

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Куповой Анастасии Викторовны «Нечеткие алгоритмы управления компенсирующим устройством в системе электроснабжения металлургического предприятия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

Актуальность темы исследований

В настоящее время широкое распространение получают методы управления, основанные на мягких вычислениях, и, в частности, методы, реализующие нечеткую логику. Нечеткие принципы регулирования, при сравнении с традиционными методами, позволяют получить наиболее продуктивное управление техническими устройствами, работающими в условиях неопределенности. При этом не требуется увеличение затрат временных и вычислительных ресурсов.

В технологических процессах металлургических предприятий задействованы энергоемкие электроприемники с нелинейными характеристиками, имеющие резкопеременный или ударный характер нагрузки. Такие электроприемники существенно влияют на качество электроэнергии в точке подключения и через линии электропередачи объединенных энергосистем на других потребителей. Поэтому целесообразно и актуально рассмотреть вопросы повышения эффективности работы компенсирующего устройства, позволяющего снизить это влияние.

Диссертационная работа Куповой А.В. посвящена решению проблемы повышения качества стабилизации напряжения применением нечетких алгоритмов в системе управления статическими тиристорным компенсатором, установленным в системе электроснабжения дуговой сталеплавильной печи на металлургическом предприятии. С учетом вышесказанного выбранная тема исследований актуальна.

Научная новизна и практическая ценность результатов диссертационного исследования

Имитационная модель системы электроснабжения металлургического предприятия позволяет наиболее полно учесть нелинейные параметры системообразующих элементов и оценить влияние искажающего электроприемника на питающую сеть.

Разработанный соискателем подход к формированию структуры нечеткого регулятора в системе управления статическим тиристорным компенсатором обеспечивает снижение влияния переменной нагрузки на сети и позволяет повысить качество электроэнергии. Соискателем предложено повысить эффективность работы компенсирующего устройства с помощью дополнительного информационного канала в системе управления, позволяющего учесть режимы работы печи. Рассмотрена практическая реализация нечеткого регулятора на базе программируемого реле отечественного производства.

Полученные в диссертационной работе результаты обладают научной новизной и практической ценностью, что подтверждается актами внедрения: в учебный процесс федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» и федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»; к использованию в обществе с ограниченной ответственностью «Амурсталь».

Структура, содержание и объем диссертационной работы

Текст диссертационной работы изложен на 165 страницах и состоит из следующих разделов: введение, четыре главы, заключение, список литературы и два приложения. Список литературы оформлен в соответствии с действующим стандартом. Количество источников в списке составляет 118 наименований, что свидетельствует о проведенном всестороннем качественном анализе рассматриваемой научной проблемы. По тексту работы указаны ссылки на перечисленные первоисточники.

Введение содержит описание актуальности выполняемых исследований, поставленных целей и решаемых задач, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, соответствие паспорту специальности.

Первая глава. В процессе постановки проблемы влияния металлургических предприятий на качество электроэнергии и путей ее решения:

- Рассматривается влияние качества электроэнергии на режимы работы и сроки службы электрооборудования, качество технологических процессов промышленных предприятий. Отмечено, что даже при соблюдении нормативных значений показателей качества, наблюдаются негативные эффекты.

- Показано, что наибольшее влияние на электрические сети и других потребителей оказывают такие электроустановки, как дуговые сталеплавильные печи и прокатные станы, применяемые в металлургической отрасли.

- Рассматривается опыт применения статических тиристорных компенсаторов на предприятиях металлургической промышленности. Показаны преимущества использования такого типа компенсатора и его недостатки.

- Рассматриваются подходы к решению проблемы повышения качества электроэнергии на металлургических предприятиях: оптимизация режимов работы электроприемников, схемотехническая модернизация устройств и оптимизация алгоритмов работы системы управления компенсирующим устройством. Показана актуальность применения новых алгоритмов при управлении компенсирующим устройством для повышения быстродействия и устойчивости системы управления.

Вторая глава. Оценивается эффективность применения статических тиристорных компенсаторов в системе электроснабжения металлургического предприятия с дуговой сталеплавильной печью.

Разработана имитационная модель системы электроснабжения металлургического предприятия с дуговой сталеплавильной печью и статическим тиристорным компенсатором. В модели питание системы энергоснабжения осуществляется от трехфазного источника напряжения 220 кВ, присутствует блок, учитывающий параметры электрической сети. Далее сетевой трансформатор понижает

напряжение с 220 кВ до 35 кВ. Дуговая сталеплавильная печь подключается к питанию через реактор и печной трансформатор с переключающимися обмотками. В модели с помощью блока взаимной индуктивности учтено влияние токоподводов печи. Статический тиристорный компенсатор подключается на линии 35 кВ. Для моделирования дуговой печи выполнен обширный анализ научных работ, посвященных описанию процессов, протекающих в печи. Выбрана модель печи на основе переключающихся активно-индуктивных сопротивлений.

