

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.269.10,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 3 октября 2018 г. № 208

О присуждении Ачитаеву Андрею Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование электромеханической совместимости ветроэнергетической установки с автономной электроэнергетической системой» по специальности 05.14.02 - Электрические станции и электроэнергетические системы принята к защите 23 мая 2018 г., протокол № 202, диссертационным советом Д 212.269.10, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования (ФГАОУ ВО) «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Ачитаев Андрей Александрович 1989 года рождения,

В 2014 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования (ФГБОУ ВПО) «Новосибирский государственный технический университет»,

В 2018 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,

Работает ассистентом кафедры «Системы электроснабжения предприятий» в ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Системы электроснабжения предприятий» в ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель (консультант) – кандидат технических наук, Удалов Сергей Николаевич, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», кафедра «Системы электроснабжения предприятий», доцент.

Официальные оппоненты:

Соломин Евгений Викторович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет» (г. Челябинск), кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения», профессор;

Ядагаев Эркемен Геннадьевич, кандидат технических наук, публичное акционерное общество «Межрегиональная распределительная сетевая компания Сибири» – «Горно-Алтайские электрические сети» (г. Горно-Алтайск), начальник отдела перспективного развития, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, в своем положительном отзыве, подписанным Пантелеевым Василием Ивановичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Электротехнические комплексы и системы», указала, что диссертация Ачитаева Андрея Александровича представляет собой законченную научно-квалифицированную работу, отвечающую всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук; работа выполнена по актуальной для электроэнергетики России тематике и вносит большой вклад в решение важной научно-технической проблемы электромеханической совместимости генераторов ветроэнергетических установок на основе электромагнитного вариатора с автономной электроэнергетической системой; автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Соискатель имеет 37 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 25 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ (также 1 патент РФ на изобретение, 1 патент РФ на полезную модель). В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Общий объем публикаций составляет 16,16 печатных листов с долей авторского участия соискателя не менее 60%.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

- 1) **Achitaev A.A.** Increasing the regulating ability of a wind turbine in a local power system using magnetic continuous variable transmission / S.N. Udalov, A.A. Achitaev, A.G. Pristup, B.M. Bochenkov, Y.V. Pankratz, R. D. Tarbill // Wind Engineering. – Volume 42, Issue 5, October 2018, Pages 411-435.
- 2) **Ачитаев А. А.** Повышение запаса динамической устойчивости автономной энергетической системы на базе ветроэнергетических установок при резких изменениях режима нагрузки / С. Н. Удалов, А. А. Ачитаев, А. Г. Приступ, Б. М. Боченков // Известия Томского политехнического университета. – Т. 327. – №. 8, сентябрь 2016, С. 89-98.
- 3) **Ачитаев, А. А.** Повышение регулировочной способности ветроэнергетической установки в составе локальной энергосистемы / А. А. Ачитаев, С.Н. Удалов, А.Г. Приступ, Б.М. Боченков // Энергобезопасность и энергосбережение. – №. 3, октябрь 2017, С. 33-40.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: 1) от д.т.н., профессора **Содномдорж Дарьи**, профессора кафедры «Электроэнергетика» Монгольского университета науки и технологии (г.Улан-Батор) без замечаний; 2) от д.т.н., профессора **Вахниной Веры Васильевны**, заведующей кафедрой «Электроснабжение и электротехника» Тольяттинского государственного университета с замечанием; 3) от д.т.н., профессора **Нагая Владимира Ивановича**, заведующего кафедрой «Электрические станции и электроэнергетические системы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова» (г.Новочеркасск) с замечаниями; 4) от к.т.н., доцента **Попова Максима Георгиевича**, заведующего кафедрой «Электрические станции и автоматизация энергетических систем» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого» с замечаниями; 5) от д.т.н., профессора

Корнилова Геннадия Петровича, заведующего кафедрой электроснабжения промышленных предприятий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» с замечаниями; 6) от к.т.н., **Шульги Роберта Николаевича**, ведущего научного сотрудника отделения спецтехники ФГБОУ ВО ВЭИ-филиала ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е. И. Забабахина» (г.Москва) с замечаниями; 7) от к.т.н. **Гайдая Максима Станиславовича**, главного конструктора по САУ, начальника КО САУ ПАО «ОДК-Сатурн» (г.Рыбинск) с замечанием; 8) от д.т.н., доцента **Сосниной Елены Николаевны**, профессора кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (г.Нижний Новгород) с замечаниями; 9) от канд. физ.-мат. наук, доцента **Пержабинского Сергея Михайловича**, старшего научного сотрудника лаборатории методов математического моделирования и оптимизации в энергетике №93 отдела прикладной математики №90 ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук» (г.Иркутск) с замечаниями; 10) от к.т.н., доцента **Карамова Дмитрия Николаевича**, научного сотрудника лаборатории исследования энергетических установок №71 отдела теплосиловых систем №70 ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН» (г.Иркутск) с замечаниями; 11) от д.т.н., профессора **Исмагилова Флюра Рашитовича**, заведующего кафедрой электромеханики ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» с замечаниями.

