

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.14, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17 марта 2025 г. № 2025-01/04

О присуждении Султонову Оламафрузу Олимовичу, гражданину Республики Таджикистан, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Симметрирование выходного напряжения малых ГЭС в автономном режиме» по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 24 декабря 2024 г. (протокол заседания № 2024-02/02) диссертационным советом 24.2.437.14, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр-т им. В.И. Ленина, 76; приказ о создании диссертационного совета – № 507/нк от 24.03.2023.

Соискатель Султонов Оламафруз Олимович, 16 декабря 1989 года рождения, в 2013 году окончил Институт энергетики Таджикистана, в 2021 году окончил очную аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)». С 01.09.2021 г. по 29.08.2024 г. был прикреплен для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук. В настоящее время не работает.

Диссертация выполнена на кафедре «Электропривод, мехатроника и электромеханика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Воронин Сергей Григорьевич, научный сотрудник управления научной и инновационной деятельности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. Саплин Леонид Алексеевич, доктор технических наук, профессор, научный сотрудник инновационного научно-исследовательского центра ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», г. Троицк;

2. Кашин Яков Михайлович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электротехники и электрических машин ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар,

– дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет», г. Ижевск, в своём положительном отзыве, подписанном к.т.н., доцентом, заведующим кафедрой электротехники электрооборудования и электроснабжения Пантелеевой Ларисой Анатольевной, к.т.н., доцентом кафедры электротехники электрооборудования и электроснабжения Широковой Татьяной Александровной и утверждённом д-р с.-х. наук, профессором, проректором по научной работе и стратегическому развитию Коконовым С.И., указала, что диссертационная работа Султонова Оламафруза Олимовича является законченным научным исследованием, в которой представлены результаты, обладающие научной новизной, теоретической и практической значимостью. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы». Диссертация соответствует всем требованиям,

предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842, в редакции от 25.01.2024), а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, опубликовано 3 работы (для спец. 2.4.2), 6 работ в изданиях, индексируемых базой Scopus и 2 патента.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. Воронин, С.Г., Автоматизированная мини-ГЭС как основа системы электроснабжения горных районов Таджикистана / Воронин С.Г., Давлатов А.М., **Султонов О.О.**, Косимов Б.И., Гулов Д.Ю. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2019. Т.19. №3. С. 100-107. (авторская доля: 3 стр.)

2. Воронин, С.Г. Мостовой инвертор как преобразователь напряжения для автономных трёхфазных сетей малой мощности / Воронин С.Г., **Султонов О.О.** // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 11. С. 408-416. (авторская доля: 10 стр.)

3. Воронин, С.Г. Симметрирование напряжений на выходе трёхфазного инвертора при несимметричной нагрузке / Воронин С.Г., **Султонов О.О.** // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2020. № 35. С. 71-86. (авторская доля: 6 стр.)

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», отзыв подписан к.т.н., доцентом, заведующим кафедрой электротехники электрооборудования и электроснабжения Пантелеевой Ларисой Анатольевной, к.т.н., доцентом кафедры электротехники электрооборудования и

электроснабжения Широбоковой Татьяной Александровной и утверждённом д-р с.-х. наук, профессором, проректором по научной работе и стратегическому развитию Коконовым С.И. Замечания: 1. Из текста диссертации трудно дать сравнительную экономическую оценку стоимости электроснабжения горных посёлков Таджикистана путём централизованного электроснабжения и путём строительства автономно автоматизированной МГЭС. Хотелось бы, чтобы автор дал такую оценку на конкретном примере. 2. В связи со ступенчатым характером выходного напряжения на выход полупроводникового преобразователя при питании от него электродвигателей в них могут возникнуть дополнительные потери. Проводил ли автор оценку таких потерь? 3. Автор в тексте диссертации не указал какую часть одного такта коммутации ключей составляет время установки до заданного уровня напряжения нулевой точки сети в процессе симметрирования. 4. Из текста диссертации непонятно возможно ли заземление общей точки нагрузки трёхфазной сети из соображений электробезопасности. 5. Может ли быть использован предложенный способ симметрирования напряжения на выходе автономного инвертора при синусоидальном фазном напряжении.

