

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 №2

О присуждении Семендяеву Родиону Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** на тему «Разработка подсистемы восстановления нормального режима автоматики управления локальной системой энергоснабжения» по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы принята к защите 22 октября 2021 г., протокол № 9 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** Семендяев Родион Юрьевич, «5» января 1991 года рождения. В 2015 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет» по специальности 13.06.01 – Электро- и теплотехника с присуждением квалификации «Магистр». В 2019 году он завершил обучение в очной аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ. Срок обучения в аспирантуре с 01.09.2015 года по 31.08.2019 г.

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

Диссертация выполнена на кафедре Автоматизированных электроэнергетических систем Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

**Научный руководитель** д.т.н., профессор Фишов Александр Георгиевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра Автоматизированных электроэнергетических систем, профессор.

**Официальные оппоненты:**

**Федоров Владимир Кузьмич**, д.т.н., профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», кафедра Электроснабжение промышленных предприятий, профессор

**Самойленко Владислав Олегович**, к.т.н., Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Автоматизированные электрические системы», доцент

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (НИ ТПУ) г. Томск в своем положительном отзыве, подписанном профессором Василием Яковлевичем Ушаковым, д.т.н., профессором Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики НИ ТПУ, и профессором Александром Сергеевичем Гусевым, д.т.н., профессором Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики НИ ТПУ, и утвержденном Сухих Леонидом Григорьевичем, д.ф.-м.н., проректором по науке и трансферу технологий НИ ТПУ, указала, что диссертация Р.Ю. Семендяева 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 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, опубликовано 2 работы. Получен 1 патент РФ на изобретение. Недостоверные сведения об



опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 50%. Общий объём научных изданий – 3,1 п.л.

### **Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

*Научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК*

1. Семендяев Р. Ю. Восстановление нормального режима в системах энергоснабжения, работающих автономно или параллельно с региональными электрическими сетями [Электронный ресурс] / Р. Ю. Семендяев, А. Г. Фишов, Э. Эрдэнэбат // Новое в российской электроэнергетике: науч.-техн. электрон. журн. - 2018. – № 11. – С. 50–61

2. Синхронизация MicroGrid с внешней электрической сетью и между собой в нормальных и послеаварийных режимах / Гуломзоде А., Ивкин Е.С, Семендяев Р.Ю., Фишов А.Г.// Релейная защита и автоматизация: науч.-техн. журн. - 2021 – №2. – С.32–42

*Патент на изобретение Российской Федерации*

3. Ивкин Е.С., Семендяев Р.Ю., Фишов А.Г. Патент на изобретение №2697510 Способ управления составом и загрузкой генераторов электростанции с собственными нагрузками, работающей изолированно и параллельно с приемной энергосистемой. Патент РФ №2697510, Опубликовано: Бюллетень изобретений №22 от 15.08.2019

**На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов, все отзывы положительные:**

1. **Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук**, д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН Воропай Н.И.. *Вопросы:* 1) включается ли ветро генерация в состав электронной генерации? 2) Что подразумевается под «функционализацией» генераторов электростанции? 3) Автоматизировано ли использование маршрутных карт? 4) Откуда известно, что задачу восстановления нормального режима можно представить математической моделью на графе? *Замечание:* судя по автореферату, главы 2 и 3 диссертации слабо взаимосвязаны.

2. **Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения РАН»**, д.т.н., с.н.с., директор института Чукреев Ю.Я. *Вопросы:* 1) как при дефиците мощности исключено управление отключением нагрузки? 2) Что гарантирует полноту множество режимных состояний и траекторий перехода?

3. **Белорусский национальный технических университет**, профессор, д.т.н., профессор кафедры «Электрические системы» Короткевич М.А. *Замечание:* в автореферате не приведены затраты времени на операции при переходах?

4. **ТОО «Казахстанские атомные электрические станции»**, к.т.н., главный менеджер Карджаубаев Н.А.. *Вопросы:* 1) кем должны разрабатываться маршрутные карты состояний? 2) Критична ли скорость передачи данных при принятии решений? 3) Когда экономически целесообразно переходить к методам распределенного принятия решений? *Замечание:* не отражен учет снижения ресурса коммутационной аппаратуры.

5. **Филиал АО «КЕГОС» Национальный диспетчерский центр Системного оператора**, главный диспетчер, к.т.н. Мукатов Б.Б. *Вопросы:* 1) какова работа алгоритма восстановления в непредусмотренных ситуациях? 2) Корректируется ли маршрут восстановления на каждом шаге?

