

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.140.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ
СООБЩЕНИЯ», ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29 ноября 2024 г. № 13

О присуждении Куповой Анастасии Викторовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Нечеткие алгоритмы управления компенсирующим устройством в системе электроснабжения металлургического предприятия» по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки) принята к защите 26.09.2024 (протокол заседания №12) диссертационным советом 99.2.140.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Ленина, д.27, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Федеральное агентство железнодорожного транспорта, 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, д. 47, №2292/нк от 12 декабря 2023 г.

Соискатель Купова Анастасия Викторовна, 31.01.1982 года рождения, в 2004 году окончила государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», в 2012 году окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», работает старшим преподавателем в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)».

Диссертация выполнена на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Соловьев Вячеслав Алексеевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок», профессор.

Официальные оппоненты:

1. Ким Константин Константинович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», кафедра «Электротехника и теплотехника», заведующий кафедрой;

2. Шалобанов Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет», высшая школа кибернетики и цифровых технологий, доцент;
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в своем положительном отзыве, подписанным Григорьевым Максимом Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Электропривод, мехатроника и электромеханика» и утвержденным Коржовым Антоном Вениаминовичем, доктором технических наук, доцентом, Первым проректором – проректором по научной работе, указала, что диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные решения составления алгоритмов нечеткой логики в системе управления компенсирующим устройством в системе электроснабжения металлургического предприятия. Работа соответствует требованиям п. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени, а ее автор Купова Анастасия Викторовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Соискатель по теме диссертации имеет 16 опубликованных работ, из них 8 работ опубликовано в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, а также 1 работу, проиндексированную в международных наукометрических базах Scopus и WoS. Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 5,68 п.л., авторских – 3,9 п.л.; публикаций в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ – 3,75 п.л., авторских – 2,5 п.л. Недостоверные сведения в опубликованных соискателем ученой степени работах отсутствуют.

Наиболее значимые работы:

1. Соловьев В.А. Моделирование статического тиристорного компенсатора в системе энергоснабжения дуговой сталеплавильной печи /

В.А. Соловьев, Н.Е. Дерюжкова, А.В. Купова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2014. Т. 14. №2. с. 23-28.

2. Дерюжкова Н.Е. Нечеткий логический регулятор статического компенсатора / Н.Е. Дерюжкова, А.В. Купова, В.А. Соловьев // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2017. Т. 1. № 4 (32). с. 11-18.

3. Купова А.В. Моделирование дуговой печи с управляемыми электродами в Matlab / А.В. Купова, Е.В. Лановенко, В.А. Соловьёв, А.С. Гудим // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2019. Т. 1. № 4 (40). с. 22-27.

4. Дерюжкова, Н.Е. Нечеткие алгоритмы управления статическим тиристорным компенсатором в системе электроснабжения с переменной нагрузкой / Н.Е. Дерюжкова, А.В. Купова, В.А. Соловьев // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – Т. 1. – № 1(41). – с. 51-58.

5. Купова А.В. Стабилизация напряжения статическим тиристорным компенсатором с нечетким регулятором в системе с переменной нагрузкой / А.В. Купова, В.А. Соловьев, А.В. Светлаков, В.А. Челухин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. - 2021. – № 7 (55). – с. 48-57.

6. Купова, А. В. Моделирование переменных параметров работы дуговой сталеплавильной печи / А. В. Купова, Е. В. Лановенко // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2022. – № 9. – с. 71-79. – DOI 10.32603/2071-8985-2022-15-9-71-79.

7. Купова А.В. Программная реализация нечеткого регулятора компенсирующего устройства на языке функциональных блоков / А.В. Купова, А.В. Купов, В.А. Соловьев // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2024. № 5(77). – с. 36 – 44.

8. Купова А.В. Эффективность применения нечетких алгоритмов в системе управления компенсирующим устройством / А.В. Купова, А.В. Купов, В.А. Соловьев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 8. – с. 594 – 600.

9. Deryuzhkova N.E., Solovyev V.A., Kupova A.V. Intelligent Control System for Static Var Compensator of Arc Furnace // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). - Russia, Vladivostok (Asian-Pacific region), October 1 – 4, 2019. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934436.

