

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 июня 2020 г. № 3

О присуждении Марченко Андрею Ивановичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Разработка и исследование автоматике опережающего сбалансированного деления в электрических сетях с малой генерацией» по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы» принята к защите от 22 апреля 2020 г., протокол №7 диссертационным советом Д 212.173.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №156/нк от 01.04.2013 г.

Соискатель Марченко Андрей Иванович, 1991 года рождения.

В 2015 году соискатель с отличием окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, присуждена квалификация Магистр по направлению «Электроэнергетика и электротехника» (профиль: Электроэнергетические системы и сети).

В 2019 году соискатель успешно завершил обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, выдан диплом об окончании аспирантуры по направлению «Электро- и теплотехника» (профиль: Электрические станции и электроэнергетические системы), присуждена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

С 2018 года и по настоящее время соискатель работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» в отделе подготовки кадров высшей квалификации в должности заведующего сектором диссертационных советов.

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизированные электроэнергетические системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Фишов Александр Георгиевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра «Автоматизированные электроэнергетические системы», профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Воропай Николай Иванович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики имени Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, отдел электроэнергетических систем №40, заведующий отделом, научный руководитель института;

Илюшин Павел Владимирович, кандидат технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Петербургский энергетический институт повышения квалификации», проректор по научной работе.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном Паздериним Андреем Владимировичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Автоматизированные электрические

системы», Самойленко Владиславом Олеговичем, кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Автоматизированные электрические системы» **указала**, что диссертационная работа отвечает всем требованиям и критериям, предъявляемым действующим Положением к кандидатским диссертациям, автор диссертации Марченко Андрей Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Соискатель имеет 34 опубликованных печатных работ, в том числе по теме диссертации 34 работы, из них в рецензируемых научных журналах опубликовано 3 работы, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, а также 2 статьи опубликованы в изданиях, входящих в наукометрические базы данных Scopus и Web of Science, 3 публикации в прочих журнальных рецензируемых научных изданиях и 25 публикаций в материалах международных и всероссийских конференций и форумов, получен 1 патент на изобретение Российской Федерации. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 60%. Общий объем публикаций – 10 п.л.

Наиболее значимые научные публикации по теме диссертации:

Научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК:

1) Марченко А. И., Исследование устойчивости параллельной работы локальной системы энергоснабжения малой мощности с внешней электрической сетью энергосистемы / А. Г. Фишов, А. И. Марченко, В. В. Денисов, И. С. Мурашкина // Известия Российской академии наук. Энергетика. - 2020. – № 1. – С. 116–127. DOI: 10.31857/S0002331020010136.

2) Марченко А. И., Средства и способы управления параллельной работой электрической станции малой генерации с электрической сетью / А. И. Марченко, В. В. Денисов, И. С. Мурашкина // Научный вестник НГТУ. - 2019. – № 1 (74). – С. 77–90. DOI: 10.17212/1814-1196-2019-1-77-90.

3) Марченко А. И., Исследование влияния электронной генерации на статическую апериодическую устойчивость электроэнергетической системы / А. Г. Фишов, И. С. Мурашкина, А. И. Марченко, Э. Эрдэнэбат, Е. С. Ивкин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22, № 2. – С. 51-64. DOI: 10.30724/1998-9903-2020-22-1-51-64.

Патент на изобретение Российской Федерации:

4) Патент 2662728 Российская Федерация, МПК H02J 3/46, H02H 7/085. Способ противоаварийного управления режимом параллельной работы синхронных генераторов в электрических сетях / А. И. Марченко, Б. Б. Мукатов, А. Г. Фишов; № 2016147843; Заяв. 06.12.2016; Опубл. 30.07.2018, Бюллетень № 22. – 12 с.

Публикации в рецензируемых научных изданиях (журналах):

5) Марченко А.И., Системная автоматика для интеграции локальных систем электроснабжения с синхронной малой генерацией в электрические сети / Е. Н. Гежа, В. Е. Глазырин, Г. В. Глазырин, А. И. Марченко, Р. Ю. Семендяев, Е. С. Ивкин, О. В. Сердюков, А. Г. Фишов // Релейщик. - 2018. – № 2. – С. 24–31.

6) Марченко А. И., Автоматика опережающего деления в схемах присоединения малой генерации к электрической сети / А. И. Марченко, А. Г. Фишов // Оперативное управление в электроэнергетике. Подготовка персонала и поддержание его квалификации. – 2017. – № 5. – С. 8–18.

