



**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по научной работе и  
инновациям ФГБОУ ВО «ЛГТУ»

С.Е. Кузенков

« 24 » 11 2021 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» на  
диссертационную работу Ивекеева Владимира Сергеевича по теме  
«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 работы**

За последнее время в условиях современной экономики, вызывающих определенные трудности при строительстве масштабных производств, большую популярность получили компактные металлургические предприятия. В состав таких заводов входят электросталеплавильные комплексы, состоящие из сверхмощных дуговых сталеплавильных печей (ДСП) и статических тиристорных компенсаторов (СТК), агрегаты для внепечной обработки стали, машины для непрерывного литья заготовок и агрегаты для обработки и прокатки полосы.

Прокатные комплексы компактных металлургических предприятий имеют электроприводы, построенные на базе современных преобразователей частоты (ПЧ) с активными выпрямителями (АВ). Устойчивая работа данных приводов зависит от качества электроэнергии, поступающей на вход активных выпрямителей. Одним из значимых показателей, в данном случае, является провал напряжения, возникающий во внешней питающей сети завода,



негативное влияние которого заключается в увеличении тока на входе активных выпрямителей и снижении напряжения в звене постоянного тока. Данное явление приводит к срабатыванию защиты электроприводов, аварийной остановке процесса прокатки, получению внеплановых простоев и браку выпускаемой продукции.

Имеющиеся на сегодняшний день способы снижения влияния внешних провалов напряжения имеют ограниченную эффективность, особенно при провалах глубиной более 20%. В этой связи актуальной задачей является разработка научно обоснованных технических решений, направленных на повышение устойчивой работы электроприводов прокатных станков, за счет применения собственных резервов реактивной мощности, заложенных в статических тиристорных компенсаторах.

### **Объем, структура и содержание диссертации**

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

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы.

**В первой главе** приведен литературный обзор по тематике исследований, на основе которого автор выполнил анализ существующих устройств компенсации реактивной мощности. На примере металлургического завода ЗАО «ММК Metalurji» показано негативное влияние провалов напряжения на работу электроприводов стана горячей прокатки 1750. Помимо этого, представлен обзор наиболее известных способов ограничения влияния провалов напряжения на работу электроприводов стана.

**Вторая глава** посвящена статистическому анализу провалов напряжения, зарегистрированных на главной понизительной подстанции предприятия. Результат анализа позволил автору выявить качественные зависимости между частотой провалов напряжения и погодными условиями. Полученные

зависимости использованы автором диссертации для разработки новых режимов работы систем электроснабжения компактных металлургических предприятий.

**Третья глава** диссертации посвящена разработке имитационных моделей электротехнического комплекса «дуговая сталеплавильная печь – статический тиристорный компенсатор – прокатный стан». В рамках данной главы автором приведено описание работы классической системы управления СТК и разработана усовершенствованная система, позволяющая выполнять быстродействующую диагностику и демпфирование провалов напряжения.

**В четвертой главе** автором диссертации произведена разработка инженерной методики выбора параметров СТК с учетом новых дополнительных функций демпфирования провалов напряжения, возникающих во внешней питающей сети. Также в данной главе даны рекомендации по построению внутризаводских систем электроснабжения компактных металлургических предприятий, в которых для обеспечения компенсации провалов напряжения должно быть выполнено объединение шин среднего напряжения электросталеплавильного и прокатного комплексов.

**В пятой главе** произведена проверка эффективности предложенных научно-технических решений. Используя статистические данные о провалах напряжения за несколько лет автором диссертации выполнена оценка демпфирующей способности СТК 330 МВАр с учетом фактического времени работы ДСП-250. Таким образом определено, что порядка в 70 процентах случаев удастся сохранить устойчивую работу электроприводов прокатного стана горячей прокатки 1750 при провалах напряжения.

**В приложениях** содержатся технические характеристики исследуемого электротехнического комплекса, результаты экспериментальных исследований электрических режимов работы системы управления СТК, а также акт об использовании результатов диссертации на металлургическом заводе ЗАО «ММК Metalurji».

## **Научная новизна и достоверность полученных результатов**

1. В рамках диссертационных исследований показаны новые качественные зависимости между погодными условиями и частотой возникновения провалов напряжения, за счет чего учитывается фактор сезонности при разработке мероприятий, направленных на повышение устойчивости электроприводов при провалах напряжения.

2. В диссертации представлена усовершенствованная система управления статическим тиристорным компенсатором дуговой сталеплавильной печи, позволяющая выполнять быстродействующую диагностику и демпфирование провалов напряжения в системе внутриводского электроснабжения, за счет применения ПИД-регулятора напряжения.

3. Разработана инженерная методика выбора параметров СТК для электросталеплавильных и прокатных комплексов, позволяющая определить номинальную мощность СТК с учетом дополнительной функции компенсации провалов напряжения.

