

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертацию **И.А. Разживина** «**Всережимное моделирование ветроэнергетической установки в электроэнергетической системе**» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «**Электрические станции и электроэнергетические системы**»

1. Соответствие диссертации паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Рассмотренные в работе вопросы и принципы моделирования ветроэнергетических установок в электроэнергетических системах при различных режимах в реальном времени (on-line), а также проведенные экспериментальные исследования подтверждают полное соответствие диссертационной работы пунктам 6, 7, 9 и 13 профиля паспорта специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

2. Актуальность темы исследования

Положения Киотского протокола, а также ограниченность углеводородных и урановых ресурсов, определяют развитие возобновляемой (зеленой) энергетики, особенно ветроэнергоустановок (ВЭУ) во многих странах, в том числе в России. В отличие от автономного использования ветроэнергетических установок их функционирование в составе электроэнергетических системах (ЭЭС) характеризуется взаимосвязанностью нормальных, аномальных квазиустановившихся и переходных процессов применительно к конкретной ЭЭС и месторасположению ветроэнергетических установок. Достоверная всережимная информация об этих процессах необходима для проектирования и эксплуатации ВЭУ, на основе которой, в частности, более обоснованно можно планировать режимы и осуществлять настройку средств автоматики и релейной защиты.

Эта информация может быть получена путем математического моделирования вышеназванных режимов. Между тем, существующие программно-вычислительные комплексы (ПВК) не всегда могут обеспечить необходимую детализацию и точность режимных расчетов. В этой связи, поставленные автором цель и задачи работы, направлены на достаточно достоверное всережимное моделирование ВЭУ 4 типа, а именно: ветротурбина, синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов, вставка постоянного тока и трансформатор присоединения в ЭЭС, безусловно являются актуальными.

3. Научная новизна диссертационной работы

состоит в следующем:

3.1. Предложена концепция гибридного всережимного моделирования в реальном времени ВЭУ 4 типа, позволяющая получить достаточно полную и достоверную информацию о всём спектре нормальных, квазиустановившихся и переходных процессах в ЭЭС;

3.2. Предложена синтезированная математическая модель ветротурбины в составе ветроэнергетической установке 4 типа на основе специализированного гибридного процессора (СГП);

3.3. В соответствии с предложенной концепцией разработан и реализован специализированный гибридный процессор ВЭУ 4 типа.

4. Практическая значимость положений и результатов работы

Разработанные средства всережимного моделирования на неограниченном интервале в реальном времени для ВЭУ 4 типа, позволяют повысить достоверность информации о режимных параметрах в всём спектре квазиустановившихся и переходных процессов, необходимой для проектирования, исследования и эксплуатации ВЭУ 4 типа в ЭЭС.

5. Структура и содержания диссертации

Структура диссертационной работы состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего в себя 88 библиографических ссылок. Общий объем работы составляет 115 страниц, включая 3 приложения, 94 рисунка и 2 таблицы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и основные задачи работы, отражены научная новизна и практическая значимость результатов, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе синтезирована математическая модель, определяющая механический момент ветротурбины, с учетом скорости ветра, его турбулентности и конструктивных параметров ветротурбины.

Второй раздел посвящен разработке концепции всережимного моделирования ВЭУ 4 типа в ЭЭС и реализации на ее основе специализированного гибридного процессора (СГП) ВЭУ 4 типа.

Третий раздел содержит результаты тестовых исследований разработанного СГП ВЭУ 4 типа в двухмашинной схеме ЭЭС с узлом нагрузки, результаты которых полученные на ПВК RTDS являются достаточно достоверными и могут быть сопоставимы с аналогичными результатами СГП ВЭУ 4 типа в ранее разработанном в научно-исследовательской лаборатории «Моделирование электроэнергетических систем» Томского политехнического университета на всережимном моделирующем комплексе реального времени электроэнергетических систем.

