

ОТЗЫВ

Официального оппонента, доктора технических наук
Нехамина Сергея Марковича на диссертационную работу
Тулупова Платона Гарриевича на тему: «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

1. АНАЛИЗ ДИССЕРТАЦИИ

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

Дуговые сталеплавильные печи (ДСП) и установки ковш-печь (УКП) являются основными электрометаллургическими агрегатами производств конструкционных и легированных сталей. Их энергетические и технико-экономические характеристики в значительной мере определяют экономические показатели металлургических предприятий. Особенностью ДСП и УКП является высокий расход электроэнергии, который оказывает прямое влияние на себестоимость конечного продукта производственного цикла. Существенное воздействие на энергозатраты и производительность процесса выплавки стали оказывает система управления электрическим режимом печи. Не смотря на то, что адаптивному управлению режимом ДСП по данным гармонического состава тока или напряжения дуги посвящено много публикаций, удовлетворительного решения этой задачи не было найдено. В связи с этим современные системы управления дуговыми печами, как правило основаны на других принципах.

Тем не менее, высокая информативность гармонического состава тока и напряжения, надежность каналов такой информации придают привлекательность данному способу управления, а теме рассматриваемой работы, посвященной улучшению энергетических показателей электродуговой печи, актуальность.



В диссертационной работы Тулупова П.Г. поставлена цель улучшить энергетические показатели работы ДСП путем автоматической адаптации напряжения на вторичной стороне печного трансформатора и длины электрических дуг с учетом информации о гармоническом составе напряжения электрической дуги при управлении электрическим режимом. Для достижения данной цели в этой работе поставлены и решены следующие научные и практические задачи:

1. Выполнить анализ существующих систем управления электрическим режимом и перемещением электродов дуговых сталеплавильных печей, функционирующих на отечественных и зарубежных металлургических предприятиях;

2. Разработать математическую модель электрического контура ДСП, обеспечивающую расчёт мгновенных значений и гармонического состава напряжений дуг на основе осциллограмм мгновенных значений токов дуг и фазных напряжений с учётом эффекта переноса мощности и взаимного влияния между фазами;

3. Выполнить теоретические и экспериментальные исследования гармонического состава напряжений электрической дуги на дуговой сталеплавильной печи шахтного типа ШП-125, как одной из наиболее совершенных агрегатов данного топа;

4. Разработать усовершенствованную систему управления электрическим режимом ШП-125 с использованием информации о гармоническом составе напряжений дуг;

5. Определить эффективность усовершенствованных алгоритмов на действующем электросталеплавильном производстве.

Решению указанных задач посвящено пять глав диссертации.

В первой главе диссертации выполнен подробный анализ существующих систем управления электрическим режимом ДСП и УКП, таких как ARCOS, Simelt (Primetals Technologies, ранее Siemens VAI, VAI Fuchs, Vantron, Германия), HI-REG, Q-REG (Danieli, Италия), E.M.P.E.R.E,

A.R.C.E.L.E.C (Amec Spie, Франция), DECTEQ (Ferrotron, Германия) и DigitArc (AMI, Мексика). Выявлены основные преимущества и недостатки данных систем, обозначена необходимость разработки новых, более эффективных алгоритмов управления электрическим режимом.

Вторая глава посвящена разработке математической модели электрического контура дуговой сталеплавильной печи шахтного типа ШП-125 с технологией предварительного подогрева металлошихты отводимыми газами. С использованием экспериментальных данных, выполнен расчёт параметров схемы замещения электрического контура, разработана структурная схема, проведена оценка адекватности.

В третьей главе детально рассмотрен вопрос эффективности использования параметров относительных действующих значений суммарных чётных и нечётных гармоник напряжения дуги для управления электрическим режимом печи. С использованием имитационного моделирования и экспериментальных данных, обоснована тесная взаимосвязь между гармоническим составом напряжения электрической дуги и технологической стадией плавки. Описаны основные преимущества, которые предоставляет предлагаемый в диссертационном исследовании подход по сравнению с существующими решениями. Доказано, что анализ чётных гармоник в наилучшей мере подходит для решения задач диагностики стадии плавки на начальных этапах, а нечётных – на конечных.

В четвертой главе на основе выполненных автором исследований разработана новая система управления электрическим режимом ДСП, в которой управление процессом переключения сочетаний ступени печного трансформатора и номера рабочей кривой осуществляется с использованием отдельного анализа уровня чётных и нечётных гармоник в составе сигнала напряжения электрической дуги. Предложен алгоритм управления для новой системы, а также новая структура профиля плавки, для которой, в свою очередь, разработана методика определения

граничных значений, которая базируется на анализе большой выборки плавок.

