

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РФ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27 декабря 2021 г. протокол №3
О присуждении Ивкину Ефиму Сергеевичу, гражданину Российской
Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Системная автоматика для создания локальных интеллектуальных энергосистем и управления их режимами» по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы принята к защите 22 октября 2021 г., (протокол заседания № 10) 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 Ивкин Ефим Сергеевич «4» марта 1992 года рождения. В 2016 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника» (профиль: «Электроэнергетические системы и сети»), выдан диплом с отличием, присуждена степень «Магистр».

Соискатель обучается в аспирантуре. Срок обучения в аспирантуре с 01.09.2018 года по 31.08.2022 г.

Диссертация выполнена на кафедре Автоматизированных электроэнергетических систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

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

Официальные оппоненты:

Илюшин Павел Владимирович, доктор технических наук, руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт энергетических исследований Российской академии наук»,

Кузнецов Олег Николаевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий научно-исследовательской лабораторией в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ",
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ), г.Екатеринбург в своем положительном отзыве, подписанном Паздериным Андреем Владимировичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой Автоматизированных электрических систем и утвержденном Германенко Александром Викторовичем, доктором физико-математических наук, проректором по науке, указала, что диссертация Е.С.Ивкина выполнена на высоком научном уровне, является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ по теме диссертации, из которых 3 опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ; 2 статьи проиндексированы в наукометрических базах данных Scopus / Web of Science. Получен 1 патент на изобретение РФ. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 55%. Общий объем научных изданий – 4.6. п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК

1. Режимы и автоматика Минигрид, работающих в составе распределительных электрических сетей ЕЭС / Фишов А.Г., Ивкин Е.С., Гилев О.В., Кокоша Ю.В // Релейная защита и автоматизация. – 2021. – №3. – С. 22-37;

2. Синхронизация Microgrid с внешней электрической сетью и между собой в нормальных и послеаварийных режимах при разных схемах объединения / Фишов А.Г., Гуломзоде А.Х., Ивкин Е.С., Семендяев Р.Ю // Релейная защита и автоматизация. – 2021. – №2. – С. 32-42;

3. Исследование влияния электронной генерации на статическую апериодическую устойчивость электроэнергетической системы / Фишов А.Г., Мурашкина И.С., Марченко А.И., Энхсайхан Э., Ивкин Е.С. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 2. С. 51-64.

Научные статьи в изданиях, индексируемых Scopus / Web of Science

4. The analysis of power system steady-state aperiodic stability with electronic generation / A. Fishov, I. Murashkina, A. Marchenko, E. Enkhsaikhan, E. Ivkin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2021. - Vol. 1019 :14 International Forum on Strategic Technology (IFOST 2019), Tomsk, 2019. - Art. 012003 (11 p.). - DOI: 10.1088/1757-899X/1019/1/012013;

5. Automation of unmanned low capacity power plant with synchronized generation / A. G. Fishov, A. I. Marchenko, I. S. Murashkina, E. Erdenebat, E. S. Ivkin [et al.] // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2018) = Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE–2018) : тр. 14 междунар. науч.-техн. конф., Новосибирск, 2–6 окт. 2018 г. : в 8 т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – Т. 1, ч. 5. – С. 108–114. - 45 экз. - ISBN (NSTU) 978-5-7782-3614-1.

Патент на изобретение РФ

6. Фишов А.Г., Семендяев Р.Ю., Ивкин Е.С. Способ управления составом и нагрузкой генераторов электростанции с собственными нагрузками, работающей изолированно и параллельно с приемной энергосистемой. Патент РФ № 2697510, 15.08.2019, Опубликовано: Бюллетень изобретений №23 от 15.08.2019.

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов, все отзывы положительные:

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, Воропай Н. И., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН. Вопросы: 1. О распространении понятия активно-адаптивной сети на распределительную электрическую сеть. 2. Об идентичности используемых сокращений ТЭС и мини-ТЭС. 3. Об идентичности употребляемых слов - оператор и человек. *Замечание:* О

необходимости четкого разграничения функций системной автоматики и оператора.