В четвертой разделе приведены результаты экспериментальных исследований, которые подтверждают тестовые исследования и развивают их на примере фрагмента реальной ЭЭС. Данные исследования включают воспроизведение квазиустановившихся процессов с различным уровнем генерации ВЭУ и переходных, сопровождающих всевозможные короткие замыкания, которые применительно к конкретной ЭЭС и географическим условиям применения ВЭУ необходимы для планирования режимов,

настройки средств автоматического управления лопастями ветротурбины и настройки релейной защиты.

Заключение отражает основные положения, результаты и выводы диссертационной работы.

6. Степень обоснованности и достоверности научных результатов

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов базируются на теории дифференциального и интегрального исчисления, теории методов дискретизации для обыкновенных дифференциальных уравнений, методе непрерывного неявного методически точного интегрирования дифференциальных уравнений, теории автоматического регулирования и управления, теории линейных и нелинейных электрических цепей, а также методах математического и физического моделирования, схемотехнике на интегральных микросхемах, тестовых и экспериментальных методах исследования процессов в ПВК Real Time Digital Simulator (RTDS). Кроме того, прошли всесторонние лабораторные испытания и опытная эксплуатация экспериментального образца многопроцессорного программно-технического комплекса гибридного типа – Всережимный моделирующий комплекс реального времени электроэнергетических систем.

7. Апробация и публикации материалов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научных конференциях, кроме этого, основные результаты диссертационной работы использованы при выполнении научных грантов.

По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых изданиях, включенных в Перечень ВАК, 2 статьи в журналах, индексируемых базами данных Web of Science и Scopus. Автореферат диссертации достаточно полно отражает содержание диссертации.

8. Замечания по диссертационной работе

В целом содержание диссертационной работы, ее основные положения и выводы возражений не вызывают, однако можно сделать следующие замечания:

8.1. В первоначальной главе автору следовало уделить больше внимания различным конструктивным компоновкам ВЭУ (конструктивного исполнения) и провести сравнительный анализ с тем чтобы более рельефно обосновать выбранный им объект и предмет исследования – ВЭУ 4 типа.

8.2. При анализе режимов ЭЭС автор оперирует терминами нормальный и аномальный квазиустановившийся режимы. Последний термин является отчасти “схоластическим”, так как не используется в реальной практике управления режимами ЭЭС и будет ли он понятен рядовому диспетчеру?

8.3. В работе представлены многочисленные осциллограммы всережимных исследований применения ВЭУ 4 типа в ЭЭС, однако отсутствует в достаточной степени анализ и обсуждение результатов этих осциллограмм.

8.4. В работе указано, что ВЭУ 4 типа наиболее адаптированы для работы в составе ЭЭС. Данное утверждение декларативно и его необходимо обосновать!

8.5. В диссертации рассмотрены трехуровневые статические преобразователи напряжения, однако, какова причина и обоснование выбора именно такого типа устройств?

8.6. Насколько применим разработанный, специализированный гибридный процессор ВЭУ 4 типа для всережимного моделирования ВЭУ других типов?

8.7. Следует пояснить в чем заключаются причины недостаточной полноты и достоверности расчетов режимов процессов при использовании существующих ПВК?

8.8. В работе содержится избыточное количество аббревиатур и сокращений, которые при перечислении занимают две страницы, обычно их

число не превышает одну станицу. Некоторых сокращений можно было бы избежать, так как у них малая повторяемость. В представленном виде чтение диссертации весьма затруднено.

8.9. Большинство рисунков выполнено в достаточно мелком масштабе, что также снижает качество работы и затрудняет ее чтение.

9. Общее заключение

Диссертационная работа И.А. Разживина «Всерезимное моделирование ветроэнергетической установки в электроэнергетической системе», представляет собой в достаточной мере законченное научное исследование, обладающее научной новизной и практической значимостью полученных результатов. Работа отвечает требованиям п. 8, 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842. Её автор, Игорь Андреевич Разживин, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Системы
электрообеспечения предприятий»
НГТУ

Манусов
28.11.19

Манусов Вадим Зиновьевич

630073, Новосибирская обл.,
г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Новосибирский государственный
технический университет»
тел.: +7 (383) 346-15-51;
E-mail: manusov36@mail.ru

