

М.В.Буканова, А.Я.Жук

**АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОДОВ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ***Запорожская государственная инженерная академия*

Розглянуто головні конструкції механізмів переміщення електродів дугових сталеплавильних електропечей.

Рассмотрены основные конструкции механизмов перемещения электродов дуговых сталеплавильных электропечей.

*Введение.* Дуговые электросталеплавильные печи крупными потребителями электроэнергии на Украине, что требует особого внимания к управлению их электрическим режимом. Сегодня удельный расход электроэнергии на дуговых сталеплавильных печах отечественных заводов на 15...20% выше, чем на последних образцах зарубежных предприятий. Одним из направлений решения данной проблемы является усовершенствование системы управления электрическим режимом, что позволяет сократить электрические и тепловые потери.

Проблемы регулирования электрической дуги, а также электрических параметров дуговых сталеплавильных печей, высокая скорость подъема электрода при образовании в печи короткого замыкания и высокая скорость его опускания – при обрыве дуги, создаваемой электродом, являются важными задачами современной теории печей данного типа.

Механизм перемещения электродов имеет исключительно большое значение для управления электрическим режимом печи, так как его работа определяет качество автоматического регулирования электрического режима плавки, которое, в свою очередь, оказывает влияние на производительность печи, удельный расход электроэнергии. Отклонения электрического режима от заданного устраняют путем перемещения электродов за единицы или доли секунд. При установке электрода в печи необходимо обеспечить заданную длину дуги с точностью до нескольких миллиметров, так как длина дуги может составлять всего 10...20 мм [1].

*Анализ публикаций.* Механизмы перемещения электродов, оснащенные электромеханическим приводом, пока еще по качеству работы уступают механизмам с гидравлическим приводом поступательного действия. Однако не во всех механизмах целесообразно применение гидравлических приводов и особенно в дуговых печах вместимостью до 25 т. Поэтому целесообразно улучшить показатели работы электромеханических приводов механизмов перемещения электродов с использованием средств автоматизации для вывода на новый качественный уровень работы, который был бы сопоставим с работой гидравлических приводов.

Исполнительный механизм с электромеханическим приводом состоит из электродвигателя, редуктора (червячного или цилиндрического), механической передачи (канатно-барабанной, реечной или винтовой), а также конструкций, несущих электрод. Для быстрой ликвидации толчков тока в период расплавления шихты необходим подъем электродов с большой скоростью, которая зависит от скорости установившегося движения и от времени разгона механизма [2].

Под временем разгона подразумевается время между временем изменения электрического режима печи и временем, когда механизм подъема достигает установившейся скорости.

Время разгона зависит от суммарного приведенного момента инерции всех подвижных частей механизма, а также от скорости, с которой автоматический регулятор, управляющий механизмом перемещения электродов, реагирует на отклонения в печи. В свою очередь, суммарный приведенный момент инерции системы зависит, прежде всего, от конструктивного выполнения механизма подъема электродов и должен быть по возможности как можно меньшим для обеспечения приемлемых показателей качества регулирования. Основными из них являются время запаздывания и быстродействие [2].

Механизм с канатно-барабанной передачей имеет время запаздывания 300...400 мс. В процессе эксплуатации вследствие увеличения зазоров время запаздывания возрастает до 800...1000 мс. Расчетами установлено, что при запаздывании в системе равном ~100 мс заметно снижается допустимая скорость перемещения электродов. Высокие значения инерционности и запаздывания обусловлены наличием инерции двигателя, зазоров в передачах, сухого трения в механизмах системы. Наряду с этим быстродействие системы регулирования ограничено упругостью звеньев исполнительных механизмов, которая при высоких скоростях перемещения электродов приводит к механическим колебаниям, которые передаются регулятору и ухудшают его работу [3]. Однако при использовании данного механизма обеспечивается наименьшая вероятность поломки электродов при их соприкосновении с твердой шихтой.