10. Соловьев В.А., Купов А.В., Купова А.В. Бардеева Л.С. Моделирование системы энергоснабжения «ГПП – дуговая печь» со статическим компенсатором / Международный симпозиум «Образование, наука и производство: проблемы, достижения и перспективы»: материалы международной научно-технической конференции «Электротехнические комплексы и системы» (Комсомольск-на-Амуре, 21- 22 октября 2010 г.): В 5т. Т.3 С. 103-106.

11. Соловьев В.А., Купова А.В. Исследование влияния параметров дуги ДСП на качество питающего напряжения / Электромеханические преобразователи энергии. Материалы V юбилейной международной научно-технической конференции, посвященной памяти Г.А. Сипайлова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – С. 112 - 115.

12. Купова А.В. «Fuzzy-регулятор компенсатора реактивной мощности» 70-я Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава университета: сборник докл. студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017- с. 167-170.

13. Купова А.В., Купов А.В. Параметры регулятора при управлении статическим тиристорным компенсатором в системе энергоснабжения дуговой печи / В сборнике: Электротехнические комплексы и системы. Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х томах. г. Уфа, 19 октября 2017. С. 20-24.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Отзыв положительный, подписан Григорьевым Максимом Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Электропривод, мехатроника и электромеханика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)». и утвержден Коржовым Антоном Вениаминовичем, доктором технических наук, доцентом, Первым проректором – проректором по научной работе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Замечания: 1. В январе 2024 года вступил в действие Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 28.08.2023 № 690 «Об утверждении требований к качеству электрической энергии, в том числе распределению обязанностей по его обеспечению между субъектами электроэнергетики и потребителями электрической энергии». Однако в диссертационной работе нет сведений об этом документе. 2. В тексте диссертационной работы говорится о возможности переключения ступеней печного трансформатора и реактора, однако не показана реализация этого принципа. 3. В диссертационной работе не отражена степень влияния параметров печного трансформатора и реактора на систему электроснабжения дуговой печи. Приводится лишь качественная оценка, что изменения параметров указанных устройств оказывает меньшее влияние, чем изменения параметров дуговой печи. 4. В тексте диссертационной работы пропущена строка, являющаяся заголовком «Практическая и теоретическая значимость работы». Аргументы, подтверждающие значимость работы, присутствуют. В автореферате этот раздел оформлен корректно.

2. Отзыв официального оппонента – доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электротехника и теплотехника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I» Кима Константина Константиновича.

Замечания: 1. При всем многообразии показателей качества в работе основное внимание уделяется отклонениям и колебаниям напряжения. 2. Как учитывалась зависимость сопротивления дуги от температуры, от расстояния между электродом, который перемещается по вертикали во время плавки, и шихтой? Каково влияние образующихся колодцев в шихте? Будут ли заметно влиять электродинамические силы между дугами на их сопротивления? 3. Согласно теореме замещения автор напряжение на переменной составляющей сопротивления дуги заменяет на эквивалентный источник напряжения, управляемый напряжением, а почему не током? 4. Не комментируется характер зависимостей (с позиции физики явлений), полученных в результате моделирования дуговой печи. Например, временные зависимости напряжения, тока и коэффициента мощности, приведенные на рис. 2.13, 2.14, 2.28, 2.34 и т.д. 5. Интересно, как будут изменяться параметры системы на шинах печи при ее несимметричном режиме работы? 6. Не будут ли высшие гармоники, сопровождающие работу полупроводникового регулятора, являться источниками емкостных токов? 7. Учитывая нелинейный характер системы, непонятна целесообразность проведения исследования варианта с ПИ регулятором, который использует линейную зависимость выходных от входных переменных управления. 8. Правомерно ли распространять выводы экспериментальных исследований, полученных на небольшом имитационном лабораторном макете на случай реальной дуговой печи? Находились ли критерии подобия? 9. Не приведено обоснование имитации дуговой печи коллекторной машиной в лабораторном макете. 10. Почему приоритет отдается алгоритму Мамдани над Сугено, хотя известно, что Сугено обладает большей гибкостью при проектировании систем; в равных условиях, в большинстве случаев, погрешность аппроксимации с применением Сугено несколько меньше, чем с применением Мамдани; Сугено с вычислительной точки зрения реализуется значительно проще, чем алгоритм Мамдани (время счета у Сугено более чем на порядок меньше, чем у Мамдани). Вероятно, этот выбор сделан для случая резкопеременной нагрузки? 11. В работе не исследован вопрос устойчивости работы регулятора, например, методом Ляпунова. 12. Диссертация в

определенной степени перегружена графическим материалом. Возможно, информацию ряда графиков можно было бы дать в виде текстовой интерпретации. 13. О некоторых незначительных отступлениях от ГОСТ при изображении элементов электрических цепей и обозначениях размерностей автор был проинформирован в личной беседе.

