

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

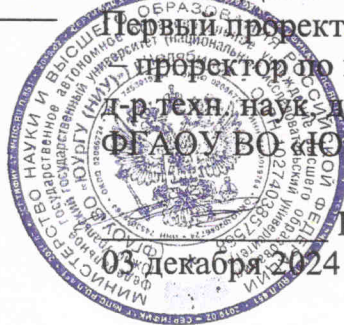
ЮУрГУ

Проспект Ленина, 76, Челябинск, Россия 454080, тел./факс (351)267-99-00, e-mail: info@susu.ru, www.susu.ru
ОКПО 02066724, ОГРН 1027403857568, ИНН/КПП 7453019764/745301001

№ _____

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор
проректор по научной работе,
д-р техн. наук, доцент
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»



Коржов Антон Вениаминович
03 декабря 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

на диссертационную работу Денисевича Александра Сергеевича

«Повышение устойчивости электроприводов прокатного стана при параллельной работе с дуговой сталеплавильной печью», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. – “Электротехнические комплексы и системы”

Актуальность работы

В современных электротехнических комплексах металлургических предприятий России и зарубежных стран большое распространение получили регулируемые электроприводы переменного тока, выполненные на базе преобразователей частоты (ПЧ) с активными выпрямителями (АВ). Данные ПЧ-АВ обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными преобразователями частоты с диодными или тиристорными выпрямителями, из которых необходимо отметить возможность рекуперации энергии в питающую сеть в режиме торможения, возможность регулирования коэффициента мощности на входе ПЧ-АВ и улучшенный гармонический состав сетевого тока и напряжения в точке подключения. Однако опыт промышленной эксплуатации электроприводов с мощными ПЧ-АВ показал, что их системы управления чувствительны к качеству напряжения сети. Возникновение несимметричных провалов напряжения при коротких замыканиях в линиях электропередач во внешней электроэнергетической системе приводят к их аварийным отключениям, сопровождающимся значительным экономическим ущербом для металлургического завода.

Одним из действенных способов повышения устойчивости работы электроприводов прокатных станов на базе ПЧ-АВ при провалах напряжения является использование резервов реактивной мощности статического тиристорного компенсатора реактивной мощности (СТК) дуговой сталеплавильной печи (ДСП). Использование СТК для демпфирования провалов напряжения во внутривоздушной сети позволяет сохранить устойчивую работу ПЧ-АВ при однофазных провалах напряжения глубиной до 30%. Для реализации данного способа повышения устойчивости ПЧ-АВ при несимметрии напряжения питающей сети необходимо объединить на совместную работу

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»

за № _____
Дата регистрации 04.12.2024
Фамилия регистратора _____

секции шин, питающие ДСП и группу электроприводов на базе ПЧ-АВ. На сегодняшний день в отечественной и зарубежной литературе мало изучен вопрос о возможности параллельной работы ДСП и ПЧ-АВ. В соответствии с этим актуальной задачей является разработка научно обоснованных технических решений для обеспечения устойчивой параллельной работы ДСП и главных электроприводов прокатного стана на базе ПЧ-АВ в условиях наличия провалов напряжения со стороны внешней питающей сети, а также колебаний напряжения, создаваемых самой ДСП на начальных стадиях плавления металлошихты. Обеспечение необходимой устойчивости электроприводов прокатных станов на базе ПЧ-АВ при параллельной работе с ДСП позволит снизить количество простоев прокатного комплекса, вызванных аварийными отключениями силовых преобразователей, и исключить значительный экономический ущерб для промышленного предприятия.

Объем, структура и содержание диссертации

Рукопись диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и трех приложений.

Во введении обоснована актуальность решаемой проблемы и её научная новизна, поставлены цели и задачи исследования, показана теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе проведен анализ схем питания и силовых схем ПЧ-АВ современных главных электроприводов прокатных станов. Рассмотрены существующие способы повышения устойчивости работы электроприводов на базе ПЧ-АВ при несимметрии питающего напряжения.

Во второй главе показаны результаты экспериментальных исследований работы ПЧ-АВ в составе электроприводов клетей стана горячей прокатки «1750» ЗАО «ММК Metalurji» (г. Дёртиол, Турция) и дуговой сталеплавильной печи ДСП-250 (300 МВА) с СТК 330 МВАр. Выполнена оценка влияния однофазных провалов напряжения на переходные процессы токов, потребляемых АВ и напряжения в звене постоянного тока.

