

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Болотова А.А., студ.; Федюн Р.В., доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Развитие промышленности и современной техники предъявляет высокие требования к качеству металлов и сплавов. Современные технологии не смогли бы успешно развиваться без самых разнообразных марок сталей и сплавов, обладающих высокими прочностными или пластическими характеристиками, жаростойкостью, большой электропроводностью и рядом других особых физических свойств.

На сегодняшний день электродуговые печи считаются самыми распространенными и экологически чистыми агрегатами для выплавки стали [1,2]. Возможность сосредоточенного ввода значительного количества тепловой энергии в сочетании с простотой управления подводимой электрической мощности является неоспоримым преимуществом дуговых сталеплавильных печей по сравнению с другими агрегатами для производства стали.

Дуговая сталеплавильная печь – это электрическая плавильная печь, в которой используется тепловой эффект электрической дуги для плавки металлов и других материалов.

Устройство дуговой электропечи включает [1,2]:

- механическую конструкцию;
- электрическую часть;
- оборудование подачи в рабочее пространство технологических газов, порошкообразных и кусковых материалов;
- систему эвакуации отходов производства и газоочистку;
- автоматизированную систему управления технологическим процессом.

Устройство дуговой сталеплавильной печи показано на рис.1 [1,2].

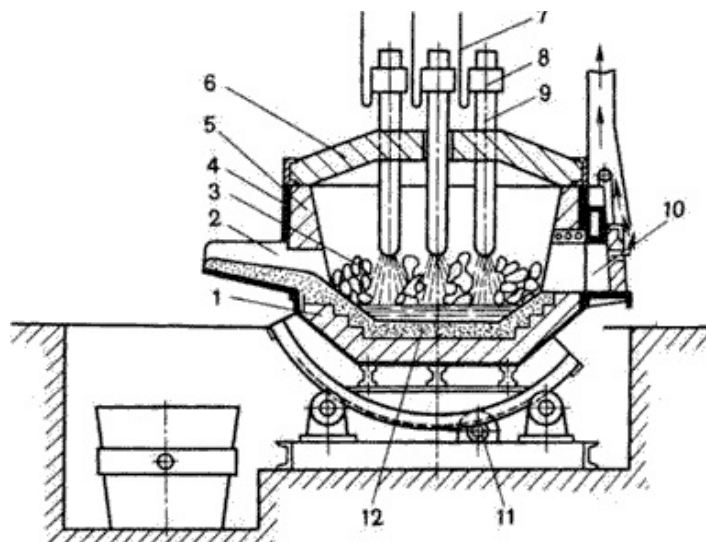


Рисунок 1 – Устройство дуговой сталеплавильной печи (1 – футеровка печи; 2– желоб печи; 3– электрическая дуга; 4– кожух печи; 5 – стенки плавильного пространства печи; 6– свод печи; 7 – гибкий кабель; 8 – электродержатель; 9 – электрод; 10 – рабочее окно печи; 11 – сегмент для наклона печи; 12 – подина печи)

Выплавку стали производят в автоматическом режиме, под тепловым воздействием. Преобразование электрической энергии в тепловую происходит при возникновении электрической дуги, которая представляет собой один из видов дугового разряда, возникающего между графитированными электродами и шихтой.

Дуговая сталеплавильная печь представляет собой сложный объект управления, в котором действует большое число различного рода возмущений, которые можно разделить на несколько категорий [3, 4]:

1. Наличие резких нерегулярных колебаний тока и напряжения дуги, особенно сильных в период расплавления металла. Колебания связаны с неблагоприятными условиями зажигания и горения дуг, замыканиями электродов с шихтой, обрывами дуг при обвалах и резкими перемещениями электродов. Колебания тока неблагоприятно воздействуют на энергетические показатели печей, повышая расход энергии и снижая производительность из-за простоев печи при отключении токовой защитой.

2. Относительно регулярные колебания токов и напряжений с частотой 2-10 Гц, вызываемые перемещением дуги под действием электродинамических сил, вибрацией электродинамических сил, вибрацией электродов, внезапными изменениями проводимости в зоне горения дуг из-за испарения материалов, кипением ванны жидкого металла.

3. Изменения режима, обусловленные нестабильностью питающего печь напряжения сети.

Весь процесс управления дуговой сталеплавильной печью подразделяется на управление электрическим, технологическим и тепловым режимом [4,5]. Упрощенная структурная схема сталеплавильного процесса в дуговой печи показана на рисунке 2.

