

## ОТЗЫВ

Официального оппонента, доктора технических наук, профессора Михеева Георгия Михайловича 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

### 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ

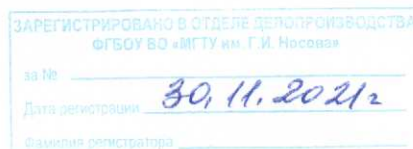
Представленная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 105 наименований и 5 приложений. Работа изложена на 137 страницах основного текста, содержит 61 рисунок, 25 таблиц и приложения объемом 13 страниц.

### 2. АНАЛИЗ ДИССЕРТАЦИИ

#### 2.1. Актуальность темы диссертации и соответствие работы специальности, по которой осуществляется защита

В настоящее время одним из самых распространенных методов обработки металла на металлургических предприятиях является прокатка. Важнейшую роль в данном процессе выполняют электроприводы прокатных клетей, характеристики которых определяют скорость обработки металла, эксплуатационную надежность, величину махового момента и т.д. Современные электроприводы, установленные на промышленных площадках прокатных станов, представляют из себя управляемую систему, построенную на базе преобразователей частоты (ПЧ) с активными выпрямителями (АВ). Опыт эксплуатации систем ПЧ-АВ показывает, что они чувствительны к провалам напряжения, возникающим во внешней питающей сети. Особенно актуальна данная проблема для компактных металлургических предприятий, состоящих из сверхмощных дуговых сталеплавильных печей (ДСП), функционирующих в комплексе со статическими тиристорными компенсаторами (СТК), агрегатов для внепечной обработки стали, машин для непрерывного литья заготовок и агрегатов для обработки и прокатки полосы.

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.

Предложенный автором подход к повышению устойчивости работы электроприводов прокатных станов, основанный на применении резервов реактивной мощности статических тиристорных компенсаторов, отвечает современным тенденциям развития техники.

Диссертационная работа Ивекеева В.С. представляет собой законченный труд, в котором полностью раскрыта научная и техническая сущность решаемой проблемы. Тема и содержание соответствуют 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».

## **2.2 Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность принимаемых в работе основных технических решений обуславливается корректным применением теоретических и экспериментальных методов исследования, а также правотой исходных положений и предпосылок. Диссертация посвящена решению вопросов повышения устойчивости работы электроприводов прокатных станов компактных металлургических предприятий за счет применения резервов реактивной мощности СТК.

**В первой главе** диссертации выполнен подробный анализ существующих устройств компенсации реактивной мощности, применяемых на металлургических предприятиях. Показано, что наиболее распространенным видом компенсирующих устройств (порядка 90%) являются статические тиристорные компенсаторы, работающие параллельно с дуговыми сталеплавильными печами. На примере выбранного объекта исследования показано негативное влияние провалов напряжения на работу электроприводов прокатных станов, выражающееся в превышении значения тока уставок срабатывания защиты и снижении напряжения в звене постоянного тока. Проведен анализ известных способов снижения негативного влияния провалов напряжения на работу электроприемников прокатного стана, в ходе которого доказана ограниченная эффективность каждого способа.

**Вторая глава** посвящена статистическому анализу провалов напряжения, произошедших на главной понизительной подстанции металлургического предприятия ЗАО ММК «Metalurji». Автором определено, что наиболее часто встречающимися являются провалы глубиной 10÷50 % и длительностью 50÷100 мс. Для выяснения первопричин возникновения данного явления в работе был проведен качественный анализ зависимости провалов напряжения от неблагоприятных погодных условий. В результатах анализа автор показал, что фактически возникшие провалы напряжения носят сезонный характер.

**В третьей главе** произведена разработка имитационных моделей электротехнического комплекса «дуговая сталеплавильная печь – статический тиристорный компенсатор – прокатный стан». Отличительной особенностью представленной комплексной модели является подробное описание каждой её части, точное воспроизведение реальных физических процессов и возможность исследования влияния различных режимов работы внешней сети электроснабжения на работу электроприемников прокатного стана. В рамках решения поставленных задач автором разработана усовершенствованная система управления электрическим режимом СТК, позволяющая производить быстродействующую диагностику провалов напряжения, а также их демпфирование за счет применения пофазного регулирования напряжения. В выводах к данной главе доказана эффективность предложенных решений.