3. Отзыв официального оппонента – кандидата технических наук, доцента, доцента высшей школы кибернетики и цифровых технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный университет» Шалобанова Сергея Сергеевича.

Замечания: 1. Формулировка личного вклада автора не позволяет оценить вклад автора в совместные публикации. 2. В Заключение диссертации заявлено, что одним из способов повышения скорости реакции является оптимизация алгоритмов работы системы управления компенсирующего устройства, в том числе с применением средств искусственного интеллекта. Однако нигде в тексте диссертации не удалось найти упоминание о применении средств искусственного интеллекта. 3. В начале диссертации дается список сокращений и условных обозначений, который не является полным. Отсутствует, например, расшифровка сокращений термина Реактивной Мощности (РМ), 125 стр. и ЭЭ на 132 странице. 4. Отсутствует анализ работы ПИД-регулятора в системе управления статическим тиристорным компенсатором. Дифференциальная составляющая позволяет повысить отзывчивость и быстродействие регулятора. 5. Описание входных и выходных переменных нечеткого регулятора выполняется только с помощью треугольных функций принадлежности. В тексте диссертационной работы отсутствует обоснование выбора вида функций и не рассмотрены другие возможные формы. 6. Не понятно как стабилизация напряжения повлияет на фликер.

Отзывы на автореферат (все положительные):

1. Отзыв Коровкина Николая Владимировича, доктора технических наук, профессора, профессора высшей школы Высоковольтной энергетики Института Энергетики Федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Замечания: 1. В диссертационной работе не рассмотрен вопрос компенсации гармонических составляющих и несимметрии системы. 2. Не поясняется почему в качестве аналога ПИ-регулятора рассматривается именно нечеткий регулятора, а не другие виды интеллектуальных систем.

2. Отзыв Феофилова Сергея Владимировича, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Системы автоматического управления» Института высокоточных систем им. В.П. Грязева федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет».

Замечания: 1. На рис. 6 и 7 показаны функции принадлежности входных и выходной лингвистических переменных. Однако нет обоснования выбранных диапазонов и формы функций. 2. На рис. 11 приводятся графики, показывающие влияние упреждающего сигнала на работу нечеткого регулятора по стабилизации уровня напряжения, но не показано каким режимам эти графики соответствуют.

3. Отзыв Зверовщикова Александра Евгеньевича доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения», Истоминой Юлии Валериевны, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет».

Замечания: 1. Исходя из каких условий выбирались значения входных параметров R_d и X_L при проведении имитационного моделирования? 2. По каким показателям осуществлялась оценка эффективности работы системы управления компенсирующим устройством в СЭС?

4. Отзыв Бершадского Ильи Адольфовича, доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий и городов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет».

Замечания: 1. Исходя из предложенного способа нечеткого регулирования, объектом исследований являются статические компенсирующие устройства прямой компенсации, осуществляющие ступенчатое регулирование реактивной мощности с помощью включения и отключения батарей конденсаторов. В то же время на рис. 1 автореферата, показаны управляемые тиристорно-реакторные группы, которые относят к устройства косвенной компенсации с плавно регулируемым индуктивным элементом. Как это повлияло на эффективность способа регулирования? 2. На с. 13 сказано о преимуществах нечеткого вывода по Мамдани, по сравнению с нечетким выводом по Сугено, однако поясняющие кривые (рис. 8) не показывают существенной разницы в динамике напряжения. Из чего следует данный вывод? 3. Как влияет разработанный метод регулирования на уменьшение дозы фликера, о превышении норм которой в действующих электроустановках указано в выводе. 4. Имеются недостатки в формулировках научно-методического характера, неточности, например, на с. 17 говорится о конденсаторах ступеней регулирования и здесь же показано, что объект регулирования – дроссель; не совсем ясно в 4 гл. как подбиралось оптимальное быстродействие ступеней регулирования, нужна ли настройка в каждом конкретном случае или есть общая методика; цель исследования не имеет прямой связи с названием работы, в которой есть термин «нечеткое управление», из-за чего неясно направление работы.