Также находят применение механизмы с жесткой связью, в которых канатную передачу заменяют реечной. Реечный механизм по сравнению с канатным имеет большую надежность и простоту обслуживания, а также меньшую инерционность [4]. Однако запаздывание достигает значительной величины и составляет 75...150 мс [1]. Наименьшее запаздывание (не более 60 мс) имеет гидравлический привод, который выполняют с объемным и дроссельным управлением. Гидравлический привод с объемным управлением является электромеханическим приводом с гидравлической передачей, преимущество которого заключается в высоком КПД передачи, а недостаток – в сложности и громоздкости [3]. К преимуществам гидравлического механизма с дроссельным управлением относятся незначительные инерционность и время запаздывания, возможность быстрого изменения скорости перемещения электродов путем бесступенчатого регулирования, плавность движения, компактность. Однако этот механизм требует тщательного ухода и частых профилактических осмотров [4]. Гидропривод особенно удобен при четырех Г-образных каретках (бифилярная короткая сеть), когда нужно точно синхронизировать движение двух крайних кареток. Основное затруднение при применении гидроприводов – обеспечение надежного и долговечного уплотнения. Кроме того, для размещения гидравлического привода требуется большее помещение, чем для электромеханического привода.

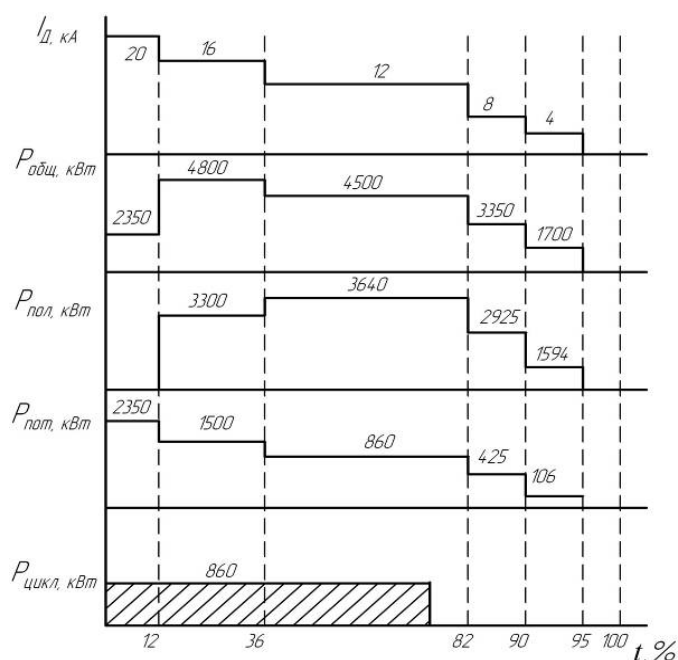
Вопрос о преимущественном применении электрического или гидравлического привода в настоящее время еще не решен, так как оптимальную скорость движения электродов (до 6 м/мин) достигают в обоих случаях [4].

*Постановка задачи.* Задачей работы является изучение возможности сокращения времени регулирования (отработки перемещения) регулятором мощности печи, а, следовательно, снижение электрических и тепловых потерь. Известно, что время регулирования и точность отработки заданного перемещения зависит не только от регулятора мощности, но и от механизма перемещения. На рис.1 приведена диаграмма энергетических показателей для периода расплавления в печи вместимостью 10 т при использовании регулятора мощности с электромеханическим приводом и канатно-

барабанной передачей. Данная печь находится на ОАО «Краматорский металлургический завод». Из рис.1 видно, что 12% времени плавления шихты происходит отклонение режима работы печи, переходящее в короткие замыкания и обрывы дуги. В таком режиме вся мощность расходуется на потери и полезная мощность равна нулю. Это самый неблагоприятный режим работы печи. Необходимо, чтобы время работы печи на этом участке стремилось к нулю, что и должен осуществлять регулятор мощности. По сравнению с электромеханическим приводом перемещения электродов, гидравлический привод более точно отрабатывает задание при высоком быстродействии системы: такая система управления электроприводами перемещения электродов установлена на дуговых сталеплавильных печах вместимостью 100 т.

