

## ОТЗЫВ

Официального оппонента, кандидата технических наук, доцента Маклакова Александра Сергеевича на диссертационную работу Ивекеева Владимира Сергеевича на тему: «Повышение устойчивости работы электроприводов прокатных станов при провалах напряжения за счет применения статического тиристорного компенсатора», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

### Актуальность темы диссертационной работы

Надежность электроснабжения ответственных потребителей имеет важнейшее значение для металлургических предприятий, особенно когда речь идет о мощных электроприводах прокатных станов, выполненных на базе преобразователей частоты (ПЧ) с активными выпрямителями (АВ). Одним из главных показателей качества электроэнергии, определяющим надежность, является провал напряжения. Данное явление способно вызвать срабатывание защит электроприводов в следствие превышения тока на входе активных выпрямителей и снижения напряжения в звене постоянного тока.

Демпфирование провала напряжения позволяет: снизить риски аварийного отключения электроприводов прокатного стана, улучшить переходные процессы во время протекания провала напряжения, сократить потери от внеплановых простоев основного металлургического оборудования.

Целью диссертационной работы Ивекеева В.С. является снижение влияния провалов напряжения, возникающих во внешней системе электроснабжения предприятия, на устойчивость работы чувствительных электроприемников, таких как преобразователи частоты с активными выпрямителями, за счет разработки научно обоснованных технических решений, предусматривающих использование мощных статических тиристорных компенсаторов дуговых сталеплавильных печей. Для достижения данной цели в этой работе поставлены и решены следующие задачи:



1. Анализ влияния провалов напряжения в системах внутриводского электроснабжения на работу мощных электроприемников металлургического предприятия.

2. Разработка усовершенствованной системы управления электрическим режимом СТК с учетом функций демпфирования провалов напряжения и быстродействующей диагностики их возникновения.

3. Разработка новой методики оценки установленной мощности СТК, с учетом функции демпфирования провалов напряжения.

4. Разработка рекомендаций по усовершенствованию систем внутриводского электроснабжения компактных металлургических предприятий.

В связи с этим считаю, что тема диссертационной работы Ивекеева В.С., посвященная разработке и исследованию технических решений, обеспечивающих устойчивость работы электроприводов прокатных станов средствами статических тиристорных компенсаторов, безусловно, актуальна.

Диссертационная работа Ивекеева В.С. соответствует п. 1 – «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем» и п. 3 – «Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления» паспорта специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

#### **Достоверность и новизна основных результатов работы**

Достоверность подтверждается использованием современных представлений о функционировании электротехнических систем металлургических производств, применением статистических методов, методов компьютерного моделирования, теории надежности и теории вероятностей. Кроме этого, подтверждена сходимость полученных результатов и известных теоретических и экспериментальных исследований.

Автором получены следующие результаты:

1. Выявлены новые качественные зависимости между погодными условиями и частотой возникновения провалов напряжения, позволяющие учитывать фактор сезонности при разработке мероприятий, направленных на повышение устойчивости электроприводов при провалах напряжения.

2. Представлена усовершенствованная система управления статическим тиристорным компенсатором дуговой сталеплавильной печи, позволяющая выполнять диагностику провалов напряжения и поддерживать уровень напряжения на шинах прокатного стана, за счет применения ПИД-регулятора.

3. Разработана новая инженерная методика определения установленной реактивной мощности СТК для электросталеплавильных и прокатных комплексов, позволяющая выполнять функции демпфирования напряжения на шинах среднего напряжения.

4. Предложены новые режимы работы систем внутривозовского электроснабжения компактных металлургических заводов, предусматривающие объединение секций шин распределительных устройств электросталеплавильного и прокатного комплексов.

#### **Ценность для науки и практики**

Ценность выполненной работы для науки и практики заключается в следующем:

1. Новые качественные зависимости, показанные в работе автором диссертации, позволяют разработать ряд мероприятий, направленных на повышение устойчивости приводов прокатных станов с учетом сезонов с повышенной грозовой активностью.

2. Усовершенствованная система управления электрическим режимом СТК позволяет расширить сферу применения данного вида компенсаторов в области применения компактных металлургических предприятий, за счет разработки дополнительных функциональных блоков, обеспечивающих диагностику и компенсацию провалов напряжения.