5. Отзыв Марченко Нины Михайловны, кандидата технических наук, доцента, доцента Департамента энергетических систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет».

Замечания: 1. На страницах 3 и 4 указывается, что показатели качества нормируются, но ссылка на государственный стандарт имеет неполные библиографические данные. Указаны индекс, регистрационный номер и год утверждения, отсутствует наименование стандарта. 2. На странице 9 указаны наборы значений активного и индуктивного сопротивлений электрической дуги, ступени трансформатора и реактора для выполнения исследований. Однако отсутствуют пояснения по каким критериям осуществлялся выбор данных. 3. В

автореферате не отражены критерии выбора функций принадлежностей входных и выходной лингвистических переменных.

6. Отзыв Кладиева Сергея Николаевича, кандидата технических наук, доцента, доцента Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Замечания: 1. В тексте автореферата недостаточно подробно описано содержание первой главы. По приведенному описанию не понятно какие именно показатели качества анализировались. 2. Не рассмотрен вопрос компенсации несимметричной нагрузки в системе электроснабжения.

7. Отзыв Константинова Константина Витальевича, кандидата технических наук, доцента, заместителя директора по инновационным проектам общества с ограниченной ответственностью «Русское электротехническое общество».

Замечания: 1. Из автореферата не ясно каким методом производится моделирование импеданса электродуговых процессов в зоне отрицательного наклона вольт-амперной характеристики. 2. В работе не указано, какой параметр понимается под измеренных на линии 35 кВ напряжением V_{meas} , каким методом и за какой период производится измерение данного параметра при выполнении математического моделирования и при натурных испытаниях.

8. Отзыв Тугова Виталия Валерьевича, доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой вычислительной техники и защиты информации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Замечания: 1. Не описан и не раскрыты особенности подхода, на основании которого выполнен структурный синтез нечеткой системы управления; 2. В цели работы говорится о разработке методов, но в тексте автореферата они не представлены; 3. Из содержания автореферата не ясно на основании чего были выбраны конкретные точки для параметров R_d и X_L из возможных диапазонов значений; 4. В автореферате на стр. 10 рис. 5 представлена «блок-схема», но согласно действующему ГОСТу 19.701 – 90, термин «блок-схема» не

используется, правильный термин «схема». Также у представленного алгоритма нет начала, конца, элементов сравнения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью официальных оппонентов в соответствующей отрасли науки, наличием у них публикаций по теме диссертационной работы и сферы исследования, наличием их согласия; широкой известностью ведущей организации своими достижениями в соответствующей отрасли науки и способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы, наличием ее согласия.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработан** новый научный подход к структурному синтезу нечеткой системы для управления компенсирующим устройством в системе электроснабжения с резкопеременной нагрузкой, позволяющий снизить влияние нагрузки на питающую сеть.
- **предложены** алгоритмы нечеткого управления компенсирующим устройством, обеспечивающие улучшение показателей качества электроэнергии в системе электроснабжения с резкопеременной нагрузкой.
- **доказана** перспективность применения аппарата нечеткой логики в системе управления компенсирующим устройством для стабилизации уровня напряжения в точке подключения компенсатора.
- **введено** понятие нечеткого регулятора с дополнительным информационным каналом, позволяющим учесть технологические режимы работы искажающего электроприемника.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** эффективность разработанного автором подхода для формирования нечетких алгоритмов управления компенсирующим устройством по стабилизации напряжения в системе с резкопеременной нагрузкой, позволяющего повысить качество его работы;

- **изложены** условия, на основании которых формируется структура нечеткого регулятора для компенсации влияния искажающего приемника на электрические сети.
- **раскрыты** противоречия параметрического синтеза классического регулятора для компенсации резкопеременной нагрузки, выявлена необходимость совершенствования алгоритмов управления компенсатором;
- **изучены** связи элементов системы электроснабжения, показывающие влияние режимов работы дуговой сталеплавильной печи на параметры системы электроснабжения и влияние параметров системы на распределение функций принадлежности нечеткого регулятора;
- **проведена** модернизация модели системы электроснабжения дуговой сталеплавильной печи, позволяющая учесть влияние элементов на изменение параметров системы и совершенствование алгоритмов работы компенсирующего устройства, позволяющая повысить качество его работы.