В пятой главе представлены результаты работы новой системы на ШП-125. Показано, что внедрение новых технических решений позволило достичь сокращения величины удельного расхода электроэнергии печи, что соответствует цели диссертационного исследования. Помимо этого, сформированы рекомендации по внедрению новой системы на других производственных площадках,.

Диссертационная работа Тулупова П.Г. 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».

1.2 Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность принимаемых в работе основных технических решений обуславливлена корректным применением теоретических и экспериментальных методов исследования, а также правомерностью исходных положений и предпосылок. Выводы и рекомендации автора диссертация основаны на математической обработке полученных им экспериментальных данных, снятых на действующей промышленной печи.

1.3 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 журналах различного уровня.

По мнению официального оппонента научная новизна результатов работы может быть определена рядом положений, в числе которых:

1) Математическое описание электрического контура ДСП, обеспечивающее возможность расчёта мгновенных значений и гармонического состава напряжений дуг на основе экспериментальных данных;

2) Обоснование эффективности применения информации о гармоническом составе напряжений дуг для энергоэффективного управления ДСП и получение временных зависимостей, отражающих изменение гармонического состава напряжений дуг на различных стадиях плавки;

3) Разработка системы управления электрическим режимом ДСП, в которой применяется новый алгоритм переключения ступени печного трансформатора и выбора номера рабочей кривой в совокупности с новой методикой для определения граничных значений, необходимых для функционирования данного алгоритма.

4) Особо следует отметить важность выполненной автором оценки влияния взаимной индуктивности фаз по снятым на объекте экспериментальным данным и методику восстановления по ним кривых мгновенных значений напряжений на дугах.

5) Необходимо отметить высокую трудоемкость выполненных автором экспериментальных исследований, кропотливость в отработке методики их проведения и статистической обработки полученных результатов с помощью современных технических и программных средств.

1.4 Практическая значимость и реализация полученных результатов

Практическая значимость и реализация результатов работы заключаются в том, что разработанная система управления электрическим режимом может использоваться на действующем технологическом оборудовании ДСП с обеспечением технического эффекта в виде снижения удельного расхода электроэнергии. Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к применению при проектировании новых металлургических предприятий.

2. ДИСКУССИОННЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ЗАМЕЧАНИЯ

1. В схеме проведения экспериментов 2-х и 3-х фазного короткого замыкания (рис. 2.5 диссертации) введенное сопротивление R_N в нейтрали приводит к погрешности измерения напряжения на электродах. Это сопротивление желательно исключить из схемы.

2. Выражение (2-40) $K_{\text{КО}} = \frac{E_{\text{г.г.}}}{E_{\text{г.г.}}} = \frac{I_{\text{г.г.}}}{I_{\text{г.г.}}}$, для нелинейной цепи не обосновано.

3. По используемым для выбора профиля плавки коэффициентам износа футеровки КИФ и интенсивности нагрева КИН, активной мощности дуги P_d в работе не сформулирован критерий оптимизации электрического режима. Чем обоснован выбор электрического режима и является ли он оптимальным для каждого периода плавки – не ясно.

4. Претерпела ли какие-либо изменения структура системы управления гидравлическим приводом перемещения электродов? Как в данной системе работают вспомогательные блоки, такие как блок зажигания дуги, блок ограничения тока и т.д. (рис.5.1 диссертации)? Изменились ли настройки этих блоков?

5. Название главы 2 не вполне отражает ее содержание.

6. В расчете экономического эффекта от внедрения разработанной автором системы управления не учтено повышение производительности печи в результате снижения удельного расхода электроэнергии и соответствующего сокращения длительности плавки. Это приводит к

снижению условно постоянных расходов предприятия на тонну выплавленной стали и может значительно превысить экономию платежей за электроэнергию.

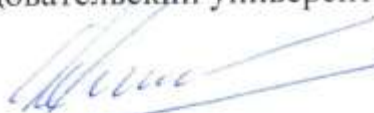
3. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Тулупова Платона Гарриевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, и обладает актуальностью, новизной и практической значимостью. В ней изложены научно обоснованные технические решения и разработки по реализации новой системы управления электрическим режимом ДСП с использованием информации о гармоническом составе напряжений дуг.

Представленная диссертация «Улучшение энергетических показателей электродуговой печи за счет системы управления с анализом гармоник напряжений дуг» соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациями в соответствии с п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней от 24.09.2013 г. № 812, а ее автор, Тулупов Платон Гарриевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.


Официальный оппонент

Доктор технических наук (специальность 05.09.10- «Электротехнология»), профессор кафедры электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»



Нехамин Сергей Маркович

Подпись профессора кафедры электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий, доктора технических наук С.М. Нехамина заверяю:

1 Л.И. ПОСЛАВАЯ 1

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УЧРЕЖДЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