Все современные дуговые сталеплавильные печи вместимостью 1,5 т и больше оснащаются автоматическими регуляторами мощности, которые обеспечивают поддержание мощности печи на определенном уровне, заданном программой; быструю ликвидацию всех нарушений режима, в частности технологических коротких замыканий, обрывов электрических дуг и т.п. [5].

В процессе работы регулятор воздействует на привод механизма перемещения электродов, восстанавливая длину дугового промежутка, соответствующую заданной мощности печи. Переключение ступеней напряжения печного трансформатора для регулирования мощности печи по периодам плавки осуществляют либо вручную – оператором, либо с помощью автоматических устройств [6].



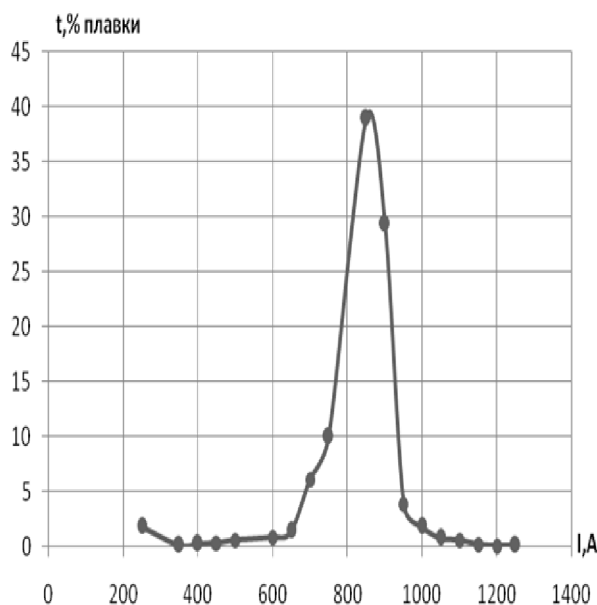
**Рисунок 1** – Диаграмма энергетических показателей периода расплавления печи вместимостью 10 т с электромеханическим приводом регулятора мощности и канатно-барабанной передачей

На рис.2 и 3 приведены зависимости тока и мощности в процентах от времени плавки почти идеального случая плавления, когда шихта однородна и все элементы управления хорошо налажены.

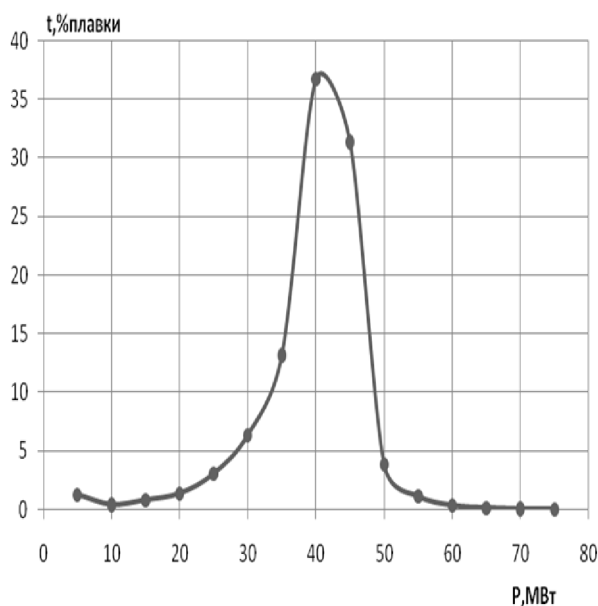
Из графиков видно, что на токах короткого замыкания и обрывах дуги печь работает всего 0,1% длительности плавки, а при номинальных токах или близких к ним значениях около 70%. Это требуемое качество регулирования, к которому следует стремиться при

построении системы регулирования электрическим режимом печи и, как следствие, показывает неоспоримые преимущества гидравлических приводов над электромеханическими. Однако в реальности даже гидравлический привод имеет резервы по улучшению его работы.

