

ОТЗЫВ

Дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.17 на диссертацию Разживина Игоря Андреевича «Всерезимное 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. Актуальность темы диссертации

В мировой электроэнергетике происходит интенсивный прирост мощности возобновляемых источников энергии, лидирующие позиции в которой занимает ветроэнергетика. Развитие ветроэнергетики порождает новые вызовы для электроэнергетической системы (ЭЭС). Поэтому актуальны, исследования работы ветроэнергетических установок (ВЭУ) в ЭЭС, которые могут быть выполнены, учитывая специфику и сложность ЭЭС, только путем моделирования их работы в условиях разных ветровых нагрузок, а также при всевозможных нормальных и аварийных режимах их работы. Т.к. натурные эксперименты в реальных ЭЭС недопустимы, а физическое моделирование в принципе невозможно, единственным путем выполнения этих исследований является математическое моделирование. Однако верификация существующих многочисленных программно-вычислительных комплексов (ПВК), предназначенных для задач моделирования процессов и режимов в ЭЭС, свидетельствует в большинстве своем о недостоверности результатов моделирования. Поэтому актуальным является создание средств, обеспечивающих достаточно достоверное моделирование единого непрерывного спектра квазиустановившихся и переходных процессов в ЭЭС с ВЭУ.

2. Структура, объём и оценка содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы из 88-и наименований. Объём

диссертации составляет 115 страниц, включая 94 рисунка, 2 таблицы и 3 приложения.

Во введении сформулирована актуальность темы исследования, обозначен объект исследования, которым является ВЭУ 4 типа в ЭЭС, обозначены цель и задачи диссертационной работы, приведены выносимые на защиту положения научной новизны и практическая значимость результатов, а также приведены сведения о структуре, объеме диссертации, ее апробации и количестве опубликованных работ.

В первой главе обозначаются факторы, определяющие механический момент ВЭУ, излагаются теоретические сведения об аэродинамическом преобразовании энергии ветра, а также представлена функциональная схема ее реализации в рамках данной работы, приводится математическая модель преобразования параметров ветрового потока в параметры вращательного движения на валу ветротурбины.

Во второй главе представлены положения разработанной концепции моделирования ВЭУ 4 типа в ЭЭС. В концепции декларируются принципы моделирования ВЭУ данного типа в ЭЭС, основой которым служит гибридный подход, приводится структура реализации концепции, разработаны функциональные схемы моделируемого оборудования ВЭУ данного типа, образующие специализированный гибридный процессор (СГП), применимый для работы в составе Всережимного моделирующего комплекса реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС).

В третьей главе представлены результаты тестовых исследований разработанного СГП ВЭУ 4 типа, в двухмашинной схеме ЭЭС с узлом нагрузки. Результаты моделирования сравнивались с аналогично собранной моделью в сертифицированном программно-вычислительном комплексе (ПВК) RTDS. Фрагменты этих исследований достаточно хорошо согласуются, что свидетельствует о достоверности функционирования разработанного СГП ВЭУ 4 типа.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований ВЭУ 4 типа в ЭЭС относительно большей размерности. Соискателем выполнен большой объем экспериментальных исследований: проведены исследования функционирования ВЭУ 4 типа в ЭЭС при различных ветровых режимах работы, различных видах коротких замыканий.

В заключении диссертации сформулированы основные результаты диссертационной работы.

По теме диссертационного исследования опубликовано 18 научных 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. Результаты научных исследований были представлены на авторитетных международных и всероссийских научных конференциях.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Следует отметить, что наряду с достоинствами рецензируемая работа имеет следующие замечания:

1. В диссертации и автореферате отсутствуют сведения о допущениях при составлении систем дифференциальных уравнений, описывающих математические модели элементов рассматриваемой динамической системы. Вместе с тем в зависимости от специфики решаемой задачи эти допущения могут существенно различаться. Не ясно как при составлении математических моделей учитывались следующие явления:

1.1. Появление частных петель гистерезиса в магнитопроводе трансформатора ТП 4/35 кВ, работающего в режиме импульсного трансформатора, первичные обмотки которого коммутируются широтно-импульсным способом от инвертора.

1.2. Появление эффекта перезаряда межвитковых паразитных ёмкостей трансформатора ТП 4/35 кВ, подключенного к инвертору, работающему в режиме высокочастотной широтно-импульсной модуляции.

1.3. Синхронный генератор с постоянными магнитами (СГПМ) мощностью 5 МВт, работает на выпрямитель, что вызывает наличие пульсаций тока в обмотках статора и дополнительные потери на вихревые токи в магнитной системе статора. Как этот эффект учитывался при моделировании?

2. При понижении скорости ветра ниже критического значения не работает выпрямитель в звене постоянного тока при заряженной до номинального напряжения емкости. Возможно в звене постоянного тока применялся DC-DC конвертор повышающего типа или что-то подобное? Как в диссертации проводилось моделирование работы ЭЭС при пониженных значениях скорости ветра?

3. В работе отсутствуют сведения о влиянии эффектов квантования по уровню и дискретизации по времени в ЦАП и АЦП на точность и устойчивость процессов моделирования рассматриваемой динамической системы.

4. В диссертации не приведено сопоставление переходных процессов в рассматриваемой динамической системе, полученных на основе прямых измерений от датчиков токов, напряжений, мощности и т.д., с данными, полученными на основе разработанной автором математической модели. В работе отсутствуют сведения о величинах погрешностей моделирования, источниках возникновения этих погрешностей и комплексе мер, направленных на уменьшение погрешностей моделирования.

Несмотря на эти замечания, диссертационная работа Разживина Игоря Андреевича обладает научной новизной, имеет практическую значимость и может быть использована для решения задач проектирования, исследования и эксплуатации ВЭУ 4 типа в ЭЭС. Полученные автором результаты достоверны, а положения и выводы экспериментально обоснованы.

Заключение

Диссертация Разживина Игоря Андреевича соответствует паспорту специальности 05.14.02 - «Электрические станции и электроэнергетические

системы». Диссертация выполнена соискателем самостоятельно на высоком научном уровне, имеет внутреннее единство, является завершенной научно-квалификационной работой. Диссертационная работа Разживина Игоря Андреевича «Всерезимное моделирование ветроэнергетической установки в электроэнергетической системе» соответствует требованиям п. 8 и 9 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, а её автор Разживин Игорь Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 - «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Дополнительный член диссертационного совета
ДС.ТПУ.17 ФГАОУ ВО НИ ТПУ,

доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ,
доктор технических наук

«31» октября 2019 г.

А.С. Глазырин
Глазырин Александр Савельевич

Почтовый адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина 30

E-mail: asglazyrin@tpu.ru, телефон: 8 (3822) 60-62-91

Подпись А.С. Глазырина удостоверяю.

Ученый секретарь ТПУ



О.А. Ананьева