**Четвертая глава** диссертации посвящена разработке инженерной методики выбора параметров СТК с учетом новых дополнительных функций демпфирования провалов напряжения, возникающих во внешней питающей сети. В данной части

исследований автором выведена формула позволяющая определить количество реактивной мощности, которое необходимо заложить в СТК, для компенсации провалов различной глубины и длительности. Помимо этого, определена демпфирующая способность СТК 330 МВАр, относящегося к выбранному объекту исследования. В заключительной части главы автором отмечено, что для реализации функций демпфирования провалов напряжения средствами СТК необходимо обеспечить параллельную работу электросталеплавильного и прокатного комплексов.

**В пятой главе** на основании полученных результатов автором произведена проверка и оценка эффективности предложенных решений. Отмечено, что при определении результативности мероприятий учтено время фактической работы ДСП. Таким образом, предложенные научные технические решения позволяют обеспечить в 69 % случаев возникновения провалов напряжения устойчивую работу электроприводов прокатного стана 1750 на базе ПЧ с АВ без аварийных отключений. Определено, что технический эффект полученных результатов основывается на снижении времени внеплановых простоев и составляет порядка 20 часов в год.

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

Достоверность научных результатов подтверждается результатами математического моделирования и экспериментальных исследований с применением современных программных средств, а также апробацией основных научных результатов на научно-технических конференциях, опубликованием статей в научных реферируемых журналах, в том числе международных.

По мнению официального оппонента научная новизна результатов работы определена следующими положениями:

1. Предложены 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. Разработана 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. Представлена 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.

#### **2.4 Практическая значимость и реализация полученных результатов**

Практическая значимость диссертационной работы определяется постановкой задачи исследований реального промышленного объекта – электротехнического комплекса «ДСП-СТК-прокатный стан» – и использованием результатов исследований на металлургическом заводе ЗАО ММК «Metalurji».

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к применению при проектировании новых компактных металлургических предприятий.

### **3. ДИСКУССИОННЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ И АВТОРЕФЕРАТУ**

1. В первой главе диссертации произведено сравнение известных устройств компенсации реактивной мощности. Не понятно, для чего приведен данный анализ, поскольку в дальнейшем рассматривается только статический тиристорный компенсатор.

2. Недостаточно подробно изложена суть предлагаемой методики выбора параметров СТК. В чем заключается смысл методики как совокупности методов?

3. Каким образом классифицирована имитационная модель, представленная в работе, как разряд моделей?

4. В диссертации много внимания уделено техническим данным оборудования. При этом не указано напряжение короткого замыкания печного трансформатора. Автор похоже не различает разницу между группой и схемой соединения обмоток силовых трансформаторов (табл. 3.1).

5. В заключении к диссертации описано, что было сделано в работе, но недостаточно полно отражены результаты самих исследований.

6. Как и в любой диссертации в тексте содержатся орфографические и смысловые ошибки (стр. 72, 90, 106, 107, 114, 115, табл. 3.2 и т.д.).

## ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Ивекеева Владимира Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, и обладает признаками актуальности, новизны и практической значимости. В ней изложены научно обоснованные технические решения и разработки по реализации функций демпфирования провалов напряжения с помощью резервов реактивной мощности, имеющие существенное значение для развития строительства компактных металлургических предприятий.

Представленная диссертация «Повышение устойчивости работы электроприводов прокатных станов при провалах напряжения за счет применения статического тиристорного компенсатора» соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациями в соответствии с 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  
Доктор технических наук, доцент  
профессор кафедры «Информационных  
технологий, электроэнергетики и  
систем управления» Чебоксарского института  
(филиала) федерального государственного  
автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Московский  
политехнический университет»

22.11.2021



Михеев Георгий Михайлович

### Сведения об организации:

Чебоксарский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Московский политехнический университет".

Адрес: 428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 54

Тел./факс: +7 (8352) 62-63-22 / +7 (8352) 62-63-22

E-mail: rektorat@polytech21.ru

Сайт: <http://www.polytech21.ru/>

Докторская диссертация Михеева Г.М. защищена по специальности 01.04.01 –

«Приборы и методы экспериментальной физики»

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Подпись                                     | <i>Г.М. Алексеева</i> |
| заверяю.                                    |                       |
| Начальник отдела кадров и делопроизводства: | <i>И.В. Петрова</i>   |
|   | (И.О. Фамилия)        |
| « 22 11 2021 г.                             |                       |