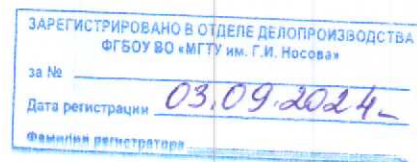


ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на диссертационную работу Денисевича Александра Сергеевича
«Повышение устойчивости электроприводов прокатного стана при параллельной
работе с дуговой сталеплавильной печью» по специальности 2.4.2 Электротехнические
комплексы и системы

Денисевич Александр Сергеевич в 2015 году окончил кафедру электроснабжения промышленных предприятий, получил диплом бакалавра по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника». В период с 2015 по 2017 гг. обучался в магистратуре кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» (электропривод и автоматика). С 2017 по 2021 гг. проходил обучение в очной аспирантуре МГТУ им Г.И. Носова по научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. Диссертационные исследования выполнял на кафедре автоматизированного электропривода и мехатроники. За время обучения и в период подготовки диссертации успешно сдал кандидатские экзамены.

В процессе подготовки кандидатской диссертации соискатель Денисевич А.С. зарекомендовал себя как высококвалифицированный специалист-исследователь, способный самостоятельно выполнять научные исследования, формулировать цели и задачи, выполнять обработку экспериментальных данных, создавать математические модели сложных электротехнических комплексов с мощными электроприводами прокатных станов на базе преобразователей частоты с активными выпрямителями (ПЧ-АВ), дуговыми электросталеплавильными печами (ДСП) и статическими тиристорными компенсаторами реактивной мощности (СТК). Также соискатель продемонстрировал способность самостоятельно разрабатывать и исследовать новые системы управления ПЧ-АВ, обеспечивающие устойчивую работу главных электроприводов прокатных станов при возмущениях напряжения питающей сети и при отклонениях напряжения, создаваемых работой ДСП.

Денисевич А.С. в период выполнения диссертационных исследований являлся исполнителем нескольких научно-исследовательских опытно-конструкторских работ (НИОКР), направленных на улучшение устойчивости работы и обеспечение электромагнитной совместимости мощных электроприводов прокатных станов, выполненных на базе ПЧ-АВ, с питающей сетью среднего напряжения 6-35 кВ на различных металлургических предприятиях России и зарубежья (ЗАО «ММК Metalurji» (г. Дёртйол, Турция), Череповецкий металлургический комбинат ПАО «Северсталь», АО «Металлургический завод Балаково»). Также участвовал в зарубежной стажировке в компании Danieli Automation (г. Буттрио, Италия), где занимался изучением существующих технических решений по повышению устойчивости мощных промышленных электроприводов на базе ПЧ-АВ при колебаниях и провалах напряжения питающей сети. В 2024 гг. выполнял исследования в рамках государственного задания (научный проект №FZRU 2023-0008) по теме «Разработка фундаментальных основ и научно обоснованных тех-



нических решений для повышения ресурсо- и энергоэффективности электротехнических и технологических систем предприятий горно-металлургического комплекса России».

Актуальность темы Денисевича А.С. обусловлена необходимостью повышения устойчивости электроприводов прокатных станов, выполненных 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.

