

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук
Шевырёва Юрия Вадимовича на диссертационную работу
Денисевича Александра Сергеевича на тему: «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 ком-
плексы и системы

Актуальность темы диссертационной работы. Современные главные электроприводы прокатных станов выполняются на базе высоковольтных синхронных электродвигателей и высоковольтных преобразователей частоты с активными выпрямителями (АВ) и автономными инверторами напряжения (АИН). Применение преобразователей частоты с активными выпрямителями (ПЧ-АВ) обусловлено рядом преимуществ, среди которых можно выделить: поддержание коэффициента мощности равного единице в точке подключения ПЧ-АВ; рекуперация энергии в сеть при работе двигателя в генераторном режиме работы; снижение влияние высших гармоник генерируемых ПЧ-АВ в питающую сеть за счет применения модифицированных алгоритмов широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Однако опыт эксплуатации ПЧ-АВ показал, что системы управления АВ чувствительны к возмущениям напряжения, возникающем в питающей сети. Так, например, возникновение однофазного провала напряжения на уровне 30% приводит к возникновению колебаний напряжения в звене постоянного тока, амплитуда которых достигает 20% от номинального значения. Несимметрия напряжения приводит к увеличению токов, потребляемых АВ в 1,5-2 раза от номинального значения. Несимметричные провалы напряжения приводят к аварийному отключению ПЧ-АВ внутренними защитами преобразователя. Аварийное отключение ПЧ-АВ характеризуется нарушением нормального технологического процесса и приводит к значитель-

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»	
за № _____	_____
Дата регистрации	27.11.2024
Фамилия регистратора	_____

ному материальному ущербу. Примером является стан горячей прокатки (СПП) 1750 на металлургическом заводе ММК Metalurji (г. Искендерун, Турция). Частота возникновения провалов напряжения, сопровождающихся отключением главных электроприводов СПП 1750, составляет до 50 раз в год. Поэтому было предложено объединить на параллельную работу секции шин 34,5 кВ, питающих электросталеплавильный комплекс, и главные электроприводы СПП 1750 для обеспечения компенсации провалов напряжения с помощью статического тиристорного компенсатора (СТК), функционирующего в составе электросталеплавильного комплекса. Дуговая сталеплавильная печь (ДСП) является электроприемником с резкопеременным и нелинейным характером нагрузки. В связи с этим при работе печи возникают возмущения напряжения в точке подключения ДСП, характеризующиеся высоким коэффициентом несимметрии по обратной последовательности. При эксплуатации электросталеплавильного комплекса имеется ряд технологических особенностей, например: включение печного трансформатора (ПТ) на холостом ходу, которое сопровождается броском тока намагничивания, величина которого может достигать от 2 до 8 номинальных токов ПТ, что приводит к просадкам напряжения в точке подключения; включение фильтрокомпенсирующих цепей (ФКЦ), входящих в состав СТК. При включении ФКЦ возникают коммутационные перенапряжения, достигающие 30% от номинального уровня напряжения сети. Из выше сказанного следует, что решение проблемы повышения эффективности функционирования электроприводов прокатного стана при параллельной работе с дуговой сталеплавильной печью является актуальной для действующих металлургических предприятий.

Достоверность и новизна основных результатов работы

Автором получены следующие новые научные результаты:

– компьютерная модель электротехнического комплекса «ДСП-СТК-ПЧ-АВ», позволяющая исследовать влияние несимметрии напряжения питающей сети на работу ПЧ-АВ, возможности параллельной работы ДСП и группы элект-

троприводов СГП «1750» на базе ПЧ-АВ, влияния коммутационных процессов, возникающих при включении ПТ на холостом ходу, а также при включении ФКЦ СТК;

– результаты исследований, доказывающие возможность параллельной работы главных электроприводов клеток СГП на базе ПЧ-АВ и электростале-плавильного комплекса со статическим тиристорным компенсатором;

– усовершенствованная система управления АВ в составе ПЧ-АВ с внешним контуром регулирования тока по реактивной составляющей и контуром регулирования ортогональных составляющих токов обратной последовательности, обеспечивающая устойчивость при сильных отклонениях напряжения питающей сети;

– результаты исследований усовершенствованной системы управления АВ по повышению устойчивости работы 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.

Достоверность результатов научных исследований в данной диссертационной работе подтверждается: правомочностью исходных положений и предпосылок; корректным использованием методов моделирования на ЭВМ; соответствием полученных в работе результатов представленным в научных трудах по схожей тематике других авторов; результатами экспериментальных исследований, полученных на действующем производстве; апробацией основных научных результатов на научно-технических конференциях, опубликованием статей в научных реферируемых журналах.