2. Национальный исследовательский «Томский политехнический университет», Гусев А. С., доктор технических наук, профессор, профессор Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики. *Замечания:* 1. Об отсутствии обоснования интеллектуальности локальной интеллектуальной энергосистемы. 2. О недостаточном описании информации, используемой в разработанной системной автоматике. 3. О наличии в тексте диссертации стилистических, синтаксических и орфографических ошибок.

3. Петербургский энергетический институт повышения квалификации Министерства энергетики РФ, Герасимов С. Е., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Диспетчерское управление электрическими станциями, сетями и системами». *Вопросы:* 1. О выполнимости в MiniGrid требований к качеству ЭЭ. 2. О работе MiniGrid и системной автоматики при наличии устройств FACTS. 3. О режиме работы нейтрали в MiniGrid.

4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта». Сальников В. Г., профессор кафедры электроэнергетических систем и электротехники. *Замечания:* 1. Об отсутствии ссылок на документацию МЭК 61850 в рамках развития цифровых подстанций при работе в режиме реального времени. 2. О неполной ясности реализации мультиагентности. *Вопрос:* 3. О проведении оценки экономической эффективности применения предлагаемых технических решений при серийном внедрении.

5. Белорусский национальный технический университет, Короткевич М. А., доктор технических наук, профессор, Профессор кафедры "Электрические системы". *Замечания:* 1. О не универсальности утверждения о снижении потерь при использовании распределенной генерации. 2. Об отсутствии единолично опубликованных автором работ.

6. Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения РАН, Чукреев Ю. Я., доктор технических наук, старший научный сотрудник, директор института. *Замечания:* 1. О недостаточности обоснования применения именно предлагаемой в работе автоматики. *Вопросы:* 2. О соотношении понятий Microgrid, Smart Grid, локальные интеллектуальные энергосистемы (MiniGrid). 3. О возможности

применения предлагаемых технических решений в локальных системах энергоснабжения, использующих в качестве источников малые ГЭС, ветровые, фотоэлектрические и иную прерывистую альтернативную генерация.

7. ТОО «Казахстанские атомные электрические станции», Карджаубаев Н. А., Кандидат технических наук, главный менеджер. *Вопросы:* 1. О принадлежности устройств автоматики как агентов мультиагентной системы управления. 2. О надежность совместного функционирования агентов в мультиагентной системе. 3. О последствиях выхода их строя отдельного агента. 4. Об использовании «теорий мультиагентного управления». *Замечания:* 1. О недостаточности внимания вопросу быстродействия предложенной системы управления.

8. Филиал АО «KEGOC» Национальный диспетчерский центр Системного оператора, Мукатов Б. Б., кандидат технических наук, главный диспетчер филиала. *Вопросы:* 1. О применяемых корректировках при исчерпании резервов мощности энергоблоков? 2. О необходимости САОН в MiniGrid и, при необходимости, о способах их сопряжения. 3. О блокировке пускового органа АОСД при обрыве цепей напряжения?

9. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», Кротков Е. А., кандидат технических наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой «Автоматизированные электроэнергетические системы». *Вопросы:* 1. О неясности выявления параметров срабатывания пусковым органом автоматики. *Замечания:* 2. Об отсутствии требований к минимальному собственному времени срабатывания выключателей РП, ЗРУ и ГРУ. 3. Об отсутствии в автореферате описания действий системной автоматики в режиме параллельной работы с внешней энергосистемой при недопустимом снижении или провале напряжения в сети 110 кВ.

10. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», Куликов А. Л., профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника». *Вопросы:* 1. Об уточнении функциональности автооператора. 2. Об определении коридора допустимых небалансов. 3. О выполнении исследований функциональной устойчивости разработанных алгоритмов в особых условиях.