6. **ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева»**, профессор, д.т.н., профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение, и силовая электроника» Куликов А.Л. *Вопросы:* 1) как обеспечивается компромисс интересов собственника генерации и потребителей? 2) Учитывают ли эвристические алгоритмы все множество решений? 3) Какие требования предъявляются к информационному обмену? 4) Как влияет на управление потеря и запаздывание информации?

7. **ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**, д.т.н., заведующий кафедрой «Электроэнергетические системы и электротехника» Иванова Е.В. *Вопросы:* 1) что подразумевается под состояниями 1.1. – 5.4. на рисунках 2 и 3? 2) Почему система из состояния 1.1 не может перейти в состояние 2.4.?

8. **Всероссийский электротехнический институт – филиал ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина»**, в.н.с., к.т.н. Шульга Р.Н. *Замечания:* 1) следовало бы полнее рассмотреть ограничения по мощностям в структуре локальной системы энергоснабжения и примыкающих энергосистем. 2) Стоило бы рассмотреть возможности применения различных средств ограничения токов КЗ и устройств FACTS. *Вопрос:* предпочтительно ли использование тренажера диспетчера перед симулятором локальной системы энергоснабжения?

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем что, область научных интересов д.т.н., профессора**



**Федорова Владимира Кузьмича** связана вопросами влияния распределённой генерации на электрическую сеть, проектирования электротехнических систем с распределенной генерацией, хаотических режимов работы децентрализованных систем электроснабжения, он имеет большое количество публикаций по близкой к диссертационной работе тематике, представленной к защите; сфера научных интересов и тематика исследований к.т.н. **Самойленко Владислава Олеговича** связана с распределенной генерацией на основе возобновляемых источников энергии, надежностью объектов распределённой генерации, технических условий для технологического присоединения генерирующих объектов малой мощности к электрической сети, он также имеет значительное количество публикаций, близких по тематике представленной к защите диссертационной работе.

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (НИ ТПУ)** – один из крупнейших ВУЗов России, готовящий ученых и выпускающий специалистов в области электроэнергетики и электротехники. Инженерная школа энергетики, отделение электроэнергетики и электротехники активно занимаются исследованиями в области распределенной генерации, интеллектуальных энергетических систем, что подтверждается трудами ведущих ученых и специалистов отделения.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** новая научная идея восстановления нормальных режимов локальных систем энергоснабжения на основе собственной синхронной генерации, основанная на использовании маршрутных карт смены их состояний при выборе траекторий восстановления методами динамического программирования.

**предложены** оригинальные суждения о необходимости функциональной специализации энергоблоков многоагрегатной электростанции локальной системы энергоснабжения, интегрированной с внешней электрической сетью, позволяющей обеспечивать сбалансированность режима локальной системы энергоснабжения при ее спорадических противоаварийных отделениях от внешней энергосистемы.

**доказана** перспективность автоматического восстановления нормального режима и смены состояний локальных систем энергоснабжения, работающих как автономно, так и параллельно с внешней электрической сетью.

**введены** новые понятия – маршрутная карта смены состояний и ущербное состояние локальной системы энергоснабжения.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**  
**доказана** возможность автоматического управления восстановлением нормального состояния локальных систем энергоснабжения, использующих автономный и параллельный с внешней электрической сетью режимы.

**применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс существующих базовых методов исследования, в т.ч. численных и экспериментальных методов на специально созданных физических моделях локальных систем энергоснабжения (MiniGrid).

**изложены** аргументы необходимости и доказательства возможности применения автоматического восстановления нормальных режимов и управления сменой состояний локальных систем энергоснабжения, интегрированных с внешней электрической сетью.

**раскрыты** существенные аспекты процессов восстановления нормальных режимов и смены состояний локальных систем энергоснабжения, необходимые для учета при его автоматизации.

**изучены** связи процессов восстановления нормальных режимов и смены состояний локальной системы энергоснабжения с процессами регулирования нормальных режимов и противоаварийного управления.

**проведена модернизация** физической модели энергосистемы в НГТУ с созданием модели локальной системы энергоснабжения, интегрированной с внешней электрической сетью, обеспечившая получение новых результатов по теме диссертации.

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

**разработана и внедрена** физическая модель локальной системы энергоснабжения, интегрированной с внешней электрической сетью, с реализованной подсистемой автоматического восстановления нормального режима и смены состояний, используемая как средство исследования и обучения. Алгоритмы управления восстановлением нормального режима и смены состояний локальной системы энергоснабжения реализованы в промышленном программно-техническом комплексе управления режимами MiniGrid.

