе ветропарка.

В связи с тем, что такие отключения приводят к серьезным сбоям в работе ветропарков и значительным сетевым потерям, устойчивость работы отдельной ВЭУ с максимально возможной эффективностью, в том числе при критических изменениях сетевых параметров и после окончания их действия, является актуальной областью исследований.

Проведение исследований на реальных ветроэнергоустановках является чрезвычайно трудновыполнимым и дорогостоящим мероприятием. Однако, как показывает практика, проведение исследований на виртуальных компьютерных моделях значительно облегчает выполнение задач и минимизирует затраты на эксперименты.

2. Краткое содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 129 наименования, и содержит 205 страниц, 104 рисунков и 12 таблиц.

Во введении дана общая характеристика работы, степень разработанности темы исследования, представлены цели, задачи, выносимые на защиту положения, описана научная новизна и теоретическая значимость результатов.

В первой главе определены основные направления развития ветроэнергетики, выявляются ключевые проблемы, возникающие при проектировании компонентов ВЭУ, дается описание системы преобразования энергии ветра с помощью ветроэлектрической установки, обосновывается актуальность исследования, приводится обзор литературы, формулируются цель и задачи диссертации.

С помощью анализа методов управления мощностью ветроэлектрических установок было установлено, что наиболее распространенным методом управления является работа на основе методов «переменно-скоростной - переменнo-угловой» ПeC-ПoУ. Наиболее эффективным способом в таких условиях является работа ВЭУ при переменной угловой скорости вращения ротора по управляющему алгоритму, при котором угловая скорость вращения ротора изменяется вместе с изменением скорости ветра, обеспечивая наивысшую производительность. Для синтеза такого алгоритма эффективного управления мощностью ВЭУ было решено разработать комплексную компьютерную модель ветроэлектрической установки.

Во второй главе описан метод и алгоритмы управления работой асинхронного генератора с двойным питанием при глубоких провалах напряжения статора с описанием разработанной функциональной математической модели горизонтально-осевой ветроэлектрической установки (ГОВЭУ), предназначенной для исследования работоспособности ВЭУ.

Разработана концепция модуля защиты шунтом. Функция шунта смоделирована и исследована для реализации в дальнейшем аппаратного решения с понижением напряжения. Недостатком схемы защиты шунтом при провалах напряжения является большой ток короткого замыкания, который проходит через обмотки ротора и статора ГДП при его подключении, главным образом в начале провала. Этот ток можно свести к минимуму, увеличив значения сопротивлений. Однако, если сопротивления будут слишком большими, напряжение на роторе может быть очень высоким, и тогда шунт потеряет способность защиты преобразователя. Таким образом, одной из главных задач работы является оптимизация сопротивления шунта.

Третья глава описывает алгоритмы отслеживания максимальной мощности. Она также посвящена разработке методики определения производительности ветроэлектрической установки при непрерывно изменяющейся скорости ветра, а также разработке алгоритма управления ветроэнергоустановкой.

Для реализации алгоритма регулирования мощности ВЭУ необходим метод определения производительности ветроэнергетической установки в процессе ее работы. Основным показателем производительности ВЭУ является коэффициент мощности (КИЭВ) C_p . Прямое измерение C_p в процессе работы ВЭУ нецелесообразно, поскольку предполагает использование данных, измеренных в установившемся режиме работы, поэтому было решено разработать методику определения производительности ВЭУ в реальных условиях эксплуатации, когда скорость ветра непрерывно изменяется в широком диапазоне за относительно короткий промежуток времени.

В четвертой главе описывается конструкция разработанного виртуального контроллера. Контроллер ветроэлектрической установки был разработан с использованием программного пакета Matlab/Simulink. Во время падения (провала) напряжения ток полностью обеспечивается активной частью тока статора, с потерей управления крутящим моментом ВЭУ. В связи с этим проведено моделирование электрических составляющих для исследования динамического поведения ВЭУ на базе ГДП с использованием схемы защиты шунтом.

В заключении приведены основные выводы и обобщены полученные в диссертационной работе результаты и перспективы дальнейшей разработки темы исследования и рекомендации.

В приложениях приведены материалы для пояснения полноты настоящего исследования, в частности, АКТ внедрения разработки в учебном процессе ЮУрГУ, список рисунков и таблиц.

3. Методы исследования

В диссертации применялись методы математического моделирования. Выполнялось моделирование на платформе MATLAB/Simulink.

4. Степень обоснованности положений и достоверности полученных результатов

Обоснованность и достоверность результатов подтверждается их убедительной физической интерпретацией и корректным использованием методов математического моделирования.

5. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

1. Разработаны и построены новые компьютерные модели преобразователя на стороне ротора, преобразователя на стороне сети, ветроэнергетической установки, генератора двойного питания, схемы защиты шунтом, ПИД-регулятора и контроллера MPPT с помощью MATLAB/SIMULINK.

2. Улучшены характеристики ветроэнергетической установки MITSUBISHI MWT-92 в части повышения эффективности и максимизации выходной мощности независимо от изменения скорости ветра за счет внедрения концепции виртуального контроллера MPPT (с использованием MATLAB/SIMULINK), увеличивающего коэффициент мощности C_p на 8%.

3. Предложенная имитационная модель и алгоритм MPPT протестированы на модели ветроэнергетической установки NORDEX N80/2500 для

верификации построенных моделей и доказательства эффективной работы модели на всех типах ГОВЭУ.

6. Практическая значимость и использование результатов диссертационной работы

В рамках диссертационной работы были сделаны следующие разработки: Впервые имитационная модель включает отдельный модуль виртуального контроллера, настраиваемого языком верхнего уровня для гибких условий работы ветроустановки. Разработан новый алгоритм устойчивого управления ветроэнергостановкой в условиях провалов напряжения сети с учетом меняющихся характеристик ветра.

Кроме того, результаты работы подлежат внедрению на двух производственных предприятиях, а результаты диссертации, материалы научных и теоретических исследований, изложенных в диссертационной работе, используются в образовательном процессе в учебной дисциплине ДВ.1.05.02 Комплексное использование ветроэлектростанций. Дисциплина преподается в рамках магистерской программы 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника на кафедре «Электрические станции, сети и системы электроснабжения» Энергетического факультета ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)».

7. Отличие выполненных исследований от других работ

Диссертационная работа Ибрагима А.А.И. отличается от других работ, выполненных в исследуемой области, использованием разработанных методик управления и уникального алгоритма работы ветроэнергетической установки при возмущениях сети. Предложенный алгоритм работы и непосредственно сам виртуальный контроллер горизонтально-осевой

ветроэнергетической установки является уникальным и применимым для любых систем управления горизонтально-осевых ветроэнергетических установок, использующих отбор мощности на основе МРРТ-управления.

8. Личный вклад автора

Основные результаты, представленные в диссертационной работе, получены лично автором или при его активном и непосредственном участии.

9. Публикация основных результатов диссертационной работы

По теме диссертации опубликовано 13 работ в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК, из них 9 статей индексируется наукометрическими базами Scopus и Web of Science, 1 свидетельство на программу ЭВМ.

10. Конференции

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. Вопросы и замечания по содержанию диссертационной работы

1. В компьютерной модели не учитываются временные задержки при активации системы, вызванные инерционностью механических звеньев. Это искажает результаты компьютерного моделирования влияния системы отслеживание точки максимальной мощности на процесс работы ветроэнергетической установки.

2. Учитывал ли автор изменения направления ветра и переменную скорость ветра в процессе моделирования? Насколько эти изменения повлияют на работу модели?

3. Сравнивал ли автор результаты компьютерного моделирования смоделированной ВЭУ и блок-схемы ВЭУ, которая приведена в библиотеке программного пакета SIMULINK?

4. Продолжительность провалов напряжения исследования выбрана без пояснений и обоснована лишь субъективным мнением автора.

Представленные замечания касаются частностей и не снижают научной и практической значимости результатов диссертационной работы.

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

Диссертационная работа Ибрагима А.А.И. в полном объеме отвечает критериям, которые установлены Положением о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

В диссертационной работе представлены научно-обоснованные решения, внедрение которых имеет важное значения для развития ветроэнергетической отрасли.

13. Общее заключение

Основываясь на вышеизложенном, считаю, что диссертационная работа «Управление мощностью ветроэлектрической установки при возмущениях сети» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и содержащей значимые научные и практические результаты. Ибрагим Ахмед Амер Ибрагим заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5. Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук

подпись *Ачитаев*
внесено *ОП*

Ачитаев Андрей Александрович

подпись



Сведения:

И.о. заведующего кафедры гидроэнергетики, гидроэлектростанций, электроэнергетических систем и электрических сетей.

Полное наименование организации: Саяно-Шушенский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Сибирский федеральный университет".

Почтовый адрес организации: 655619 Республика Хакасия, пгт. Черемушки, д. 46 (Саяно-Шушенский филиал СФУ), ауд. 215, корп. 2.

Эл.почта: achitaevaa@gmail.com

Тел.р. +73904231023 доб. 611

Тел.м. +79232575110

Дата: _____