11. Всероссийский электротехнический институт-филиал федерального государственного унитарного предприятия «Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина», Шульга Р. Н., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, отдел №315. Замечания: 1. Об отсутствии в автореферате упоминаний об альтернативных вариантах интеграции объектов с малой генерацией в электрические сети. 2. Замечание об отсутствии в автореферате предельных характеристик локальных систем энергоснабжения для их объединения синхронными связями.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем что, область научных интересов доктора технических наук, **Илюшина Павла Владимировича** связана с вопросами влияния распределенной генерации на электрическую сеть, планирования режимов работы электрических сетей с объектами малой генерации, режимного и противоаварийного управления энергорайонами с распределенной генерацией. Он имеет большое количество публикаций по близкой к диссертационной работе тематике, представленной к защите; сфера научных интересов и тематика исследований кандидата технических наук, доцента **Кузнецова Олега Николаевича** связана с распределенной генерацией возобновляемых источников энергии, а также заведыванием лабораторией с действующей физической моделью MiniGrid, реализованной на физической модели энергосистем НИУ «МЭИ», он также имеет значительное количество публикаций, близких по тематике представленной к защите диссертационной работе.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ) – один из крупнейших ВУЗов России, готовящих ученых и выпускающих специалистов в области электроэнергетики и электротехники. Кафедра «Автоматизированные электрические системы» активно занимается проблематикой по теме диссертационной работы Ивкина Е.С., а именно перспективными тенденциями развития распределительных сетей и распределенной генерацией, что подтверждается трудами ее ведущих ученых и специалистов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая по типу, независимая от внешней электрической сети системная автоматика MiniGrid, основанная на взаимодействии режимного, противоаварийного управления и автооперирования MiniGrid, обеспечивающая безопасность ее параллельной работы с внешней электрической сетью, высокую экономическую эффективность генерирующих установок и самовосстановление нормальных режимов после их нарушений.

предложена оригинальная научная гипотеза о предпочтительности априори подготовленных противоаварийных разделений объединения энергосистем малой и большой мощности перед управлением для сохранения устойчивости их параллельной работы.

доказана перспективность использования новых идей в теории и практике режимного и противоаварийного управления энергосистемами, основанных на использовании умных противоаварийных разделений объединенных энергосистем на части с последующим автоматическим восстановлением их целостности.

введены новые понятия – системная автоматика и системный автооператор локальных интеллектуальных энергосистем.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что защищаемые положения по управлению режимами локальных интеллектуальных энергосистем, методики проведения их испытаний расширяют представление об их технической и экономической эффективности, применимости полученных результатов.

применительно к проблематике диссертации результативно использованы экспериментальные методики на физических моделях локальных интеллектуальных энергосистем в НГТУ и НИУ МЭИ, а также на реальном объекте (MiniGrid жилмассива «Березовы», г.Новосибирска);

изложены идеи, положения, аргументы, элементы теории, определяющие целесообразность преобразования локальных систем энергоснабжения в локальные интеллектуальные энергосистемы (MiniGrid), интегрированные с внешней электрической сетью, доказательства их технической реализуемости и эффективности.

раскрыты существенные особенности реализации идеи интеллектуального сбалансированного отделения MiniGrid от внешней электрической сети, проблемы и противоречия при обеспечении соответствия существующим нормативным требованиям к подобным объектам при практическом использовании.

изучены связи, внутренние и внешние противоречия между подсистемами режимного, противоаварийного управления и автооперирования MiniGrid, интегрированными с внешней электрической сетью.

проведена модернизация существующих математических моделей и алгоритмов управления режимами MiniGrid, интегрированных с внешней электрической сетью.

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

разработана и внедрена технология управления режимами MiniGrid, интегрированных с внешней электрической сетью.

определены перспективы дальнейшего практического использования технологии управления режимами MiniGrid, интегрированных с внешней электрической сетью, методик и программ испытаний при вводе в работу объектов, использующих данную технологию.

