

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Рыжевола Сергея Сергеевича
«Улучшение энергетических показателей установок ковш-печь за счет применения
усовершенствованных алгоритмов управления электрическими режимами»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

Современное производство стали характеризуется возрастающей долей электросталеплавильных процессов с использованием мощных электродуговых печей (ДСП) и установок ковш-печь (УКП). УКП применяются для внепечной обработки жидкой стали с целью достижения требуемых температурных и химических параметров перед непрерывной разливкой. Особенностью данных установок является использование высокоомощных трансформаторов (свыше 20 МВА), что обуславливает значительное электропотребление, напрямую зависящее от эффективности систем автоматического управления. В настоящее время на УКП преимущественно применяется полуавтоматическое управление, при котором оператор вручную задаёт уровень вторичного напряжения трансформатора и рабочие кривые, определяющие длину дуги, на основе технологических инструкций и визуальной оценки процесса. Система автоматизации обеспечивает поддержание заданных уставок импеданса контура и позиционирование электродов. Данный подход демонстрирует низкую эффективность в реальных производственных условиях, поскольку не обеспечивает динамической адаптации электрических параметров (напряжения, мощности, тока дуги) к изменяющимся условиям обработки, таким как интенсивность продувки аргоном или состояние шлакового режима. Это часто приводит к работе с открытыми дугами, характеризующимися низким тепловым КПД, повышенными тепловыми потерями и перерасходом электроэнергии. Таким образом, разработка и внедрение адаптивных алгоритмов управления, способных автоматически корректировать ступень напряжения трансформатора и уставки импеданса в ответ на изменения условий горения электрической дуги для оптимизации энергопотребления является **актуальной задачей**.

В диссертационной работе Рыжевола С.С. решена научно-техническая задача повышения энергоэффективности установок ковш-печь (УКП) путем разработки адаптивных алгоритмов управления их электрическими режимами. Теоретически и экспериментально доказано, что эффективное управление может быть основано на анализе гармонического состава токов дуг, коррелирующего с их тепловым КПД. На этом основании предложен новый алгоритм, автоматически корректирующий длину дуг и ступень напряжения трансформатора. В его основе лежит поддержание в процессе нагрева расчетного значения коэффициента шлака, определяемого через суммарный коэффициент искажения синусоидальности токов дуг. При отклонении коэффициента шлака от оптимального значения система сначала корректирует уставки импеданса вторичного контура для изменения длины дуг. Если этого недостаточно, автоматически изменяется ступень напряжения печного трансформатора. Для повышения эффективности алгоритма разработана методика выбора оптимальных несимметричных режимов горения дуг. Она определяет фазные уставки импеданса с учетом локальных возмущений на поверхности металла

(например, от продувочных блоков в днище ковша). Импедансы фаз, расположенных над участками с открытым зеркалом металла, снижаются, что повышает стабильность горения дуги и её тепловой КПД.

Основными научными результатами диссертации, обладающими *научной новизной*, практической и теоретической *значимостью*, являются:

1. Результаты экспериментальных исследований взаимосвязи суммарного коэффициента гармонических искажений токов дуг и общего КПД дуг от режимов аргонной продувки и шлаковых режимов, доказывающие возможность улучшения энергетических показателей У КП за счет применения специальных электрических режимов с динамической коррекцией уставок импеданса вторичного электрического контура и ступеней Р П Н печного трансформатора в функции уровня высших гармоник токов дуг.

2. Усовершенствованные алгоритмы автоматического управления электрическими режимами У КП с динамической адаптацией уставок импеданса вторичного электрического контура У КП и ступеней Р П Н печного трансформатора, обеспечивающие повышение КПД электрических дуг и снижение удельного расхода электроэнергии электротехнического комплекса «Питающая сеть – У КП».

3. Методика задания оптимальных электрических режимов У КП, учитывающая расположение оборудования аргонной продувки и позволяющая находить значения уставок импедансов вторичного электрического контура, задающих наилучшую несимметрию длин дуг, которая обеспечивает увеличение КПД дуг в фазах, расположенных в непосредственной близости к зеркалам жидкого металла на поверхности ванны в стальковше.

4. Результаты экспериментальных исследований эффективности усовершенствованного алгоритма автоматического управления электрическими режимами У КП, доказывающие наличие технического эффекта по уменьшению удельного расхода электроэнергии.

Результаты диссертационной работы *внедрены* в действующие электротехнические комплексы с У КП, функционирующих на ЧерМК ПАО «Северсталь» и ПАО «ММК». Применение усовершенствованных алгоритмов управления обеспечило снижение удельного расхода электроэнергии У КП на 2-3% относительно исходных режимов, что с учетом значительного электропотребления У КП является значительным техническим эффектом.

Замечания по автореферату:

1. В автореферате на рис. 8 не указаны численные значения КПД электрических дуг для случаев частичного и полного их экранирования. Показаны только действующие значения токов дуг.

2. В автореферате не указаны значения КПД дуг при использовании режимов коротких, средних и длинных дуг, задаваемых уставками импеданса вторичного электрического контура, рассчитанными по разработанной методике.

3. В автореферате в блок-схеме алгоритма отсутствует функция адаптации электрических режимов У КП к изменению напряжения питающей сети 35 кВ. Присутствует ли данная функция в алгоритмах, реализованных на действующем производстве?

Указанные замечания не снижают значимость полученных научных и практических результатов диссертации.

Диссертационная работа Рыжевола С.С. *соответствует* существующим критериям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, согласно Положению о присуждении ученых степеней ВАК Минобрнауки России, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (в действующей редакции), а ее автор Рыжевол Сергей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Профессор кафедры электротехники
и электрооборудования предприятий
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»,
доктор технических наук, доцент



Саттаров Роберт Радилович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический
университет» (ФГБОУ ВО "УГНТУ")

Адрес: 450064, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов 1.

Тел.: (347) 242-07-59; факс: (347) 242-07-59

E-mail: sattar.rb@gmail.com

Докторская диссертация Саттарова Р.Р. защищена по специальности
05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Подпись Саттарова Р.Р. заверяю,
проректор по научной и инновационной
работе, доктор технических наук, профессор



И.Г. Ибрагимов