На имитационной модели системы электроснабжения оценивается влияние нагрузки на параметры системы электроснабжения в точке подключения печи и на линии 35 кВ.

Управление статическим тиристорным компенсатором осуществляется с помощью ПИ-регулятора, на вход которого поступает сигнал разности заданного и измеренного напряжения, на выходе определяется необходимая для компенсации проводимость. Параметры ПИ-регулятора определяются численными методами. По результатам исследований подтверждена необходимость оптимизации алгоритмов управления компенсирующим устройством.

Третья глава. Выполняется синтез нечеткой системы управления статическим тиристорным компенсатором. Рассмотрен нечеткий регулятор с двумя входными переменными: ошибка по напряжению и производная ошибки. Выявлено, что данных сигналов недостаточно для стабильной работы компенсатора и требуется учесть входную переменную, показывающую состояние самого компенсатора. Отражено, что в этом случае повышается качество регулирования и нечеткий регулятор успешно справляется с компенсацией резкопеременной нагрузки. Рассмотрено применение регуляторов с выводом по Мамдани и Сугено. Нечеткий алгоритм дополняется блоком коррекции сигнала производной ошибки, позволяющим предусмотреть ожидаемые переключения нагрузки.

Четвертая глава. Показано практическое применение нечеткой логики в системе управления компенсирующим устройством. Реализация нечеткого регулятора осуществлялась на программируемом реле, компоненты регулятора собраны из блоков математических и логических операций. В тексте описаны отладка

и проверка работоспособности программы в контроллере. Выполнено исследование работы регулятора на макете с нагрузкой.

Заключение содержит выводы и рекомендации, соответствующие поставленным целям и задачами и составленные соискателем на основании выполненных исследований.

Содержание автореферата соответствует тексту диссертации. В автореферате приводится краткое описание наиболее значимых результатов, полученных в диссертации, основные выводы по работе и список публикаций.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

Исследования соискателя сопровождаются корректным использованием математического аппарата для описания электромагнитных процессов в системах электроснабжения и применения методов теории электрических цепей, для синтеза нечеткого регулятора и составления функций для его практической реализации. Адекватность модели подтверждается сопоставлением результатов численного и натурного эксперимента. Таким образом можно говорить об обоснованности и достоверности результатов, полученных соискателем и представленных в тексте диссертационной работы.

Апробация результатов и публикаций

Результаты диссертационной работы опубликованы в 8 научных изданиях из перечня ВАК, докладывались и обсуждались на 8 научно-практических и научно-технических конференциях международного и регионального уровня с публикацией докладов в сборниках научных трудов конференций.

Замечания по диссертационной работе

1. Формулировка личного вклада автора не позволяет оценить вклад автора в совместные публикации.

2. В ЗаклЮчении 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 даётся 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.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Соответствие диссертации требованиям «Положения о присуждении ученых степеней»

Представленная диссертация выполнена в соответствии со стандартом по оформлению кандидатской диссертации и автореферата, а также нормативами, установленными ВАК РФ. Структура текста диссертации соответствует научным работам. Работа целостна и содержит новые научные результаты и положения, что подтверждает вклад автора диссертации в выбранное научное направление. Основные научные результаты диссертации достаточно полно и подробно отражены в рецензируемых научных изданиях, что соответствует требованиям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Заключение

Диссертационная работа Куповой Анастасии Викторовны является полноценной научно-квалификационной работой содержит новые научные знания, является практически полезной и решает актуальные задачи, связанные с совершенствованием автоматизированных процессов стабилизации напряжения в системах электроснабжения с резкопеременной нагрузкой, повышением показателей каче-

ства электроэнергии до стандартных значений, разработкой подходов к синтезу нечетких алгоритмов управления и нечетких регуляторов, направленных на улучшение качества регулирования в электротехнических установках и линиях электроснабжения.

Диссертационная работа «Нечеткие алгоритмы управления компенсирующим устройством в системе электроснабжения металлургического предприятия» отвечает требованиям пунктов 9 – 14 действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в ред. от 26.01.2023 №101), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Я, Шалобанов Сергей Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

кандидат технических наук, доцент,
доцент высшей школы кибернетики и цифровых технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный университет»

06.11.2024

Сергей Сергеевич Шалобанов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет»

Почтовый адрес: 680035, Россия, г. Хабаровск, Тихоокеанская, 136

Телефон: +7(914)406-34-87

Электронная почта: 006673@pnu.edu.ru

Сайт: pnu.edu.ru

Подпись *Шалобанов С.С.*
Заверяю специалист по персоналу отдела кадров

М.М. М. М.
06.11.2024г.