В настоящее время мощные электроприводы прокатных станов выполняются на базе ПЧ-АВ. Существующие системы управления АВ не адаптированы к несимметрии напряжения питающей сети. Несимметрия и провалы напряжения питающей сети величиной 10–50% вызывают аварийные отключения электроприводов клетей прокатных станов, что приводит к значительному экономическому ущербу на предприятии из-за потери производства. Данные проблемы встречаются на многих современных металлургических предприятиях, в том числе и на металлургическом заводе ЗАО «ММК Metalurji» (г Дёртиол, Турция), где функционирует стан горячей прокатки (СП) 1750 с электроприводами на базе ПЧ-АВ. Электроснабжение завода осуществляется по воздушной линии электропередач 380 кВ, которая проходит через горную местность с лесными массивами. В связи с этим часто возникают однофазные короткие замыкания, сопровождающиеся провалами напряжения. Провалы напряжения трансформируются во внутривоздушную сеть 34,5 кВ через сетевые трансформаторы и оказывают негативное влияние на работу электроприводов клетей прокатного стана. Частота возникновения провалов напряжения, сопровождающихся отключением главных электроприводов СП 1750, составляет до 50 раз в год. В рамках предыдущих исследований было предложено объединить на параллельную работу секции шин 34,5 кВ, питающих электросталеплавильный комплекс, и главные электроприводы стана 1750. В этом случае обеспечивается частичная компенсация провалов напряжения с помощью резервов реактивной мощности статического тиристорного компенсатора (СТК) 330 МВАр, функционирующего в составе электросталеплавильного комплекса со сверхмощной ДСП-250 (300 МВА) (до 30% при отключенной ДСП). Однако сама ДСП является электроприемником с резкопеременным и нелинейным характером нагрузки. При работе ДСП даже с использованием СТК возникают колебания напряжения на общих секциях 34,5 кВ, оказывающие негативное влияние на устойчивость работы электроприводов прокатного стана с ПЧ-АВ. Также при эксплуатации электросталеплавильного комплекса с ДСП имеют место дополнительные отклонения напряжения, вызванные включением печного трансформатора (ПТ) на холостом ходу и включением фильтрокомпенсирующих цепей (ФКЦ), входящих в состав СТК. Возникающие провалы напряжения и коммутационные перенапряжения в этом случае оказывают дополнительный негативный эффект на устойчивость работы электроприводов с ПЧ-АВ. По этой причине повышение устойчивости работы электроприводов прокатного стана на базе ПЧ-АВ при колебаниях и провалах напряжения, вызванных внешними возмущениями в электроэнергетической системе, а также работой мощной ДСП, является актуальной задачей.

В диссертационной работе Денисевича А.С. были получены следующие новые научные результаты:

1. Разработана усовершенствованная имитационная модель электротехнического комплекса «ДСП-СТК-ПЧ-АВ», отличающаяся от известных тем, что позволяет проводить теоретические 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. Результаты теоретических исследований возможности параллельной работы главных электроприводов клеток 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. Результаты исследований эффективности усовершенствованной системы управления АВ, доказывающие наличие технического эффекта по повышению устойчивости ПЧ-АВ при внешних провалах напряжения, параллельной работе с ДСП, коммутационных перенапряжениях и отклонениях напряжения, вызванных включением ФКЦ СТК и печного трансформатора на холостом ходу.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что разработанная система управления АВ со стабилизирующим эффектом при возмущениях напряжения питающей сети позволяет обеспечить устойчивую работу ПЧ-АВ при параллельной работе с мощной ДСП. Совместное использование СТК и ПЧ-АВ с усовершенствованной системой управления позволяет сохранить устойчивую работу электроприводов прокатного стана при провалах напряжения в сети глубиной до 50%. На примере металлургического завода ЗАО «ММК Metalurji» (г.Дёртйол, Турция) технический эффект от внедрения разработанной системы управления АВ и совместного использования вместе с СТК заключается в уменьшении количества простоев СГП «1750», вызванных провалами напряжения в сети. Вероятность сохранения устойчивой работы главных электроприводов СГП «1750», при возникновении провалов напряжения во внешней питающей сети 380 кВ составляет 90%.

Разработанная усовершенствованная система управления АВ рекомендуется к внедрению на аналогичных металлургических предприятиях, включающих в свой состав мощные ДСП, электроприводы прокатных станов, питающихся от одной главной понизительной подстанции.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается: 1) правоммерностью исходных положений и предпосылок; 2) корректным использованием математических и имитационных методов моделирования на ЭВМ; 3) соответствием полученных в работе результатов представленным в научных трудах по схожей тематике других авторов; 4) результатами экспериментальных исследований, получен-

ных на действующем производстве – в электротехническом комплексе ЗАО «ММК Metallurji» на главных электроприводах стана горячей прокатки «1750» и электросталеплавильном комплексе.

Все результаты диссертационной работы получены соискателем самостоятельно.

Результаты диссертации представлены в научных публикациях и апробированы на международных научно-технических конференциях. По результатам диссертационных исследований опубликовано 9 научных трудов, в том числе 3 статьи в изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 3 статьи в изданиях, индексируемых Scopus, получен 1 патент на изобретение, получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

На основании вышеизложенного заявляю, что диссертационная работа выполнена на достаточно высоком уровне, удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Денисевич А.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы.

Научный руководитель

Заведующий
кафедрой автоматизированного
электропривода и мехатроники
ФГБОУ ВО «Магнитогорский
государственный технический
университет им. Г.И. Носова»,
канд. техн. наук, доцент

All Николаев Александр Аркадьевич



Шифр научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы
455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
Тел. 8-951-803-99-07, e-mail: aa.nikolaev@magtu.ru