7) Marchenko A., The impact of distributed generation on power quality of the electric network / A. Marchenko, A. Fishov // Applied Mechanics and Materials. - 2015. – Vol. 792 : Energy Systems, Materials and Designing in Mechanical Engineering. – P. 248–254. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.792.248.

Публикации в научных изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Scopus и Web of Science:

8) Marchenko A., Automation of Unmanned Low Capacity Power Plant with Synchronized Generation / Fishov, A., Marchenko, A., Murashkina, I., Erdenebat, E., Serdyukov, O., Ivkin, Y. // 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2018 – Proceedings, 8545916, с. 108–114. DOI: 10.1109/APEIE.2018.8545916.

9) Marchenko A., The research of influence Normalizer voltage on characteristics and processes in electric networks / Fishov, A., Marchenko, A., Karjaubayev, N., Denisov, V., Klavsuts, I. // 13th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2016 – Proceedings Volume 1, 7802225, с. 109-112. DOI: 10.1109/APEIE.2016.7802225.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, все положительные:

1. РНПУП «Институт энергетики национальной академии наук Беларуси», научный руководитель института, д.т.н., профессор, академик Национальной академии наук Беларуси Михалевич А.А., и заместитель директора по научной работе и проектированию, к.т.н., доцент Шевчик Н.Е.

Замечания о неясности из автореферата проводились ли исследования разработанного способа на реальном объекте малой генерации, о необходимости уточнения утверждения об использовании малой генерации для выравнивания графика нагрузки с учетом развития солнечных и ветроэлектростанций, о не упоминании возможности участия малой генерацией в регулировании режима электрических сетей.

2. Белорусский национальный технический университет, кафедра «Электрические системы», профессор кафедры, д.т.н., профессор Короткевич М.А.

Вопрос о системных эффектах в электрической сети электроэнергетической системы с малой генерацией и значениях электродинамических усилий на валах синхронных машин на интервале 2-4 периода промышленной частоты.

Замечания о не единоличности всех публикаций автора, лишнем слове «исследование» в названии диссертации.

3. АО «Казахстанская компания по управлению электрическими сетями» (АО «KEGOC»), Национальный диспетчерский центр Системного оператора, главный диспетчер, к.т.н. Мукатов Б.Б.

Вопрос об обеспечении корректной работы существующей в электрической сети релейной защиты и автоматики при выводе автоматики опережающего сбалансированного деления.

4. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Отделение электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики, профессор отделения, д.т.н., профессор Гусев А.С. и ассистент отделения, к.т.н. Суворов А.А.

Вопросы о необходимости использования локальной противоаварийной автоматики (АОПО, АЧР, АОСН) в распределительной электрической сети

при внедрении в неё объектов малой генерации и преобразования её по свойствам в основную магистральную сеть, согласования разработанной автоматики АОСД с данными устройствами защит. Об учете в алгоритме работы разработанной АОСД заданных иностранным изготовителем уставок внутренних РЗиА для изготавливаемых и поставляемых ГТУ, ПГУ и ГПУ, с целью обеспечения согласованной работы АОСД и РЗиА для предотвращения повреждения оборудования и необходимости выполнения гарантийных обязательств.

Замечание о не рассмотрении зависимости срабатывания от параметров нагрузки ввиду сопоставимых мощностей объектов генерации и нагрузки, а также малых взаимных сопротивлений.

5. Филиал АО «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС») «Объединенное диспетчерское управление энергосистемами Сибири», Служба управления персоналом, ведущий специалист, д.т.н., доцент Давыдов В.В.

Вопросы о резервировании предложенной системной автоматики, о нормативном подтверждении понятия «мощность искажения» и его математического представления, как предмета договорных отношений между субъектами розничного рынка электроэнергии.

Замечание об отсутствии в таблице 1 автореферата информации по длительности короткого замыкания.

6. ОАО «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт релестроения с опытным производством» (ОАО «ВНИИР»), департамент перспективного развития, руководитель центра моделирования электроэнергетических систем, к.т.н., доцент Наволочный А.А. и заведующая сектором НИОКР, к.т.н., Онисова О.А.

