УДК 62-52

М.К.АНИКИН
Металлургический факультет,
аспирант кафедры печей, контроля и автоматизации
металлургического производства

ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОХОДНОЙ СИСТЕМОЙ КОНВЕРТЕРА

Исследованы возможности использования экстремальной системы управления (ЭСУ) применительно к газоходной системе вертикального конвертера. Поставлена задача управления. Предложены принципы формирования критерия. Обоснован алгоритм поиска экстремума. Оценено его быстродействие. Описан метод выбора параметров. Оценен эффект от применения ЭСУ.

Opportunities of use of an extreme control system with reference to gas propulsion system of the vertical converter are investigated. A task in view of control, principles of formation of criterion are offered. The algorithm of search of an extremum is proved. Its speed is estimated. The method of a choice of parameters is described. The effect from application of an extreme control system is estimated.

Проблема обеспечения экологической безопасности производства цветных металлов актуальна для многих металлургических заводов страны. Все более популярная идея о безопасности жизни оказывает существенное влияние на функционирование предприятий цветной металлургии. Государственные контролирующие органы и общественные организации строго следят за состоянием окружающей среды и здоровьем населения вблизи производства. Таким образом, металлургическое производство, как потенциально вредное, всегда находится в центре внимания общества. Загрязнение окружающей среды влечет за собой серьезные экономические санкции.

Значительную опасность для здоровья человека и состояния природы представляют газообразные продукты производства цветных металлов. Улавливание последних встречает определенные трудности, связанные с конструкцией печей, газоходов, технологическими режимами работы и др. Утилизация газа ограничена качественным и количественным составом газовой смеси и некоторыми другими причинами. Для успешной реализации продуктов утилизации предприятия внедряют новые технологии для получения конечных продуктов, пользующихся спросом, что часто ужесточает требования к составу газов. Так, цеха по производству серной кислоты из отходящих газов от переработки сульфидных руд начинают также производить элементарную серу. При этом возрастают требования к концентрации сернистого ангидрида.

Конвертерные газы богаты SO_2 и являются ценным продуктом для производства серной кислоты и элементарной серы. Задача газоходной системы конвертера заключается в улавливании и доставке на переработку этого газа. Кроме того, не должен

быть допущен выброс газообразных продуктов конвертирования в цех и излишнее разбавление его воздухом.

Однако конструкция конвертера не позволяет избежать существенного разбавления газов при эвакуации их из зоны плавки, поэтому (даже при применении кислородного дутья) получение высоких концентраций сернистого ангидрида невозможно. Одним из путей повышения этой концентрации является совершенствование системы газоудаления.

В настоящее время конвертерное производство оснащается системами автоматического управления, реализующими стабилизацию разрежения в газоходе конвертера, величина которого задается оператором. Отсутствие автоматической системы управления, вырабатывающей задание системе стабилизации разрежения, может привести из-за ошибок оператора к излишнему разбавлению конвертерных газов. Кроме того, качество газа меняется в процессе конвертирования, что обуславливает необходимость корректировки заданного значения разрежения.

Таким образом, для повышения эффективности процесса газоудаления целесообразно использовать двухуровневую иерархическую автоматическую систему управления. При этом качестве верхнего уровня управления целесообразно использовать экстремальную систему управления, позволяющую удерживать компромисс, не допуская выбросы газа в цех с одной стороны, при максимальной концентрации SO_2 в отходящих газах – с другой.

Для реализации экстремальной системы сформирован критерий $\Phi(u)$ с одним максимумом в диапазоне изменения управления u, приходящийся на точку компромисса $\Phi_{max} = \Phi(u^*)$ и зависящий от концентрации SO_2 в отходящих газах (рис.1). Критериальная функция Ф отражает качество удаления газов от конвертера, и так как она зависит от параметров процесса конвертирования, то изменяет координаты максимума (Φ_{max}, u^*) по ходу плавки. Задача экстремальной системы – отслеживать дрейф экстремального

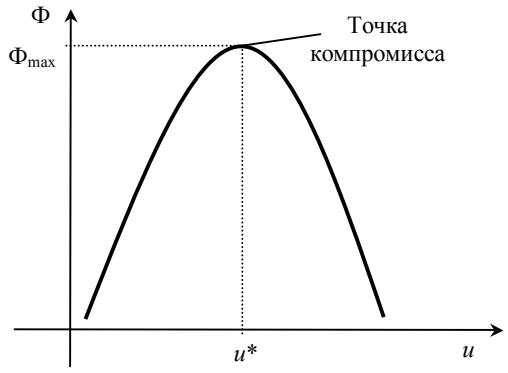


Рис.1. Критерий эффективности

значения $\Phi_{max} = \Phi(u^*)$ и соответствующее оптимальное значение содержания SO_2 в отходящих газах.