Ценность для науки и практики

Ценность диссертационной работы для науки и практики заключается в:

- анализе существующих способов снижения негативного влияния несимметрии напряжения питающей сети на работу преобразователей частоты с активными выпрямителями;
- проведении экспериментальных исследований на действующем оборудовании металлургического завода ММК Metalurji (г. Дёртиол, Турция);
- разработке компьютерной модели комплекса «ДСП-СТК-ПЧ-АВ», позволяющей проводить исследования переходных процессов, протекающих в ПЧ-АВ при отклонениях напряжения сети, вызванных: внешними провалами напряжения, работой ДСП, а также при коммутации основного электрооборудования электросталеплавильного комплекса;
- анализ возможности параллельной работы электроприводов прокатного стана на базе ПЧ-АВ и ДСП, который показал необходимость применения усовершенствованной системы управления АВ, обеспечивающей снижение негативного влияния дополнительных колебаний напряжения сети на работу ПЧ-АВ при работе ДСП, при включении печного трансформатора ДСП на холостом ходу, а также при включении ФКЦ СТК;
- разработке усовершенствованной системы управления АВ в составе ПЧ-АВ, позволяющей снизить несимметрию токов, потребляемых АВ, размах колебаний напряжения в звене постоянного тока при работе ДСП-250, включении печного трансформатора и избежать аварийного отключения АВ при коммутационных перенапряжениях, вызванных включением ФКЦ СТК;
- в проведении исследований, доказавших, что при совместном использовании СТК и разработанной СУ АВ наблюдается устойчивая работа ПЧ-АВ при однофазных провалах напряжения в сети 380 кВ глубиной до 50%, что позволит сохранить устойчивую работу главных электроприводов клеток СПП «1750» в 90% случаев возникновения провалов напряжения во внешней питающей сети 380 кВ, снизить количество брака выпускаемой горячекатаной продукции.

Публикации по работе

Основные положения диссертации в достаточном объеме опубликованы в 9 научных трудах, 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 программ для ЭВМ

Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации

Автореферат в полной мере отражает основные положения, идеи и выводы диссертации. Материалы автореферата дают полное представление о научных результатах работы.

Замечания

1. Необходимо было дать хотя бы краткий анализ влияния высших гармоник напряжения сети на устойчивость работы ПЧ-АВ.

2. Непонятно утверждение, что для устойчивой работы АВ необходимо, чтобы напряжение на входе АВ и напряжение сети были равны с учетом величины падения напряжения на индуктивности (стр. 120)? Если учитывать величины падения напряжения на индуктивности, то эти напряжения всегда будут равны.

3. На рис. 5.10 приведена структурная схема усовершенствованной СУ АВ со стабилизирующим эффектом при возмущениях напряжения сети. На данной структурной схеме производится сравнение напряжения сети и напряжения на входе АВ. Рассматривался ли вариант другой реализации структурной схемы усовершенствованной СУ АВ с использованием сравнения напряжения сети с заданным значением напряжения и подачей результата сравнения на регулятор напряжения?

4. Отсутствует методика расчёта регуляторов активного и реактивного токов обратной последовательности.

5. На структурной схеме СУ АВ с контуром регулирования токов обратной последовательности (рис. 5.5) после преобразования сигналы напряжения заданий прямой и обратной последовательности в системе координат $\alpha\beta$ попарно суммируются и поступают в блок вычисления коэффициента модуляции m и угла сдвига δ . Отсутствует объяснение, почему именно сумма, а не какое то другое сочетание сигналов.

Заключение

Диссертационная работа Денисевича Александра Сергеевича «Повышение устойчивости электроприводов прокатного стана при параллельной работе с дуговой сталеплавильной печью» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новое решение актуальной научно-технической задачи по повышению устойчивости частотно-регулируемого электропривода прокатного стана с активным выпрямителем напряжения при параллельной работе с дуговой сталеплавильной печью в условиях наличия колебаний и провалов напряжения, создаваемых работой дуговой сталеплавильной печью и внешними возмущающими воздействиями со стороны электроэнергетической системы.

Диссертационная работа Денисевича А. С. соответствует пунктам 1,3,4 паспорта научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы (п.1. Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение систем изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем; п.3. Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов энергоэффективного управления; п.4. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях).

Представленная диссертационная работа «Повышение устойчивости электроприводов прокатного стана при параллельной работе с дуговой сталеплавильной печью» соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с пунктами 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. в редакции от 25.01.2024), а её автор, Денисевич Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент –
доктор технических наук по специальности
05.09.03 Электротехнические комплексы и системы,
доцент, профессор кафедры
«Энергетика и энергоэффективность
горной промышленности» НИТУ МИСИС,
Шевырев Юрий Вадимович

20 ноября 2024 г.

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Адрес: 119049, Москва, Ленинский проспект, д. 4, стр. 1.

Тел./факс: +7 (495) 955-00-32/ +7 (499) 236-21-05

E-mail: kancela@misis.ru

Сайт: <https://misis.ru/>

Подпись Шевырёва Юрия Вадимовича заверяю



Проректор

И.М. ИСАЕВ