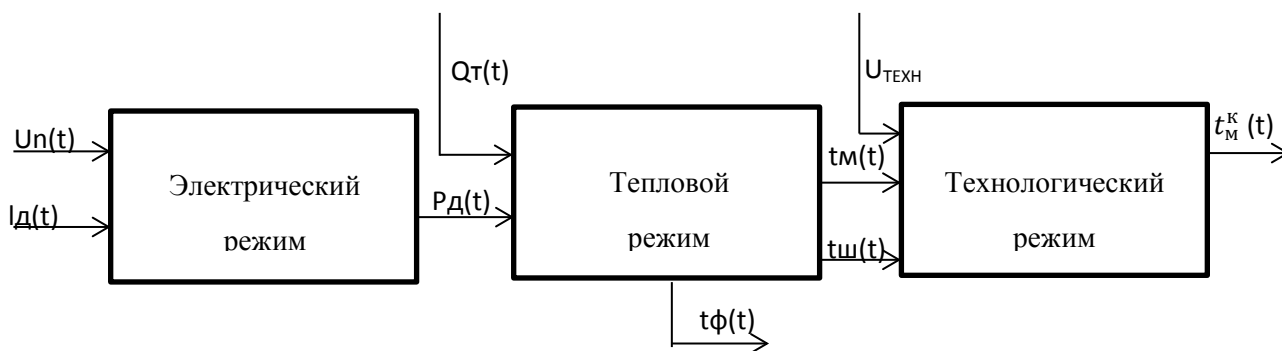


Рисунок 2 – Структурная схема сталеплавильного процесса ($U_n(t)$ – напряжение фазы; $l_d(t)$ – длины дуги; $P(t)$ – электрическая мощность; $Q(t)$ – тепловая мощность газокислородных горелок; $t_m(t)$, $t_\phi(t)$ – температура металла и шлака; $t_\phi(t)$ – температура футеровки; t_M^k – конечная температура металла; $U_{\text{ТЕХН}}$ – технологические управляющие воздействия)

Поскольку в электросталеплавильном процессе в дуговых печах практически все тепло получается из электрической энергии, то возникает необходимость управлять поступлением тепла, т.е. электрическим режимом печи.

Существует жесткая нелинейная связь между током фазы и длиной дуги при определенном напряжении фазы: чем больше длина дуги, тем больше ток фазы. Поскольку мощность пропорциональна проводимому напряжению и протекающему току, то управлять мощностью можно, изменяя напряжение фазы (переключая ступени напряжения печного трансформатора) или, при постоянном подводимом напряжении, изменяя ток фазы. Ток фазы в свою очередь меняется путем перемещения электрода вызывающего изменение длины дуги. Очевидно, что одна и та же мощность может вводиться при разных ступенях напряжения трансформатора и разных длинах дуг.

При рассмотрении электрического режима как объекта управления управляемой величиной является мощность дуги, а управляющими воздействиями служат напряжение фазы (ступень напряжения трансформатора) и сила тока (длина дуги)

Важнейшим вопросом при разработке САУ мощностью дуговой сталеплавильной печи является выбор переменной регулирования. Измерение длины дуги физически невозможно, поэтому используются косвенные параметры, выбор которых осуществляется по следующим критериям [4,5]:

- наличие функциональной связи косвенного параметра и длины дуги;
- реализуемость и наличие датчиков для измерения и контроля такого параметра;
- приемлемые технические характеристики датчиков.

Длина дуги позволяет максимизировать количество тепла, выделяемого в дуге. Регулирование мощности вводимой в печь целесообразно реализовывать путем изменения длины дуги за счет перемещение электрода. Отношение скорости изменения силы тока dI/dt к заданной постоянной скорости перемещения электрода $v=dL/dt$ в момент, когда сила тока переходит через номинальное значение определяется по формуле:

$$K = \frac{dI}{dL}$$

Исполнительным механизмом для воздействия на длину дуги является привод перемещения электрода. Механизмы перемещения электродов должны обладать следующими характеристиками:

- максимально возможный КПД и минимальное отличие в статических моментах нагрузки при подъеме и опускании электродов;
- невозможность опускания электродов под действием собственной массы;
- минимальные зазоры и люфты в кинематической передаче;
- максимальную жесткость электродов при упоре на шихту или непроводящий скрап;
- необходимую надежность работы, удобство при ремонте и обслуживании.

Проанализировав требования к характеристикам механизма перемещения электродов целесообразно будет использовать стойку с консольным рукавом электрододержателя, уравновешенной контргрузом и перемещаемой в специальной шахте посредством реечной передачи и червячного редуктора (при использовании электропривода).

Осуществлять управление электрическим режимом дуговой сталеплавильной печи или выделяемой в дуге мощностью, как было сказано выше, возможно осуществлять двумя способами: изменением напряжения, подаваемого на печь, и изменением длины межэлектродного промежутка.

Изменение вторичного напряжения трансформатора, подаваемого на электроды печи, осуществляется периодически, в определенные моменты плавки. Частые коммутации силовых цепей нежелательны. Регулирование напряжения на дуге удобнее осуществлять путем изменения длины межэлектродного промежутка (посредством перемещения электродов). При этом происходит изменение дугового промежутка и, соответственно тока. Длину межэлектродного промежутка можно изменять быстро и достаточно точно. Для этого используется электропривод механизма перемещения электродов, с помощью которого осуществляется необходимое движение стойки с электродами.