Вопросы о времени формирования пусковым органом АОСД команды на отделение, об ограничении области применения разработанного способа, о неясности требуемого объема доаварийной информации для работы автоматики, о необходимости использования каналов связи для получения удаленной информации и передачи команд отключения выключателей, о действии автоматики и чувствительности пусковых органов при потере связи локальной системы электроснабжения с внешней сетью.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что область научных интересов и тематика исследований **Воропая Николая Ивановича** в значительной степени связаны с решением задач по обоснованию развития активных систем электроснабжения, локальных электроэнергетических систем и их интеграции в централизованную электроэнергетическую систему, исследованием интеллектуальных электроэнергетических систем и методов интеллектуального управления, а так же с анализом тенденций и перспектив развития релейной защиты и автоматики в электроэнергетических системах; сфера научных интересов и тематика исследований **Илюшина Павла Владимировича** связаны с: анализом влияния технических характеристик генерирующих установок объектов распределенной генерации на возможность обеспечения надежного электроснабжения потребителей, разработкой алгоритмов работы и настройкой устройств автоматики электроэнергетических систем, разработкой подходов к созданию систем автоматического управления режимами микроэнергосистем и принципов организации релейной защиты в микросетях с объектами малой генерации.

В Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на кафедре Автоматизированных электрических систем активно занимаются проблематикой по теме диссертационной работы Марченко А.И., а именно: разработкой адекватных технических условий для технологического присоединения генерирующих объектов малой мощности к электрической сети, управлением нагрузкой при выделении энергорайона с парогазовой установкой на изолированную работу, разработкой требований к делительной автоматике объектов распределенной генерации с учетом влияния параметров прилегающей сети и нагрузки, анализом особенностей регулирования частоты при выделении энергорайона с парогазовой установкой, а также исследованиями режимов парогазовой установки при выделении на изолированную работу в составе дефицитного энергорайона, что подтверждается многочисленными опубликованными трудами сотрудников кафедры.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея противоаварийного управления режимом параллельной работы локальных систем электроснабжения (ЛСЭ) с внешней электрической сетью мощной электроэнергетической системы, позволяющая осуществлять безопасную работу малой генерации ЛСЭ и электрической сети электроэнергетической системы, а также использовать новые технические системные эффекты;

предложен способ управления параллельной работой электроэнергетических систем малой и большой мощности для снятия технологических барьеров при присоединении ЛСЭ с малой генерацией к существующим электрическим сетям;

доказана перспективность применения способа опережающего сбалансированного деления в качестве противоаварийного управления для ЛСЭ с малой генерацией, работающих параллельно с внешней электрической сетью электроэнергетической системы;

введены понятия: опережающее сбалансированное деление электроэнергетической системы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность обеспечения безопасной работы малой генерации в электрической сети внешней электроэнергетической системы при децентрализованном автоматическом режимном и противоаварийном управлении ЛСЭ специальной системной автоматикой, использующей способ опережающего сбалансированного деления;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы основные положения теории электроэнергетических систем и электрических сетей, комплекс существующих методов математического и физического моделирования режимов и устойчивости электроэнергетических систем, способы противоаварийного управления в электроэнергетических системах;

изложены положения, идеи, аргументы и доказательства осуществимости эффективного управления параллельной работой ЛСЭ с внешней электрической сетью;

раскрыты ограниченность применимости существующей теории управления параллельной работой электроэнергетических систем при объединении ЛСЭ и мощной внешней электроэнергетической системой, выявлены новые возможности создания системных технических эффектов по надежности электроснабжения, качеству электроэнергии и регулирования электрического режима в электрической сети с малой генерацией;

изучены внутренние и внешние противоречия требований по надежности и экономичности режимов электроэнергетических систем при объединении на параллельную работу ЛСЭ и внешней электроэнергетической системы большой мощности;

проведена модернизация существующих алгоритмов управления режимами параллельной работы ЛСЭ и электрической сети электроэнергетической системы.

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

разработан прототип системной автоматики управления режимами параллельной работы ЛСЭ с внешней электрической сетью, использующей в качестве противоаварийного управления разработанный способ опережающего сбалансированного деления, определены и обеспечены требования по быстродействию автоматики, разработана методика расчета уставок срабатывания пускового органа автоматики, экспериментально на физической модели доказана эффективность предложенного способа противоаварийного управления. На основе исследования возможных системных эффектов от присоединения ЛСЭ к внешней электрической сети электроэнергетической системы и осуществления соответствующего управления ее режимами разработан состав и обоснована возможность создания малой генерацией дополнительных электроэнергетических эффектов при регулировании режимов электроэнергетических систем. Предложенный в диссертации способ запатентован и используется в составе программно-технического комплекса управления режимами систем с распределенной малой генерацией, разработанного Новосибирским государственным университетом совместно с ООО «Модульные системы Торнадо» (г. Новосибирск) и АО «Институт автоматизации энергетических систем» (г. Новосибирск). Практические рекомендации и устройство