Третья глава посвящена разработке усовершенствованной имитационной модели электро-технического комплекса «Дуговая сталеплавильная печь – СТК – электроприводы с ПЧ-АВ». Имитационная модель позволяет проводить исследования влияния несимметрии напряжения питающей сети на работу ПЧ-АВ, оценивать возможность параллельной работы ДСП и группы главных электроприводов стана горячей прокатки на базе ПЧ-АВ, исследовать влияния коммутационных процессов при включении печного трансформатора ДСП и при включении фильтров высших гармоник СТК.

В четвертой главе представлены результаты исследования режимов работы ПЧ-АВ при параллельной работе электросталеплавильного и прокатного комплексов. Проанализированы переходные процессы токов и напряжений в АВ при несимметричных провалах напряжения в сети 380 кВ, при демпфировании провалов напряжения во внутривзаводской сети 34,5 кВ с использованием СТК 330 МВАр, а также при параллельной работе ПЧ-АВ и ДСП-250 за цикл плавки.

В пятой главе выполнена разработка усовершенствованной системы управления АВ с дополнительным контуром регулирования ортогональных составляющих тока обратной последовательности и внешним контуром регулирования сетевого тока реактивной составляющей прямой последовательности. Проведена оценка эффективности разработанной системы управления АВ для действующего оборудования электроприводов стана горячей прокатки 1750 ЗАО «ММК Metalurji».

В заключении приведены основные выводы по совокупности результатов, достигнутых в ходе выполнения диссертационной работы.

В приложениях содержатся характеристики исследуемых электроприводов, характеристики основного электрооборудования электросталеплавильного комплекса, акт об использовании результатов диссертации на металлургическом заводе ЗАО «ММК Metalurji» (г. Дертйол, Турецкая Республика).

Научная новизна и достоверность полученных результатов

1. В рамках диссертационной работы соискателем разработана усовершенствованная имитационная модель электротехнического комплекса «ДСП-СТК-ПЧ-АВ», отличающаяся от известных тем, что позволяет проводить исследования влияния несимметрии напряжения питающей сети на работу ПЧ-АВ, исследования возможности параллельной работы ДСП и группы электроприводов СГП «1750» на базе ПЧ-АВ, проводить исследования влияния коммутационных процессов при включении ПТ на холостом ходу, при включении ФКЦ СТК.

2. Получены результаты теоретических исследований, доказывающие возможность параллельной работы главных электроприводов клетей СГП на базе ПЧ-АВ с электросталеплавильным комплексом.

3. Разработана усовершенствованная система управления АВ в составе ПЧ-АВ, отличающаяся от известных тем, что для повышения устойчивости работы ПЧ-АВ при возмущениях напряжения питающей сети реализован внешний контур регулирования сетевого тока по реактивной составляющей и дополнительный контур регулирования ортогональных составляющих тока обратной последовательности.

4. Получены результаты исследований эффективности усовершенствованной системы управления АВ, доказывающие наличие технического эффекта по повышению устойчивости ПЧ-АВ при внешних провалах напряжения питающей сети, параллельной работе с ДСП, коммутационных перенапряжениях и отклонениях напряжения, вызванных включением ФКЦ СТК и печного трансформатора на холостом ходу.

Достоверность и обоснованность научных положений базируется на корректном применении основных законов электротехники, силовой электроники и методов математического моделирования, использовании в качестве исходных данных реальных осциллограмм токов и напряжений, полученных на исследуемом объекте.

Публикации и апробация диссертационной работы

Теоретические и практические результаты, полученные в ходе диссертационных исследований, опубликованы в 9 печатных работах, из них 3 научные статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 научных публикаций в изданиях, входящих в систему цитирования Scopus. Кроме того, соискателем получены 1 патент на изобретение и 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

На основе проведенного анализа предоставленных материалов можно сделать вывод, что диссертационная работа Денисевича А.С. полностью отвечает всем критериям, предъявляемым «Положением о присвоении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842. В ней соблюдены следующие принципы соответствия:

1. Указанная соискателем цель работы «повышение устойчивости электроприводов прокатного стана на базе ПЧ-АВ при параллельной работе с дуговой сталеплавильной печью в условиях наличия колебаний и провалов напряжения, создаваемых работой ДСП и внешними возмущающими воздействиями со стороны электроэнергетической системы» реализована в рамках представленной диссертации.

2. Автореферат диссертации Денисевича А.С., соответствует диссертационной работе по всем квалификационным признакам: по цели, задачам исследования, основным положениям, определениям актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности и т.д.