Схема автоматического управления мощностью дуговой сталеплавильной печи представлена на рисунке 3.

Контроль температурных параметров состояния металла, футеровки и охлаждающих элементов осуществляется с помощью датчиков температуры ДТ_М, ДТ_Ф. Регулирование мощности вводимой в печь осуществляется посредством программы записанной в ПЛК, ввод текущих значений от датчика тока ДТ и датчика напряжения ДН вводятся в ПЛК, который в свою очередь вырабатывает управляющее воздействие через блок управления БУ на исполнительный механизм ИМ₁ перемещения электрода. Информация о положении электрода снимается с помощью датчика положения ДП.

Таким образом, данные о состоянии текущих параметров технологического процесса будут оперативно храниться и обрабатываться в ПЛК, при этом будет осуществляться автоматическое поддержание наиболее рационального режима работы технологического оборудования в рамках заданных и плановых технологических ограничений.

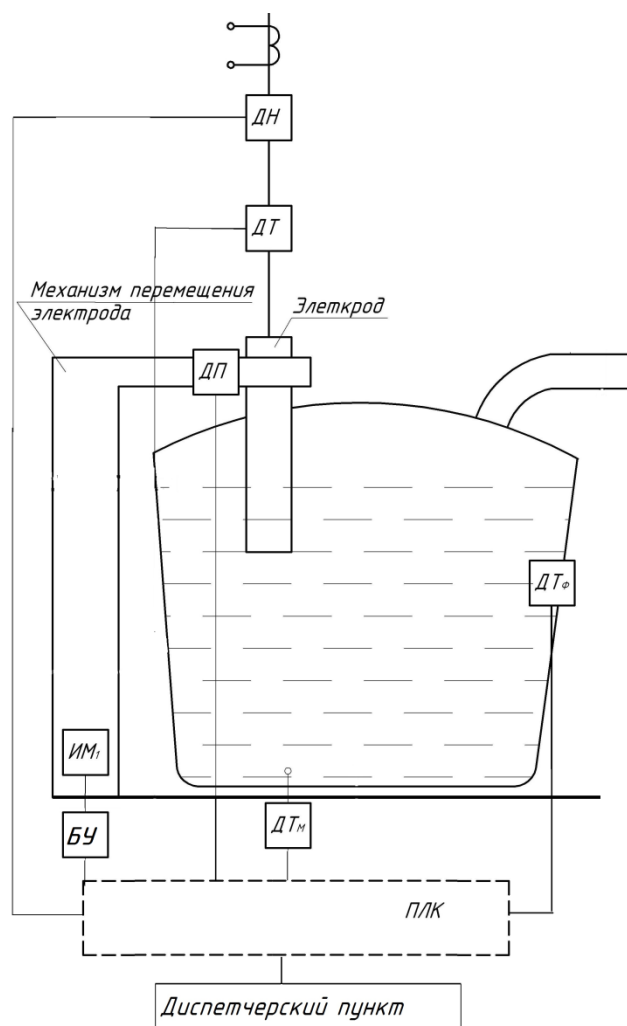


Рисунок 3 – Схема автоматического управления мощностью дуговой сталеплавильной печи (ДТ – датчик тока; ДН – датчик напряжения; ДТ_М – датчик температуры металла; ДТ_Ф – датчик температуры футеровки; ДП – датчик положения электрода; БУ – блок управления; ИМ – исполнительный механизм перемещения электрода, ПЛК – программируемый логический контроллер)

В статье выполнен анализ дуговой сталеплавильной печи как объекта регулирования. Выполнен обзор особенностей управления, установлено, что на современных печах очень важную роль в управлении электрическим режимом играет механизм перемещения электродов, так как его работа определяет качество автоматического регулирования электрического режима процесса плавки, которое в свою очередь оказывает влияние на производительность печи и удельный расход электроэнергии.

Перечень ссылок

1. Сведчанский, А. Д. Электрические промышленные печи : Дуговые печи и установки специального нагрева : учебник для вузов / А. Д. Сведчанский, И. Т. Жердев, А. М. Кручинин – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергоиздат, 1981. – 296 с.
2. Поволоцкий, Д. Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов / Д.Я. Поволоцкий – Москва: «Металлургия», 1978. – 550с.
3. Пирожников, В. Е. Автоматизация контроля и управления электросталеплавильными установками / В. Е. Пирожников, А. Ф. Каблуковский – Москва : «Металлургия», 1974. – 208 с.
4. Лапшин, И. В. Автоматизация дуговых печей / И. В. Лапшин – Москва, 2004. – 166 с.
5. Глинков, Г. М. АСУ ТП в черной металлургии : учебник для вузов / Г. М. Глинков, В. А. Маковский – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : «Металлургия», 1999. – 310с.