Расход электроэнергии в самом механизме передвижения электродов ничтожно мал по сравнению с расходом на выплавку металла, (суммарная мощность двигателей трех механизмов перемещения электродов составляет менее 1% мощности печного трансформатора).



**Рисунок 2** – График распределения тока фазы от времени плавки 100-тонной печи с гидравлическим приводом подачи электродов и ременной передачей



**Рисунок 3** – График распределения активной мощности фазы от времени плавки 100-тонной печи с гидравлическим приводом подачи электродов и ременной передачей

Относительно большой расход электроэнергии в механизме передвижения электродов служит признаком неудовлетворительной конструкции самого механизма или регулятора, что может привести к заметному снижению показателей работы печи.

С целью максимального уменьшения мощности механизма полезный груз (вес электрода, рукава, стойки или каретки, вес гибких кабелей) уравнивают противовесом. На электропечах с подвижной кареткой контргрузы помещают внутри стоек - это уменьшает колебания центра тяжести печи по высоте при подъеме электрода, рукава и токоведущих кабелей благодаря противоположному по отношению к электроду движению противовеса; а на печах с перемещающейся колонной – внутри шахты. Известны схемы механизмов с пневматическим и пневмогидравлическим противовесами. Практика работы электропечей показала, что уравнивание системы «электрододержатель – каретка (колонна)» должно быть полным. В некоторых случаях при недостаточных габаритах для увеличения массы при изготовлении противовесов используют свинец, который заливают в стальной каркас. При этом улучшаются условия работы привода и регулятора мощности [3].

*Заключение.* С усложнением технологии и сокращением длительности плавки обслуживающему персоналу дуговых сталеплавильных печей труднее своевременно и адекватно реагировать на текущую информацию о ходе процесса и состоянии оборудования. Комплексная автоматизация и оптимизированное управление, включающие регулирование электрических параметров дуги и перемещение электродов (пофазно), расчет оптимальных расходов кислорода, топлива, шлако- и пенообразующих присадок, режим использования горелок, вдувание кислорода, водяного охлаждения, давления под сводом, ввода материалов в печь и др., должна быть направлена на сокращение потерь времени для принятия оперативных решений, как неотъемлемое условие максимальной производительности и минимальных энергозатрат. Мгновенные расчеты энергетического и материального балансов возможны лишь на базе современной вычислительной техники. Поэтому печи данного типа оснащают способным к самообучению компьютерным регулятором, программа работы которого основана на принципах нейронной сети. Главная особенность новых систем автоматизации заключается в том, что она не стремится приводить электрический и технологический режимы печи к каким-либо стандартным параметрам, заранее заложенным в систему, а учитывая особенности выплавляемой стали, шихты и хода плавки, выдвигают по ходу плавки новые оптимумы, к которым, используя все технологические системы, приводятся электрический и технологический режимы дуговой печи. Использование таких систем позволяет сократить длительность плавки и повысить производительность печи на 2...5%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Окороков Н.В.* Дуговые сталеплавильные печи. - М.: Металлургия, 1971. - 334 с.
2. *Толоконников Л.С.* Расчет и конструирование механизмов электрических печей. - М. - Л.: Госэнергоиздат, 1961. - 240 с.
3. *Строганов А.И., Сергеев Г.Н., Лабунович О.А.* Дуговые электропечи. - М.: Металлургия, 1972. - 288 с.
4. Дуговые сталеплавильные печи. Атлас / *И.Ю.Зинуров, А.И.Строганов, Л.К.Кузнецов* и др. - М.: Металлургия, 1978. - 180 с.
5. *Фотиев М.М.* Электропривод и электрооборудование металлургических и литейных цехов: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1983. - 288 с.
6. *Сапко А.И.* Механическое и подъемно-транспортное оборудование электрометаллургических цехов. - М.: Металлургия, 1972. - 288 с.

Стаття надійшла до редакції 30.12.2008 р.  
Рецензент, проф. Г.П.Малишев