автоматики использованы при осуществлении присоединения ЛСЭ с электростанцией малой генерации жилого массива «Березовое» (г. Новосибирск) к электрической сети Новосибирской электроэнергетической системы с режимом параллельной работы и выдачей избыточных мощностей во внешнюю сеть;

определены пределы и перспективы практического использования автоматики и внедренного способа в системах управления распределительными электрическими сетями с распределенной малой генерацией и системами электроснабжения на её основе;

создана физическая модель ЛСЭ с системной автоматикой, работающая параллельно с внешней электрической сетью электроэнергетической системы, для проведения исследования способов управления ЛСЭ, испытаний алгоритмов управления, разработана система практических рекомендаций по физическому моделированию режимов ЛСЭ, проведению испытаний соответствующих автоматических устройств;

представлены методические рекомендации по техническим решениям для осуществления параллельной работы генерирующих установок малой генерации в существующих распределительных электрических сетях и их дальнейшего развития.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность и воспроизводимость результатов подтверждены испытаниях прототипа разработанной автоматики на базе созданной физической модели ЛСЭ, работающей параллельной с внешней электрической сетью электроэнергетической системы, на базе Центра коллективного пользования «Центр испытаний устройств контроля и управления режимами электроэнергетических систем» Новосибирского государственного технического университета, использующего модельные генераторы, мощностью 3 и 5 кВт, специально разработанные и изготовленные для физического моделирования процессов в электроэнергетических системах, широко использованные ранее и применяемые в настоящее время в различных научных центрах России («Научно-технический центр Единой энергетической системы», «Национальный исследовательский университет «МЭИ», «Научно-

технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» - Сибирский научно-исследовательский институт энергетики);

теория построена на известных проверяемых положениях противоаварийного и режимного управления в электроэнергетических системах, математического, имитационного и физического моделирования, согласуется с опубликованными теоретическими и экспериментальными результатами по теме диссертации;

идея базируется на анализе и обобщении результатов исследований по созданию автоматики, обеспечивающей выполнение требований к присоединению ЛСЭ с синхронной малой генерацией к внешним электрическим сетям электроэнергетической системы при их прямом включении в сеть посредством синхронных связей без централизации управления на идеологии мультиагентных систем;

использованы сведения о существующих способах противоаварийного управления в электроэнергетических системах и электрических сетях, при этом вследствие неприменимости существующих разработанных подходов для обеспечения требуемой эффективности и безопасности для энергетического оборудования систем с распределенной малой генерацией разработан и внедрен авторский способ противоаварийного управления, подтвердивший свою работоспособность и эффективность;

установлено качественное и количественное совпадение полученных автором расчетных результатов моделирования, с результатами, полученными при испытаниях, как на электродинамической модели электроэнергетической системы, так и на тепловой электростанции малой генерации жилого массива «Берёзовое» (г. Новосибирск), работающей в составе собственной системы электроснабжения при подключении ее на параллельную работу к внешней централизованной электроэнергетической системы Новосибирской области Единой энергетической системы России;

использованы современные средства, методики получения расчетных и экспериментальных данных, результатов моделирования в программно-вычислительных комплексах и измерений при испытаниях на физическом объекте.

Личный вклад соискателя состоит в формализации поставленных задач, исследовании технических решений и способов управления при параллельной работе ЛСЭ с внешней электрической сетью, имитационном моделировании режимов электроэнергетической системы, разработке методики определения уставок срабатывания пускового органа противоаварийной автоматики опережающего сбалансированного деления системы, разработке программы и испытании на физической электродинамической модели ЛСЭ способа опережающего сбалансированного деления в составе прототипа системной автоматики управления режимами ЛСЭ, развитии идеи трансформации системных технических эффектов от работы малой генерации в электрической сети электроэнергетической системы в электроэнергетические услуги перспективного розничного рынка.

Диссертация «Разработка и исследование автоматики опережающего сбалансированного деления в электрических сетях с малой генерацией» представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития энергетики Российской Федерации.

На заседании 25 июня 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Марченко Андрею Ивановичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовали: «за» 15 человек, «против» нет, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя диссертационного совета

Ученый секр

Юрий Викторович Целебровский
вета

Анатолий Анатольевич Осинцев

25 июня 2020 г.