3. Основные выводы и результаты диссертационной работы соответствуют поставленным задачам исследований и сформулированы соискателем структурно и содержательно.

4. Научные публикации Денисевича А.С., изданные в период с 2017 по 2023 гг., с достаточной полнотой отражают сущность диссертационной работы, а также полученные результаты и выводы.

5. Тема и содержание диссертации Денисевича А.С. соответствует паспорту специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы:

– по формуле специальности по принципам и средствам управления объектами, определяющими функциональные свойства действующих или создаваемых электротехнических комплексов и систем промышленного, транспортного и бытового назначения (система управления активным выпрямителем, являющаяся функциональной частью системы автоматизированного электропривода, а также система электроснабжения промышленного предприятия).

– объекту исследования: в плане развития общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение систем изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем; в плане разработки, структурного и параметрического синтеза электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработки алгоритмов энергоэффективного управления; в плане исследования работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях (разработка имитационной модели электротехнического комплекса «Дуговая сталеплавильная печь – СТК – ПЧ-АВ», функционирующего на металлургическом заводе ЗАО «ММК Metalurji», разработка усовершенствованной системы управления АВ с дополнительным контуром регулирования ортогональных составляющих тока обратной последовательности и внешним контуром регулирования сетевого тока реактивной составляющей прямой последовательности).

Диссертационная работа Денисевича А.С. написана доступным языком, корректным в научном и творческом отношениях. Материалы и результаты исследований изложены в полном объеме, достаточным для понимания, четко, доступно и репрезентативно, что позволило автору раскрыть научно-техническую значимость диссертационной работы на необходимом квалификационном уровне.

Замечания по диссертационной работе

1. В третьей главе разработана имитационная модель электрического контура ДСП с учетом случайного характера изменения длин электрических дуг. В качестве исходных данных для этой модели использованы массивы мгновенных значений токов дуг, полученные на действующей ДСП-250 (300 МВА). Получены ли данные экспериментальные массивы для наихудшего режима работы ДСП со значительными колебаниями токов дуг и максимальной частотой коротких замыканий, при которых колебания напряжения сети 34,5 кВ будут максимальными? Осуществлялся ли отбор наиболее тяжелых плавок с максимальными колебаниями токов дуг и реактивной мощности ДСП или использовались экспериментальные данные, полученные в рамках единственной тестовой плавки?

2. В пятой главе при исследовании эффективности усовершенствованной системы управления АВ проведена оценка переходных процессов при однофазном провале напряжения в сети 380

кВ глубиной 50%. Проводились ли аналогичные исследования для двухфазных и трехфазных провалов напряжения?

3. В работе отсутствует подробное описание методики настройки контуров регулирования усовершенствованной системы управления АВ. Потребуется ли при внедрении усовершенствованной системы управления АВ пересчет параметров регуляторов ортогональных составляющих прямой и обратной последовательностей сетевого тока, а также регулятора напряжения в звене постоянного тока?

4. В работе не рассмотрены варианты использования дополнительного СТК или компенсатора типа СТАТКОМ для подключения к секциям 34,5 кВ главной понизительной подстанции предприятия, от которых запитаны электроприводы стана 1750, без использования существующего СТК для ДСП-250.

5. Проводилась ли оценка степени влияния высших гармоник напряжения на общих секциях, питающих ДСП и электроприводы прокатного стана, на стабильность работы контуров регулирования ортогональных составляющих сетевых токов АВ при использовании усовершенствованной системы управления?

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают ценность диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе

Ведущая организация считает, что диссертация Денисевича Александра Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.4.2. – “Электротехнические комплексы и системы”. В диссертационной работе представлено решение актуальной задачи по повышению устойчивости электроприводов прокатных станов при параллельной работе с дуговой сталеплавильной печью. Диссертация соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г в редакции от 25.01.2024 г.), а ее автор, Денисевич Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – “Электротехнические комплексы и системы”.

Диссертационная работа Денисевича А.С. заслушана и обсуждена на заседании кафедры “Электропривод, мехатроника и электромеханика” ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» протокол заседания № 4 от 02 декабря 2024 г.

Профессор кафедры “Электропривод,
мехатроника и электромеханика”,
доктор технических наук, доцент



Дудкин Максим Михайлович

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Адрес: 454080, Уральский федеральный округ, Челябинская область, г. Челябинск, просп. В.И. Ленина, д. 76, телефон: +7 (351) 267-99-00, e-mail: info@susu.ru, сайт: <https://www.susu.ru>



подпись заверяю
И.И. Коркищенко И.И.