созданы система практических рекомендаций и две экспериментальные установки по управлению режимами MiniGrid, интегрированных с внешней электрической сетью, используемые в целях исследования, обучения студентов и персонала соответствующих объектов, а также демонстрации возможностей технологии.

представлены предложения по дальнейшему развитию технологии управления режимами MiniGrid, интегрированных с внешней электрической сетью применительно к разным условиям создания таких объектов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные работы показали воспроизводимость результатов по автоматическому управлению режимами MiniGrid, интегрированных с внешней электрической сетью, в различных схемно-режимных условиях, в т.ч. при промышленном использовании системной автоматики на реальном объекте энергетики (MiniGrid жилмассива «Березовы», г.Новосибирска).

теория построена на известных фактах, в т. ч. для предельных случаев, согласуется с опубликованными теоретическими и экспериментальными данными по теме диссертации, в т.ч. по смежным отраслям, согласуется с опубликованными данными, как в зарубежных, так и в ведущих российских изданиях.

идея базируется на анализе проблем и опыта интеграции MiniGrid с внешними электрическими сетями, восстановления их нормальных режимов, обобщении передового опыта.

использованы данные, представленные в работах таких ученых, как: Н.И.Воропай, П.В. Илюшин, Jon Are Suul, H. Bevrani, S. Chowdhury, M.Dai, L. Soder, которые согласуются с полученными результатами.

установлены качественные совпадения авторских результатов с известными данными и результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

использованы современные методы и устройства сбора исходной информации, полученной в результате физического эксперимента, с использованием современного измерительного оборудования и обработки данных с помощью специализированного программного обеспечения;

Личный вклад соискателя состоит в постановке совместно с руководителем, но самостоятельном решении задач диссертации, разработке комплекса алгоритмов системной автоматики, их тестировании при имитационном и физическом моделировании режимов MiniGrid, проведении при содействии специалистов Испытательного центра устройств контроля и управления режимами ЭЭС при кафедре АЭЭС НГТУ испытаний прототипа автоматики на физической модели MiniGrid, а также в МЭИ, определяющем участии в испытаниях автоматики при вводе в эксплуатацию MiniGrid жилмассива «Березовое».

При подготовке основных публикаций по выполненной работе вклад соискателя в статьях, выполненных в соавторстве, составляет не менее 55%.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1) В диссертации отсутствует обоснование интеллектуальности MiniGrid. 2) MiniGrid подразумевают использование распределенной генерации ВИЭ с преобразователями, как будет работать системная автоматика с такими устройствами?

Соискатель Ивкин Ефим Сергеевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. В диссертации отсутствует специальный раздел, посвященный раскрытию интеллектуальности. Интеллектуальность заключается:

- В использовании в системе управления искусственного интеллекта экспертного типа, т.е. формализации знаний об управлении в виде алгоритмов с продукционной конструкцией «Если А, то В», вывода на знаниях в форме бесконечной цикличности их обработки.
- В реинжиниринге способов управления на основе организации взаимодействия режимного, противоаварийного управления с автооперированием.

- В решении задач управления на качественно ином уровне, недоступном для диспетчера в силу сложности и требуемого быстродействия.

2. Разработанная системная автоматика предназначена для MiniGrid на основе топливной и гибридной генерации, с долей стохастической генерации не более собственной нагрузки MiniGrid, характерных для основной территории России с суровыми климатическими условиями. Адаптация разработанной автоматики или разработка принципиально другой для MiniGrid на базе ВИЭ нуждается в дополнительных исследованиях и разработках, выходящих за рамки настоящей диссертации.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития автоматики электроэнергетических систем, и соответствует пп. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 27 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития энергетики страны присудить Ивкину Ефиму Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовали: за 14, против нет, недействительных бюллетеней 1.

Заместитель председателя диссертационного совета

Ю. В. Целебровский

Ученый секретарь диссертации



А. А. Осинцев

27 декабря 2021 г.