4. Разработаны новые режимы работы систем внутриводского электроснабжения компактных металлургических заводов, основанные на объединении секций шин среднего напряжения электросталеплавильного и прокатного комплексов.

5. Результаты диссертационной работы могут быть использованы при проектировании новых компактных металлургических заводов, имеющих в своем составе сверхмощные дуговые печи и агрегаты станов горячей и холодной прокатки.

Достоверность и обоснованность научных положений базируется на корректном применении основных законов теории электрических цепей, теории автоматического управления 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 17 печатных работах, из них 3 научные статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 научные публикации в изданиях, входящих в систему цитирования Scopus. Кроме указанных работ получен патент на полезную модель и опубликована научная монография.

### **Заключение о соответствии диссертации установленным критериям**

На основе проведенного анализа предоставленных материалов можно сделать вывод, что диссертационная работа Ивекеева В.С. полностью отвечает всем критериям, которые установлены «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. В ней соблюдены следующие принципы соответствия:

1. Указанная соискателем цель работы «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» реализована в рамках представленной диссертации.

2. Автореферат диссертации Ивекеева В.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 автором структурно и содержательно.

4. Научные публикации Ивекеева В.С., изданные в период с 2012 по 2020 гг., с достаточной полнотой отражают сущность диссертационной работы, а также полученные результаты и выводы.

5. Тема и содержание диссертации Ивекеева В.С. соответствуют паспорту специальности 05.09.03 – 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, бытового и специального назначения (система управления статическим тиристорным компенсатором, входящим в состав электротехнического комплекса, а также электроприводы прокатных станов на базе ПЧ с АВ).

- объекту исследования, в плане развития общей теории электротехнических комплексов и систем, изучения системных свойств и связей, физического, математического, имитационного и компьютерного моделирования компонентов электротехнических комплексов и систем, а также разработки, структурного и параметрического синтеза электротехнических комплексов и систем, их оптимизации и разработки алгоритмов эффективного управления (разработка имитационных моделей электротехнического комплекса «ДСП-СТК-прокатный стан», новой инженерной методики выбора установленной мощности СТК, а также рекомендаций по построению систем электроснабжения компактных металлургических предприятий).

Диссертационная работа Ивекеева В.С. написана доступным языком, корректным в научном и техническом отношении. Материалы и результаты исследований изложены в объеме, достаточном для понимания, четко, доступно и репрезентативно, что позволило автору раскрыть научно-техническую значимость диссертационной работы на необходимом квалифицированном уровне. Замечаний, связанных с оформлением диссертации нет.

#### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе не связана длительность провала напряжения с работой релейных защит, установленных на ГПП. Также не описано влияние ограничителей перенапряжения при внешних однофазных коротких замыканиях.

2. В первой главе при анализе возможных решений, направленных на снижение влияния провалов напряжения, автором не рассмотрен вариант повышения уставок защит электроприводов прокатных станов.

3. В четвертой главе указано, что для достижения устойчивой работы электроприводов прокатных станов при провалах напряжения должна быть обеспечена параллельная работа прокатного и электросталеплавильного комплексов. Автором не раскрыто влияние печи, работающей в режиме расплава, на работу чувствительных электроприемников прокатного производства?

4. В пятой главе автором определена вероятность безотказной работы электроприводов стана горячей прокатки. Необходимо уточнить является ли данная вероятность достаточной для работы электрического оборудования.

#### **Заключение по диссертационной работе**

Ведущая организация считает, что диссертация Ивекеева Владимира Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором единолично. Приведенные выше дискуссионные положения могут быть полезны в дальнейшей научной деятельности Ивекеева В.С., а критические замечания не имеют принципиального характера и не снижают ценности диссертации.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. В диссертационной работе представлено решение актуальной задачи повышения устойчивости работы электроприводов прокатных станов при провалах напряжения за счет применения статического тиристорного компенсатора.

Диссертация 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.

Диссертационная работа Ивекеева В.С. заслушана и обсуждена на заседании кафедры электрооборудования ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» протокол заседания № 3 от «22» ноября 2021 г.

Заведующий кафедрой  
электрооборудования, доцент  
кандидат технических наук

Зацепин Евгений Петрович

24. 11. 2021 г.

Подпись Зацепина Е.П. заверяю:

**Сведения об организации:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет».

Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д.30, Корпус Б: 398600, Россия, г. Липецк, ул. Интернациональная, д.5.

Тел./факс: +7 (4742) 328-000 / +7 (4742) 310-473

E-mail: mailbox@stu.lipetsk.ru

Сайт: <http://www.stu.lipetsk.ru>

Кандидатская диссертация Зацепина Е.П. защищена по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.



Подпись удостоверяю  
Специалист ОК ЛГТУ   
24. 11. 2021 г.