2. Официальный оппонент – ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», отзыв подписан научным сотрудником инновационного научно-исследовательского центра, доктором технических наук, профессором Саплиным Леонидом Алексеевичем. Замечания: 1. В диссертации показано, что полученные методы симметрирования предназначены для МГЭС, работающей обособленно в автономном режиме, при этом в сельской местности проблема несимметрии проявляется и для централизованных сетей. Кроме того, несколько МГЭС могут быть объединены в малую сеть. Можно ли применить предлагаемые методы симметрирования в этих ситуациях? 2. В предложенных моделях не показан генератор с возбуждением от постоянных магнитов. Изменяются ли по существу предлагаемые схмотехнические решения, если генератор, как структурную единицу, ввести в имитационную модель? 3. Может ли предлагаемый регулятор помимо симметрирования осуществлять аварийное отключение в нештатных режимах? 4. Предлагаемый регулятор предназначен для симметрирования выходного напряжения МГЭС при несимметричной нагрузке.

Есть ли ограничения по мощности для предлагаемых решений? 5. Как изменятся алгоритмы и схмотехнические решения, если выходное напряжение будет синусоидальным? 6. Как соотносятся габариты регулятора с габаритами генератора? Можно ли регулятор встроить в генератор, сделав энергетический блок компактным? 7. По мнению оппонента, к недостаткам диссертации следует отнести избыточность вводной части диссертации. Актуальность темы очевидна и не требует подробного обоснования. Эта избыточность привела к появлению пятой главы, что для кандидатских диссертаций подобного содержания является лишним.

3. Официальный оппонент – ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», отзыв подписан заведующим, кафедрой «Электротехники и электрических машин», кандидатом технических наук, доцентом Кашиным Яковом Михайловичем. Замечания: 1. Допустимо ли в предлагаемой схеме автономного электроснабжения населённых пунктов заземление общей точки сети и как это скажется на работе автономного инвертора. 2. Как осуществляется регулирование амплитуды выходного напряжения инвертора- непосредственно силовыми ключами или по шинам постоянного тока? 3. Какая практическая частота работы релейного регулятора ожидается в реальной системе электроснабжения? 4. Как скажется на работоспособности автономного инвертора с симметрированием выход из строя одного из силовых ключей инвертора или дополнительной стойки симметрирования? 5. Возможно ли использование предлагаемого принципа симметрирования при синусоидальном фазном напряжении. 6. К недостаткам работы, по мнению оппонента, следует отнести избыточную вводную часть с анализом существующих систем электроснабжения Таджикистана. Было бы полезней сравнить стоимость организации системы электроснабжения определённого пункта путём строительства к нему ЛЭП и строительства автономной МГЭС.

4. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», отзыв подписан заведующим кафедрой электротехники и электрооборудования предприятий доктором технических наук, доцентом Хакимьяновым М.И., доцентом той же кафедры, кандидатом технических наук, доцентом Хазиевой Р.Т. Замечания: 1. В заключении отмечается, что

разработанный принцип обеспечивает точность симметрирования в 1...2%. Однако из автореферата непонятно, сигналы с каких датчиков должны использоваться при управлении симметрированием, и каковы требования к их погрешностям? 2. В автореферате указано, что предложенная схема реализуется на российской элементной базе, однако в экспериментальной установке использованы зарубежные элементы: микроконтроллер фирмы STMicroelectronics и транзисторные полумосты фирмы SEMIKRON.

5. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», отзыв подписан заведующим кафедрой «Электротехнические комплексы автономных объектов и электрического транспорта» к.т.н., с.н.с. Румянцевым М.Ю., ученым секретарем той же кафедры, к.т.н., доцентом Останиным С.Ю. Замечания: 1. Автор рассматривает в качестве генератора вариант синхронной машины с возбуждением от постоянных магнитов, не проведя сравнительной оценки с другими вариантами. В частности, использовать коллекторный генератор постоянного тока с комбинированным возбуждением. Это позволит исключить преобразователь переменного тока в постоянное и уменьшит стоимость МГЭС. 2. Вообще в работе источник постоянного тока рассматривается как идеальный. При каких условиях это возможно?

6. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», отзыв подписан заведующим кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий», д-р. техн. наук, доцентом Зубковым Ю.В. Замечания: 1. Из реферата не ясно рассматривал ли автор особенности работы потребителей при ступенчатой форме напряжения, двигателей и как сказывается эта форма на работу двигателей, электронагревательных приборов, выпрямителей и др. 2. Можно ли использовать предлагаемый метод симметрирования в преобразователях с синусоидальной формой напряжения?

7. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», отзыв подписан доцентом кафедры «Электроснабжение и автоматизация технологических процессов», к.т.н., доцентом Ахметшиным А.Т. Замечания: 1. Хотелось бы увидеть более подробное исследование работы системы при предельной несимметрии нагрузки, когда одна или две фазы оказываются

полностью обесточены. 2. Из автореферата непонятно каким образом осуществляется стабилизация амплитуды напряжения на выходе МГЭС.

8. Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Душанбе (Республика Таджикистан), отзыв подписан заведующим кафедрой «Электроэнергетика» к.т.н., Назировым Х.Б. Замечания: 1. Проверка адекватности разработанной математической (рисунок 5, стр. 12) и имитационной (рисунок 6, стр. 14) модели в работе не приведены; 2. В работе отсутствует техническое сравнение предлагаемого автором устройства с ранее разработанным устройством симметрирования напряжения. 3. В работе выполнен гармонический анализ напряжения, только расчётным путем. По непонятной причине в работе оценка уровня высших гармоник тока и напряжения на имитационной и физической модели не выполнена; 4. В библиографическом списке диссертации приведены работы по оценке потерь электроэнергии (24, 173, 177), однако, в тексте диссертации отсутствуют эти ссылки.

9. Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, отзыв подписан доцентом кафедры «Электрические станции», к.т.н., доцентом Касобовым Л.С. Замечания: 1. Можно ли использовать предлагаемый метод симметрирования в преобразователях с синусоидальной формой напряжения. 2. Автор рассматривает в качестве генератора вариант синхронной машины с возбуждением от постоянных магнитов, не проведя сравнительной оценки с другими вариантами. В частности, использовать коллекторный генератор постоянного тока с комбинированным возбуждением. Это позволит исключить преобразователь переменного тока в постоянное и уменьшит стоимость МГЭС.

10. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», отзыв подписан профессором кафедры «Электротехнологии и электрооборудование», д-р. техн. наук, Петько В.Г. и преподавателем кафедры «Электротехнологии и электрооборудование» Самосюком В.В. Замечания: 1. В автореферате нет пояснения, что понимается под коэффициентами: температурным; конструктивно-технологических особенностей зданий; благосостояния потребителей; 2. На рисунке 3 подрисуночная подпись не соответствует содержанию; 3. Из автореферата нельзя поднять, насколько

процентов снижаются отклонения напряжения на зажимах непосредственно потребителей (особенно на конечных участках фидеров) при симметрированных напряжениях на выходных элементах ГЭС по сравнению с несимметрированными напряжениями. Как симметрирование сказывается на форме и распределении токов в самом генераторе и его коэффициенте полезного действия?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается публикациями авторов по заданной тематике. За последние 5 лет имеются публикации: д-ра техн. наук, профессора Саплина Л.А. – 4 публикации в изданиях из перечня ВАК; канд. техн. наук, доцента Кашина Я.М. – 8 публикаций в изданиях из перечня ВАК; ведущей организации – 8 публикаций в изданиях из перечня ВАК.

Сотрудниками ведущей организации являются ученые и специалисты, научная деятельность которых проходит в области электротехнических комплексов и систем: д-р техн. наук, профессор Кондратьева Н.П., к.т.н., доцент Большин Р.Г., к.т.н., доцент Мартынов К.В., к.т.н., доцент Пантелеева Л.А.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана математическая модель МГЭС с полупроводниковым преобразователем с нулевым проводом, которая позволяет исследовать и оптимизировать ее статические и динамические режимы в процессе проектирования;

предложено и обосновано, а также практически реализовано устройство потактового дискретного симметрирования напряжения на выходе трёхфазного полупроводникового преобразователя напряжения, отличающееся от имеющихся устройств аналогичного назначения возможности реализации с существенно меньшим объёмом аппаратуры и вычислительных процедур;

предложена и обоснована электрическая схема макета устройства симметрирования, пригодная для практической реализации на МГЭС, обеспечивающая сохранение работоспособности сети при обрыве одного или двух фазных проводов;

доказана эффективность использования принципа потактового симметрирования для решения задач обеспечения надёжности работы и качества

напряжения на выходе трёхфазных полупроводниковых преобразователей с дискретной коммутацией ключей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность использования дискретного релейного регулятора в составе устройства потактового симметрирования для решения задач повышения надёжности и обеспечения качества электроэнергии на выходе трёхфазного полупроводникового преобразователя напряжения;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы основные положения теоретической электротехники и силовой электроники, а также известные хорошо апробированные на практике методы физического и математического моделирования, выполненного в программном пакете MATLAB/Simulink, имитационного и компьютерного моделирования;

изложен принцип и методика расчёта релейного регулятора для устройства симметрирования на основе математического, имитационного и компьютерного моделирования;

раскрыты особенности физических процессов дискретного потактового симметрирования напряжения на входе трёхфазного мостового инвертора;

изучено влияние характера сетевой нагрузки при наличии её несимметрии на форму выходного напряжения трёхфазного преобразователя для случаев, когда устройство симметрирования работает и когда оно отсутствует.