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

- **разработаны и внедрены** в учебный процесс методики формирования алгоритмов нечеткого управления компенсатором в системе электроснабжения с переменной нагрузкой, принцип реализации нечеткого регулятора на программируемом реле с ограниченным функционалом, приняты к использованию теоретические и практические данные для алгоритмического и программного обеспечения интеллектуальной системы управления статическим тиристорным компенсатором, что подтверждается актами о внедрении в ФГАОУ ВО СПбГЭТУ «ЛЭТИ» от 22.09.2022, в ФГБОУ ВО КнАГУ от 17.11.2022, и ООО «Амурсталь» от 21.11.2022;
- **определены** перспективы практического применения принципов структурного и параметрического синтеза нечеткого регулятора для компенсации влияния резкопеременной нагрузки на параметры системы электроснабжения;
- **создана** система методических рекомендаций по структурному и параметрическому синтезу нечеткого регулятора компенсирующего устройства;

- **представлены** рекомендации для реализации нечеткого регулятора на базе программируемого логического контроллера, в том числе программируемом реле.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **для экспериментальных работ** показана воспроизводимость результатов имитационного моделирования нечеткой системы управления компенсатором на макете системы электроснабжения с компенсирующим устройством;

- **теория** построена на известных фактах и положениях базовых теории электрических цепей, теории электромагнитных процессов, теории нечетких множеств и современных принципах теории автоматического регулирования техническими устройствами, учитывающими их включение в технологические процессы предприятия, а также согласуется с опубликованными данными по теме диссертации;

- **идея базируется** на анализе обобщения практического опыта отечественных и зарубежных ученых в области составления нечетких алгоритмов управления техническими устройствами, обеспечивающих требуемые показатели качества;

- **использованы** результаты, представленные в публикациях в открытых источниках, для сравнения с результатами авторских исследований.

- **установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в открытых источниках по данной тематике;

- **использованы** современные методы проведения имитационного и натурного моделирования, применяются стандартные методики сбора и обработки исходной информации с обоснованием выбранных объектов наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в:

обработке и интерпретации исходных данных, полученных непосредственно на металлургическом предприятии и в результате выполнения замеров на линии 220 кВ, к которой подключено рассматриваемое предприятие;

анализе способов моделирования электрической дуги и рассмотрение целесообразности применения этих способов при составлении имитационной модели;

разработке имитационной модели системы электроснабжения металлургического предприятия, в которой учтены параметры

системообразующих элементов и особенности искажающего электроприемника и компенсирующего устройства;

исследовании влияния переменной нагрузки на питающие сети в системе электроснабжения без компенсирующего устройства;

определении параметров классического регулятора и оценке эффективности его применения для управления компенсатором в системе электроснабжения металлургического предприятия;

разработке структуры нечеткой системы управления статическим тиристорным компенсатором, установленным в системе электроснабжения с резкопеременной нагрузкой;

предложении использовать в нечеткой системе управления компенсирующим устройством информационный сигнал, позволяющий учесть технологические режимы работы искажающего электроприемника.

разработке принципа реализации нечеткой системы управления на базе программируемых логических контроллеров с ограниченным функционалом;

апробации результатов исследования и подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания, касающиеся оценки эффективности алгоритмов работы статического тиристорного компенсатора, целесообразности применения нечеткой логики для управления компенсатором, параметров рассматриваемой системы электроснабжения.

Соискатель Купова А.В. обстоятельно ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, касающуюся обоснования применения нечетких алгоритмов для управления статическим тиристорным компенсатором в системе электроснабжения с резкопеременной нагрузкой. Обстоятельно и аргументировано привела обоснование целесообразности использования нечеткого подхода для управления компенсатором, обеспечивающего стабилизацию базовых параметров системы электроснабжения металлургического предприятия с резкопеременной нагрузкой.

На заседании 29 ноября 2024 года диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей перспективное значение в развитии управления компенсирующими устройствами в системах электроснабжения с резкопеременными нагрузками, принял решение присудить Куповой А.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук (по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней —.

Председательствующий,
заместитель председателя

Диссертационного совета 99.2.140.02

Чье Ен Ун

Ученый секретарь

Диссертационного совета 99.2.140.02



Гудим Александр Сергеевич

29 ноября 2024 г.