Выбор конкретного типа экстремального регулятора и, в конечном счете, выбор той или иной стратегии поиска экстремума критериальной функции Ф определяется рядом факторов, обусловленных, прежде всего, свойствами объекта управления. Газоходная система конвертера совместно с приборами измерения и исполнительными механизмами характеризуется значительным запаздыванием и инерционностью. Входные воздействия на объект управления определяются условиями ведения технологического процесса. Они относительно медленно меняются во времени, но имеют случайные составляющие, в том числе и высокочастотные. Для подобных случаев целесообразно использовать дискретные экстремальные регуляторы, которые обладают значительной помехоустойчивостью, обусловленные ступенчатым изменением управляющего воздействия в начале каждого шага квантования по времени.

Существуют несколько алгоритмов функционирования дискретных экстремальных регуляторов[*]. Хорошими свойствами обладает алгоритм, реализующий независимую стратегию поиска по приращению при постоянном шаге квантования по уровню управляющего воздействия $\Delta u = \text{const}$. При выборе величины Δu необходимо найти

[*] *Расстригин А.А.* Системы экстремального управления. М.: Наука, 1974.

компромисс между скоростью поиска экстремума и точностью его удержания.

Выход в зону экстремума можно ускорить, используя переменный шаг квантования по управлению наличия пологих участков. При этом наиболее эффективным представляется алгоритм, использующий два различных шага Δu. Сформулировав знакопеременный критерий эффективности таким образом, чтобы при большом отклонении управления u от точки экстремума критерий имел отрицательное значение, а при малом – положительное, необходимо обеспечить выход в зону экстремума с большим шагом квантования Δu^I до первого отрицательного приращения критерия $\Delta\Phi_n$ (рис.2). После первого отрицательного приращения критерия шаг квантования по управлению уменьшается, что позволяет осуществить более точное отслеживание экстремума.

Формализованное выражение алгоритма поиска экстремума имеет вид

$$u_{n+1} = u_n + \Delta u^I U^I_{n+1} + \Delta u^{II} U^{II}_{n+1};$$

$$U^I_{n+1} = \left[\frac{1-\operatorname{sign}\Phi_n}{2} + \frac{1+\operatorname{sign}\Phi_n}{2}\,\frac{1+\operatorname{sign}\Delta\Phi_n}{2}\left|U^I_n\right|\right]\times$$

$$\times \operatorname{sign}(\Delta\Phi_n + \delta)\operatorname{sign} U_n;$$

$$U^{II}_{n+1} = [1 - \left|U^I_{n+1}\right|]\operatorname{sign}(\Delta\Phi_n + \delta)\operatorname{sign} U_n,$$

где u_{n+1}, u_n – заданные значения управляющего воздействия на n-м и $n+1$ шаге управления; Δu^I, Δu^{II} – величины шагов квантования по уровню управляющего воздействия, $\Delta u^I > \Delta u^{II}$; U^I_n, U^{II}_n – функции переключения, $U_n = U^I_n + U^{II}_n$; $\Delta\Phi_n = \Phi_n - \Phi_{n-1}$ – приращение критерия; δ – зона нечувствительности экстремального регулятора.

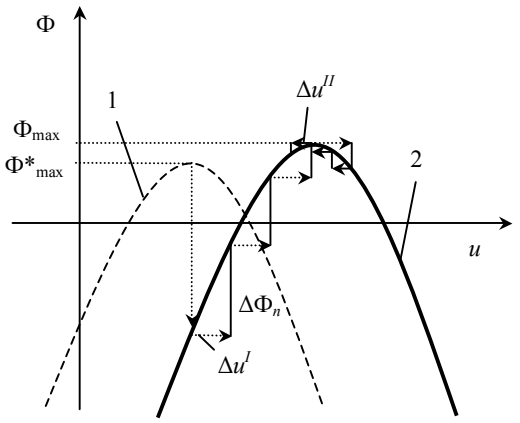


Рис.2. Поиск экстремума
1 – старое положение критерия; 2 – новое положение критерия

Представленный алгоритм обладает хорошей скоростью выхода в зону экстремума и высокой точностью отслеживания этой точки при дрейфе критерия. Потери на поиск экстремума критерия при этом можно снизить за счет соответствующего подбора шагов квантования по управлению (Δu^I, Δu^{II}).

Таким образом, внедрение экстремальной системы управления должно способствовать снижению разбавления конвертерных газов, что является необходимым условием повышения рентабельности их утилизации, исключит возможность выбросов вредных веществ в атмосферу.

Заметим, что реализация ЭСУ не требует больших капитальных вложений, так как металлургические предприятия уже оснащены компьютерными средствами контроля и автоматизации (потребуется только некоторое изменение программного обеспечения).

Научный руководитель д.т.н. проф. *К.П.Власов*