Все отзывы положительные с замечаниями, касающимися представления автономной электроэнергетической системы моделью «генератор-линия-шина бесконечной мощности» без учета регулирующего эффекта нагрузки, отсутствия описания применённого метода численного решения нелинейных дифференциальных уравнений, недостатка информации о результатах сравнения энергетической эффективности работы ветроэнергетической установки при использовании электромагнитного вариатора со случаем применения вставки постоянного тока, формулы определения значения эквивалентного угла турбины и правомерности его учета при расчете угла ротора в принятом его понимании, причины возникновения провала и последующего всплеска логарифмической амплитудно-частотной характеристики, причин увеличения угла при сбросе

нагрузки и уменьшения скорости ротора при торможении, а также отдельных погрешностей написания текста диссертации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой профессиональной компетенцией и наличием публикаций в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны концепция комплексного управления скоростью вращения генератора на быстроходной стороне электромагнитного вариатора с использованием управления его добавочным моментом и на тихоходной стороне турбины путем изменения угла заклинения лопастей турбины ветроэнергетической установки; динамические модели электромагнитного вариатора в составе ветроэнергетической установки, позволяющие учитывать регулирование приведенного угла дополнительного рассогласования роторов турбины и генератора для обеспечения электромеханической совместимости ветроэнергетической установки с автономной электроэнергетической системой;

предложены законы и алгоритмы управления моментом электромагнитного вариатора для согласования параллельной работы синхронных генераторов ветроэнергетических установок при переходных процессах в автономной электроэнергетической системе;

доказано, что необходимым условием обеспечения устойчивости автономной электроэнергетической системы является возможность управления жесткостью магнитной связи между турбиной и генератором, которая формируется с помощью изменения приведенного угла дополнительного рассогласования θ_e при регулировании скорости вращения генератора;

введено понятие приведенного угла дополнительного рассогласования, представляющего собой сумму угла ротора быстроходного звена электромагнитного вариатора и угла корректировки, возникающего за счет динамической связи ротора генератора и турбины; угол корректировки состоит из разности двух углов: угла быстроходного звена электромагнитного вариатора, умноженного на число пар его полюсов, и угла тихоходного звена вариатора, умноженного на число его ферромагнитных сегментов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано положение о косвенном способе определения приведенного угла дополнительного рассогласования путем измерения скорости вращения турбины и генератора и его регулирования за счет изменения добавочного момента на валу генератора;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы математическое и физическое моделирование, теория автоматического управления, методы решения нелинейных дифференциальных уравнений и объектно-визуального моделирования;

изложены положения концепции комплексного управления упругой магнитной связью между турбиной и генератором ветроэнергетической установки для обеспечения её электромеханической совместимости с автономной электроэнергетической системой при различных возмущающих воздействиях;

раскрыты противоречия, связанные с поддержанием синхронной параллельной работы генераторов ветроэлектрических установок со вставкой постоянного тока при обеспечении переменной скорости вращения турбины в переходных процессах в автономной электроэнергетической системе;

изучены существующие способы обеспечения электромеханической совместимости ветроэлектрической установки с автономной электроэнергетической системой;

проведена модернизация алгоритмов управления электромагнитным вариатором в составе ветроэнергетической установки для обеспечения электромеханической совместимости с автономной электроэнергетической системой.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в акционерном обществе «Сибирские приборы и системы», обществе с ограниченной ответственностью «Экофакел» алгоритмы комплексного управления электромагнитным вариатором ветроэнергетической установки в составе автономной электроэнергетической системы;

определены перспективы и области научного и практического применения результатов диссертационной работы при исследовании, проектировании и эксплуатации автономных электроэнергетических систем с ветроэнергетическими

установками проектными, научно-исследовательскими и эксплуатационными организациями электроэнергетики;

созданы алгоритмы и программно-технические средства для моделирования ветроэнергетической установки с электромагнитным вариатором в составе автономной электроэнергетической системы;

представлены результаты верификации моделей функционирования автономной электроэнергетической системы, имеющей в своем составе ветроэнергетические установки с электромагнитным вариатором, тестирования алгоритмов комплексного управления, подтверждающие достижение цели диссертации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ соответствие свойств и возможностей, разработанных динамических моделей электромагнитного вариатора принципам функционирования оборудования ветроэлектрических станций, соответствие результатов оценки функциональных характеристик, полученных с помощью сертифицированных средств моделирования (MatLAB Simulink) с верифицированными данными экспериментальных исследований;

теория построена на основе известных способов формирования алгоритмов управления электромагнитным вариатором и методов синтеза законов управления нелинейной системы на основе электромагнитного вариатора для регулирования скорости вращения генератора;

идея базируется на анализе существующих алгоритмов управления и специфики функционирования ветроэнергетической установки на базе электромагнитного вариатора при необходимости организации дополнительного канала управления частотой вращения генераторов путем формирования добавочного вращающего момента на валу генератора при переходных процессах в автономных электроэнергетических системах;

использованы теории нелинейных дифференциальных уравнений, математического моделирования, элементы теории автоматического управления и метод объектно-визуального моделирования для анализа структурных схем, синтеза законов и алгоритмов управления;

установлено соответствие полученных результатов теоретических исследования и экспериментов, выполненных на макетных образцах, с результатами исследований, опубликованных независимых источниках;

использованы современные комплексы моделирования (MatLAB Simulink, ANSYS Maxwell).

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач исследования, анализе текущего состояния исследований по обеспечению параллельной работы ветроэнергетических установок в составе автономной электроэнергетической системы, разработке алгоритмов управления скоростью вращения ротора генератора и проведении комплекса исследований, подтверждающих определяемые концепцией свойства алгоритма, подготовке и публикации статей и заявок на изобретение и полезную модель.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые научно-технические решения, имеющие существенное значение для исследования, проектирования и эксплуатации автономных электроэнергетических систем с ветроэнергетическими установками на базе электромагнитного вариатора и **соответствует п. 9 абз. 2 Положения о присуждении ученых степеней.**

На заседании 3 октября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Ачитаеву А. А. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 05.14.02 – электрические станции и электроэнергетические системы, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель

диссертационного совета Д 212.269.10

2

Обухов Сергей Геннадьевич

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.269.10

2

Прохоров Антон Викторович

3 октября 2018 г.