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

разработаны и внедрены функциональная схема МГЭС и электрическая схему устройства симметрирования, которые планируется внедрить в электрическую сеть, использующую малую ГЭС, на предприятии Открытое акционерное общество «Барки Точик» республика Таджикистан, а также в разработках Южно- Уральского электромеханического завода, что подтверждается актами внедрения, кроме того, изложенные в диссертации методы симметрирования сети при несимметричной нагрузке предполагается внедрить в учебный процесс в Институте энергетики Таджикистан и Горно- металлургическом институте республики Таджикистан, что подтверждается справками о внедрении;

создана математическая, компьютерная и имитационная модели сети с полупроводниковым преобразователем напряжения, включающие устройство симметрирования с регулятором, позволяющие решать вопросы синтеза регулятора и поиска оптимального соотношения его параметров;

определены практические способы решения задач симметрирования напряжения сети при использовании дискретных преобразователей напряжения;

представленные в диссертации модели позволяют определять параметры регулятора устройства симметрирования на эскизном и техническом этапе проектирования с учётом конкретных или приближённых параметров сети и потребителей энергии.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с помощью сертифицированного оборудования и показана повторяемость результатов исследований в различных условиях;

теория построена на основе известных положений электротехники, хорошо проверяемых результатов вычислений токов и напряжений в электрической сети и согласуется с опубликованными данными, представленными в работах российских и зарубежных ученых;

использованы современные компьютерные программы математического моделирования;

установлено качественное и количественное совпадение результатов математического моделирования и экспериментальных испытаний электрической сети с устройством симметрирования.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке и обосновании задач исследования, обосновании структуры МГЭС, в которой электромеханический генератор обеспечивает производство энергии, а её качество обеспечивается электронным преобразователем, предложении отказаться от сложных и дорогих векторных преобразователей постоянного напряжения в трёхфазное переменное, а использовать простейшие дискретные преобразователи, осуществляя симметрирование выходного напряжения преобразователя с помощью

дополнительной стойки инвертора и релейного регулятора напряжения общей точки сети.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. О каких мощностях МГЭС идет речь в вашей диссертации?
2. Преимущество предлагаемого принципа и схемы устройства симметрирования по сравнению с известными схемами?
3. В чем заключается актуальность работы?

Соискатель Султонов О.О. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Предлагаемая схема МГЭС наиболее рациональна в применении для небольших труднодоступных горных поселений, на мой взгляд, это мощности порядка 100 кВт. Ограничения по мощности определяются ограничением токов силовых ключей инвертора. На основании этого речь может идти о мощности в пределах 500 кВт.

2. Преимущество предлагаемой схемы состоит в простоте алгоритмов симметрирования, не требующих использования сложных вычислительных процедур с двумя координатными преобразованиями и реализуемых на простейших отечественных восьмиразрядных процессорах. Кроме того, предлагаемая схема требует меньшего по сравнению с известными схемами количества датчиков напряжения и тока. Следовательно, в совокупности выигрывает по сравнению с ними в стоимости комплектующих изделий.

3. В настоящее время в Таджикистане ощущаются проблемы электроснабжения труднодоступных горных поселений, куда сложно протянуть стационарную ЛЭП. Одним из путей устранения этой проблемы является строительство и эксплуатация автономных МГЭС для каждого населённого пункта. Однако следует учитывать, что в сельских поселениях мы имеем однофазных потребителей энергии. Отсюда возникает большая вероятность существования несимметрии нагрузки МГЭС. В случае использования в таких электростанциях для получения трёхфазного переменного напряжения полупроводниковых преобразователей на первый план выдвигается задача симметрирования

напряжения на их выходе, один из путей решения которой и предлагается в данной работе.

На заседании 17 марта 2025 г. диссертационный совет принял решение:

за решение задачи повышения качества выходного напряжения МГЭС с полупроводниковым преобразователем путём теоретического обоснования и практической реализации дискретного потактового устройства симметрирования при несимметричной нагрузке присудить Султонову О.О. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 8 человек, из них 5 – докторов наук по научной специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы», участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали: за – 8, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Коржов Антон Вениаминович

Учёный секретарь
диссертационного совета

Григорьев Максим Анатольевич

17.03.2025 г.

