



«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 Тулупова Платона Гарриевича по теме
«Улучшение энергетических показателей электродуговой печи за счет системы
управления с анализом гармоник напряжений дуг»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Актуальность работы

В настоящее время электрометаллургия является быстроразвивающейся отраслью современной промышленности. При этом существенный объём производства жидкой стали приходится на дуговые сталеплавильные печи (ДСП) с последующей внепечной обработкой расплава в установках ковш-печь (УКП). Несмотря на весомые преимущества, которые обеспечивает эксплуатация ДСП и УКП производителям жидкой стали, оборудование данного типа отличаются существенным энергопотреблением. Вследствие этого, достаточно большое количество исследований в современной научно-технической литературе направлено на снижение энергопотребления ДСП и УКП. Таким образом, тема диссертационной работы, выбранная соискателем, является актуальной и имеет выраженную практическую направленность.

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 исследования, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы.

В первой главе приведен анализ наиболее распространённых систем управления электрическим режимом ДСП и УКП. Подробно рассмотрены типовые варианты структуры профиля плавки, проанализированы основные преимущества и недостатки каждой системы в отдельности. Сделан вывод о том, что существующие системы обладают потенциалом к усовершенствованию в части структуры системы управления второго уровня, который отвечает за формирование электрическим режимом. Обозначена необходимость разработки усовершенствованной системы управления электрическим режимом, в основе профиля плавки которой будет лежать новый, более информативный показатель по сравнению с величиной удельного расхода электроэнергии $W_{уд}$, применяющейся в существующих системах.

Во второй главе разработана математическая модель электрического контура дуговой сталеплавильной печи шахтного типа ШП-125, выбранной в качестве объекта исследования. Отличительной особенностью данной модели является учёт явления переноса мощности, вызванного влиянием взаимных индуктивностей между фазами. Проведена проверка адекватности математической модели путём сопоставления результатов опытов КЗ, полученных в результате моделирования, с результатами, полученными непосредственно на установке. Кроме того, адекватность модели подтверждена фактом попадания моделируемой рабочей точки для заданного набора уставок в доверительные интервалы экспериментального распределения при различных сочетаниях ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой.

В третьей главе предложено использовать в качестве критерия для переключения сочетаний ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой в системе управления второго уровня параметров относительных действующих значений суммарных чётных и нечётных гармоник напряжения дуги. Эффективность предлагаемого подхода обоснована с использованием

ранее разработанной математической модели электрического контура, а также вспомогательной математической модели, позволяющей рассчитывать мгновенные значения напряжений дуг на основе осциллограмм мгновенных значений токов дуг и фазных напряжений.

В четвертой главе разработана новая система управления электрическим режимом ШП-125, в основе которой лежит управление электрическим режимом с использованием информации о гармоническом составе напряжения дуги. Разработан алгоритм работы данной системы, предложены новая структура технологического профиля плавки и методика определения граничных значений.

В пятой главе представлены результаты работы новой системы на действующем оборудовании ШП-125. Произведена оценка технического и экономического эффекта от внедрения новой системы, сформированы рекомендации по внедрению новой системы на других печах различной мощности и класса.

В приложениях представлены схема электроснабжения ШП-125, а также акт внедрения, подтверждающий достижение технического эффекта от внедрения новой системы в виде снижения величины удельного расхода электроэнергии.

Научная новизна и достоверность полученных результатов

1. Разработана математическая модель электрического контура ШП-125, позволяющая рассчитывать мгновенные значения и гармонический состав напряжений дуг на основе осциллограмм мгновенных значений токов дуг и фазных напряжений с учетом эффекта переноса мощности и взаимного влияния между фазами.

2. Научно обоснована эффективность использования информации о гармоническом составе напряжений дуг в составе системы управления электрическим режимом для решения задач управления ДСП. Получены новые закономерности, отражающие изменения гармонического состава напряжения дуг в зависимости от стадии плавки.

3. Разработана система управления электрическим режимом ДСП, в которой применяется новый алгоритм переключения ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой с использованием информации о гармоническом составе напряжения дуги.

4. Разработана методика определения граничных значений для алгоритма переключения ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой с использованием информации о гармоническом составе напряжения дуги, Согласно данной методике, граничные значения определяются на основе анализа большого массива плавок 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.

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 фазных напряжений, а также реальных результатов опытов КЗ, полученных на исследуемом объекте.

Публикации и апробация диссертационной работы

Теоретические и практические результаты, полученные в ходе диссертационных исследований достаточно полно опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК и индексируемых системой Scopus. Кроме того, соискателем получены авторские свидетельства на программы для ЭВМ.

Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

На основе проведенного анализа предоставленных материалов можно сделать вывод, что диссертационная работа Тулупова П.Г. 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 «улучшение энергетических показателей ДСП за счёт разработки и применения системы управления электрическим режимом с автоматической адаптацией напряжения на вторичной стороне печного трансформатора и длин электрических дуг с использованием информации о гармоническом составе напряжения электрической дуги» реализована в рамках представленной диссертации.

2. Автореферат диссертации Тулупова П.Г. 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 Тулупова П.Г. с достаточной полнотой отражают сущность диссертационной работы, а также полученные результаты и выводы.

5. Тема и содержание диссертации Тулупова П.Г. 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 электрическим режимом ДСП с использованием информации о гармоническом составе напряжений дуг).

- 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 имитационной модели электрического контура ШП-125).

Диссертационная работа Тулупова П.Г. 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. Какие изменения в функциональной схеме повлечёт за собой реализация новой системы на печах с классической завалкой и печах с непрерывной подачей шихты конвейером?

2. Как внедрение новой системы управления оказало влияние на иные показатели, помимо удельного расхода электроэнергии, такие как срок службы огнеупорной футеровки, продолжительность плавки, расход электродов и др.?

3. Каковы физические причины тесной взаимосвязи чётных гармоник с величиной показателя вентильного эффекта, а нечётных гармоник – с величиной тепловой постоянной времени электрической дуги?

4. На рис.3.5 диссертации показаны генераторы белого шума и формирующие фильтры. Как осуществляется выбор их параметров при настройке блока формирования возмущающих воздействий по длине дуги?

5. Будет ли влиять изменение соотношения лома и чугуна на граничные значения, при достижении которых осуществляется изменение электрического режима?

Заключение по диссертационной работе

Ведущая организация считает, что Тулупова Платона Гарриевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором единолично. Приведенные выше дискуссионные положения могут быть полезны

в дальнейшей научной деятельности Тулупова П.Г., 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 энергоэффективности работы дуговых сталеплавильных печей.

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, Тулупов Платон Гарриевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Диссертационная работа Тулупова П.Г. 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.



7



24.11.2021