**определены** перспективы дальнейшего практического использования результатов диссертации в проектах создания новых и модернизации существующих локальных систем энергоснабжения для их интеграции с внешними электрическими сетями, задачи по развитию технологии для



локальных систем энергоснабжения с другими структурно-режимными свойствами.

**создана** система практических рекомендаций для реализации автоматического восстановления нормального режима на других объектах локальной системы энергоснабжения с использованием разработанного прототипа соответствующей подсистемы.

**представлены** рекомендации по дальнейшему совершенствованию автоматического восстановления нормальных режимов локальной системы энергоснабжения.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** показана воспроизводимость результатов по автоматическому восстановлению нормальных режимов локальной системы энергоснабжения и изменению их состояния в различных схемно-режимных условиях.

**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, как в зарубежных, так и в ведущих российских изданиях.

**идея базируется** на анализе проблем и опыта интеграции локальных систем энергоснабжения с внешними электрическими сетями, восстановления нормальных режимов локальных систем энергоснабжения, обобщении передового опыта.

**использованы** данные, представленные в работах таких ученых, как: Н.И. Воропай, П.В. Илюшин, Adibi, Jignesh M. Solanki, T. Nagata, которые не противоречат полученным результатам.

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

**использованы** современные методы и устройства сбора и обработки исходной информации, полученной в результате физических экспериментов, а также с помощью специализированного программного обеспечения.

**Личный вклад соискателя** состоит в постановке совместно с руководителем, но самостоятельном решении задач диссертации, разработке алгоритмов восстановления нормального режима, используемых в подсистеме восстановления нормального режима локальной системы энергоснабжения прототипа соответствующей автоматики, тестировании алгоритмов при имитационном и физическом моделировании режимов локальной системы энергоснабжения, проведении при содействии

специалистов Испытательного центра устройств контроля и управления режимами ЭЭС при кафедре АЭЭС НГТУ испытаний прототипа автоматики на физической модели локальной системы энергоснабжения, а также в МЭИ.

При подготовке основных публикаций по выполненной работе вклад соискателя в статьях, выполненных в соавторстве, составляет не менее 50%.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1) Нет формализации запретов параллельной работы локальной системы энергоснабжения с приемной энергосистемой 2) В разработанном методе динамического программирования с применением маршрутных карт, используются фиксированные значения балансов мощности, что свойственно топливной генерации. При наличии возобновляемых источников эти значения зависят от погоды и становятся неопределенными, соответственно метод и маршрутные карты неработоспособны. 3) Ключевыми ограничениями принципа оптимальности Беллмана является работа с системами, не содержащими звено обратной связи. В то же время, на практике это звено важно для ухода от воздействия неучтенных внешних факторов, которые могут приводить к «зависанию» системы в промежуточной точке маршрутной карты вследствие невозможности выполнения управляющих воздействий (прежде всего, из-за скрытых неисправностей). Во избежание подобных ситуаций, маршрутную карту следовало бы дополнить эмпирическими правилами, в ряде случаев разрешающими прохождение по резервным неоптимальным маршрутам

Соискатель Семендяев Родион Юрьевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

- 1) Запреты параллельной работы создаются оперативно-диспетчерским персоналом локальной системы энергоснабжения, сетевой компании и системного оператора в случае оперативной необходимости и отрабатываются автооператором с использованием маршрутных карт и метода оптимизации маршрута. Формализация определения оперативным персоналом запрета параллельной работы нецелесообразна ввиду невозможности учета всех определяющих его факторов и условий.
- 2) Особенности применения метода для стохастической генерации планируется исследовать в дальнейшей работе.
- 3) Маршрутная карта является сетью возможных траекторий, причем восстановление нормального режима возможно в двух противоположных направлениях: переход к параллельному режиму, переход к автономному режиму. Если, первоначально определенный маршрут, в каком то промежуточном состоянии, по каким либо причинам, становится



нереализуемым, то для этого состояния путем оптимизации определяется новый дальнейший маршрут, а при отсутствии такового осуществляется реверс направления. Таким образом, зависание возможно только при полной потере управляемости, но при этом предусмотрен переход в режим ручного управления оператором.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития автоматизации 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 Семендяеву Родиону Юрьевичу 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 диссертационного совета

А. А. Осинцев

27 декабря 2021 г.