3. Представленная новая инженерная методика определения установленной реактивной мощности СТК для электросталеплавильных и прокатных комплексов позволяет определить демпфирующую способность существующих компенсаторов и заложить необходимый запас реактивной мощности СТК, находящихся на стадии проектирования.

4. Представленный подход к выбору режима работы внутривозводской сети электроснабжения, основанный на объединении секций шин, распределительных устройств электросталеплавильного и прокатного комплексов, позволяет выполнять функции демпфирования напряжения и обеспечивать устойчивую работу электроприводов прокатных станов.

#### **Публикации по работе**

Основное содержание диссертации раскрыто в 17 печатных работах, из них 3 научные статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 научные публикации в изданиях, входящих в систему цитирования Scopus. Помимо этого, получен патент на полезную модель и опубликована научная монография.

Автореферат дает полное представление о содержании диссертационной работы.

#### **Замечания**

1. В работе приведены временные диаграммы токов и напряжений электроприводов прокатных станов, при этом автором не указано с помощью каких аппаратных средств происходило осциллографирование процессов, происходящих в преобразователях частоты с активными выпрямителями при провалах напряжения.

2. Во второй главе работы трудно согласиться с доказательством о том, что не существует возможности обеспечить бесперебойную работу преобразователей главных приводов прокатных станов при провалах напряжения во внешней питающей сети при использовании синусоидальной ШИМ, векторной ШИМ, ШИМ с удалением выделенных гармоник или ШИМ с фиксированными углами переключения для активных выпрямителей

напряжения. Упомянуто, что к рассмотрению были приняты четыре основных вида ШИМ, но подробно не рассмотрена реализация того или иного метода ШИМ, в частности, нет информации о средней частоте переключений полупроводниковых модулей методов ШИМ, предмодуляционных составляющих синусоидальной ШИМ, таблиц последовательностей переключения векторной ШИМ, параметров и режимов работы системы управления активным выпрямителем и инвертором напряжением, параметров фазовой автоподстройки частоты и т.д. Необходимо больше данных о проведении экспериментов и данных для анализа причинно-следственных связей возникновения тех или иных электромагнитных процессов в рассматриваемых электрических цепях при различных возмущениях.

3. В объекте исследования и цели диссертации указываются преобразователи частоты с активными выпрямителями, однако проработка вопросов их математического моделирования отсутствует в работе.

4. В заключении работы сказано, что дана оценка возможности функционирования преобразователей частоты с активными выпрямителями и дуговой сталеплавильной печи в условиях сильной несимметрии и колебаний напряжения, вызванных работой дуговой печи, но при этом автор не предоставил какие-либо результаты динамических исследований работы активных выпрямителей и анализа спектров токов и напряжений.

5. Недостаточно подробно указано в чем конкретно заключается негативное влияние привалов напряжения на работу электроприводов прокатных станов.

6. Опечатки в диссертации, стр. 6, «предприятий, Планируется», «связанных с этих экономических потерь», «с помощью преобразователей преобразователями частоты» и другие.

Указанные недостатки не являются принципиальными и не снижают научной и практической ценности работы.

### Заключение

Диссертация Ивекеева В.С. представляет законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной научно-технической задачи, посвященной разработке комплекса мероприятий, направленных на повышение устойчивости работы электроприводов прокатных станов. Работа полностью соответствует паспорту специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Считаю, что рассматриваемая работа по своему научному уровню и полученным практическим результатам является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, и в полной мере соответствует п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Ивекеев Владимир Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры электропривода и мехатроники

(доцент кафедры мехатроники и автоматизации до 25 октября 2021 года)

ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

Кандидатская диссертация Маклакова А.С. защищена по специальности 05.09.12 – Силовая электроника



Маклаков Александр Сергеевич

30.11.2021

### 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, пр. В.И. Ленина, д. 76.

Тел./факс: 7 (351) 267-99-00

E-mail: [info@susu.ru](mailto:info@susu.ru)

Сайт: [www.susu.ru](http://www.susu.ru)



Верно  
Ведущий документовед  
О.В. Гришина