

**ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**  
**на диссертационную работу Тулупова Платона Гарриевича**  
**«Улучшение энергетических показателей электродуговой печи за счет системы управ-**  
**ления с анализом гармоник напряжений дуг»**  
**по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы**

Тулупов Платон Гарриевич в 2015 году окончил кафедру автоматизированного электропривода и мехатроники, получил диплом бакалавра с отличием по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника». В период с 2015 по 2017 гг. обучался в магистратуре кафедры АЭПиМ по аналогичному направлению подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника». Магистратуру также окончил с отличием. С 2017 по 2021 гг. обучался в очной аспирантуре МГТУ им. Г.И. Носова по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы», диссертационные исследования также выполнял на кафедре автоматизированного электропривода и мехатроники. За время обучения успешно выполнил образовательную программу и сдал кандидатские экзамены.

За время обучения в аспирантуре Тулупов П.Г. 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 на базе электродуговых печей, разрабатывать новые научно обоснованные технические решения по улучшению энергетических показателей ДСП за счет применения систем управления электрическими режимами с анализом гармонического состава напряжений дуг. Также необходимо отметить, что исследованиями в области энергоэффективного управления электротехническими комплексами на базе ДСП Тулупов П.Г. начал заниматься с 2013 года. За прошедший период он являлся исполнителем большого количества НИОКР по оптимизации электрических режимов электродуговых печей, проводимых на различных металлургических предприятиях России и зарубежья. Результаты исследований Тулупова П.Г. имеют хорошую апробацию на международных и зарубежных научно-технических конференциях, проводимых под эгидой IEEE, включая очные доклады, сделанные лично соискателем, на зарубежных конференциях в Германии (г. Бохум) и Франции (г. Компьень). В 2014 и 2016 гг. Тулупов П.Г. проходил научные стажировки на заводе ММК Metalurji (г. Искендерун, Турция) и в компании Danieli Automation (г. Буттрио, Италия), где занимался исследованием современных систем автоматического управления перемещением электродов и электрическими режимами мощных дуговых сталеплавильных печей. За время учебы в аспирантуре благодаря успехам в научной деятельности становился дважды стипендиатом Президента и Правитель-

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА	
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»	
за № _____	_____
Дата регистрации	14.09.21
Фамилия регистратора	_____

ства РФ, был победителем конкурса УМНИК. В период 2020-2021 г. Тулупов П.Г. являлся исполнителем научного проекта, проводимого в рамках государственного задания (научный проект №FRZU-2020-0011).

Актуальность темы диссертации Тулупова П.Г. обусловлена необходимостью разработки новых способов и научно обоснованных технических решений по улучшению энергетических показателей электротехнических комплексов на базе дуговых сталеплавильных печей. В диссертационной работе были получены следующие новые научные результаты:

1. Разработана математическая модель электрического контура ДСП, отличающаяся от известных возможностью расчёта мгновенных значений и гармонического состава напряжений дуг на основе осциллограмм мгновенных значений токов дуг и фазных напряжений с учетом эффекта переноса мощности и взаимного влияния между фазами.

2. Выполнено научное обоснование эффективности применения информации о гармоническом составе напряжений дуг для решения задач энергоэффективного управления ДСП в составе системы управления электрическим режимом. Результаты проведённого обоснования отличаются от известных тем, что получены новые закономерности, отражающие изменения гармонического состава напряжения дуг в зависимости от стадии плавки.

3. Разработана система управления электрическим режимом ДСП, отличающаяся от известных тем, что в ней применяется новый алгоритм переключения  $N_{TP}$  и  $N_{PK}$  с использованием информации о гармоническом составе напряжения дуги.

4. Разработана новая методика определения граничных значений для алгоритма переключения  $N_{TP}$  и  $N_{PK}$  с использованием информации о гармоническом составе напряжения дуги, отличающаяся тем, что величины граничных значений определяются на основе анализа большого массива плавов в соответствии с критерием выхода сигнала тока электрической дуги на участки с различной амплитудой колебаний, обусловленной активным расплавлением твёрдой шихты на начальных стадиях и режимами продувки расплава на стадии доводки.

Практическая ценность и реализация работы заключаются в том, что разработанная усовершенствованная система управления электрическим режимом с применением информации о гармониках напряжений дуг может быть внедрена на действующем технологическом оборудовании ДСП с обеспечением технического эффекта в виде снижения удельного расхода электроэнергии на величину до 1,75%, что подтверждается результатами внедрения системы на базе ШП-125 (ЧерМК, ПАО «Северсталь»). Технический эффект достигается за счёт того, что новая система обеспечивает своевременный переход между сочетаниями  $N_{TP}$  и  $N_{PK}$  в соответствии с реальными технологическими процессами внутри ванны печи и позволяет увеличить тепловой КПД за счет более эффективного использования вводимой мощности на нагрев и расплавление



шихты. Кроме того, результаты работы могут применяться при создании новых и модернизации существующих систем управления электрическим режимом ДСП.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается обоснованностью методологии исследования, проведением теоретических и экспериментальных исследований, а также реальным экономическим эффектом, полученным от внедрения результатов диссертационного исследования в действующее производство на базе дуговой сталеплавильной печи шахтного типа ШП-125.

Следует отметить, что основные результаты диссертационной работы получены соискателем самостоятельно. Результаты диссертации достаточно полно представлены в научных публикациях и апробированы на конференциях. По содержанию диссертации опубликовано 12 научных трудов, в том числе 7 статей в изданиях, индексируемых Scopus, и 5 статей в изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ. Также по результатам исследований получено 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

На основании вышеизложенного заявляю, что диссертационная работа выполнена на достаточно высоком уровне, удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, её автор Тулупов П.Г. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Научный руководитель

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

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

