

Новые принципы и алгоритмы модернизированного управления процессом доменной плавки

Публикация I. Подсистема автоматизированного управления шихтовой и загрузкой (ПСАУШЗ)

В.А. СМОЛЯК, О.В. ГРИЧАНОВСКИЙ

Днепродзержинский государственный технический университет
ОАО Днепропетровский металлургический комбинат им. Ф. Э. Дзержинского (ДМКД)

Викладена модернізація технічних засобів автоматичного контролю регулювання та керування технологічним процесом доменної плавки застосуванням мікропроцесорних логічних програмувальних контролерів, замість релейноконтакторних засобів автоматики.

Изложена модернизация технических средств автоматического контроля, регулирования и управления технологическим процессом доменной плавки применением микропроцессорных логических программируемых контроллеров, которыми заменены технически устаревшие релейно-контакторные устройства автоматики.

Modernization of technical means of automated control and regulation blast furnace smelting's process is represented. Instead of technically obsolete devices of relays with make – and – break contacts, microprocessor logical controllers are used.

При капитальном ремонте доменной печи № 1М ДМКД технически устаревшие средства релейно – контакторной слаботочной автоматики заменены новейшими микропроцессорными логическими программируемыми контроллерами фирмы “ALLEN BRADLEY” с компьютерными серверными операторскими станциями. На основе этих технических средств промышленной электроники создается автоматизированная (человеко-машинная) интегрированная трехуровневая система управления технологическим процессом доменной плавки (АСУ ТП ДП), в которую войдут подсистемы (ПСАУ): весодозирование (шихтовка) и загрузка (ПСАУШЗ); подача и нагрев дугья; воздухонагреватели; энергосистемы и доменная плавка (состояние доменной печи); газоочистка и аспирация.

В АСУ ТП ДП применены: программируемые логические контроллеры “Control Logix 555” с процессором 1T56 – L55M24; серверные рабочие станции – аппаратно – программные средства человеко – машинного взаимодействия – система SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Система SCADA обеспечивает с помощью аппаратно – программных средств и промышленных компьютеров мониторинг, анализ видеокладов, выработку управляющих воздействий и передачу их исполнительным механизмам оборудования доменной печи. Таким образом, под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения подсистем управления в реальном масштабе времени с помощью Control Logix.

Входными данными являются унифицированные сигналы постоянного тока, поступающие с датчиков КИПиА. Применены датчики типа «Сафир» различных модификаций.

Динамическое отображение информации о работе механизмов оборудования и параметрах технологического процесса осуществляется на экране в виде графических мнемосхем (видеокадров).

Обмен данными между структурными компонентами АСУ ТП ДП, а так же вся диагностика, конфигурирование, получение информации и управление реализуются локальными сетями: Control Net, Ethernet,

Device Net. Сеть Control Net служит для обмена информацией между программируемыми контроллерами в масштабе реального времени по оптоволоконным кабельным двум каналам с возможностью перехода на другой канал в случае выхода из строя первого канала. Сеть Ethernet служит для передачи детерминированных по времени данных между рабочими (серверными) станциями, а так же для интеграции в другие сети предприятия. Сеть Device Net предназначена для объединения датчиков и устройств ввода – вывода, частотных преобразователей информационных сигналов.

Основными принципами и алгоритмами управления с помощью логических программируемых контроллеров в подсистеме шихтовки и загрузки «ПСАУШЗ» являются: стабилизация заданных соотношений железорудных компонентов и кокса в подаче, т.е. рудных нагрузок на кокс; обеспечение постоянства уровня засыпи шихты в соответствии с его заданным значением. Поэтому выделены функциональные подсистемы - корректировки весового дозирования компонентов шихты и кокса, и управления темпом загрузки.

Основными целями применения «ПСАУШЗ» являются повышение качества и надежности управления механизмами за счет замены релейно – контакторной автоматики на программируемые контроллеры, сокращение габаритов электрошитов управления, сокращение времени аварийных простоев за счет контроля состояния электрооборудования, снижение электропотребления за счет применения элементов управления с слабыми токами питания, обеспечение высокой гибкости системы управления при изменении технологических параметров, сокращение простоев за счет предоставления эксплуатационному персоналу комплексной и достоверной информации, в реальном времени, о работе электрооборудования механизмов печи, использование гибкой реализации алгоритмов управления электроприводами и возможность их корректировки, расширение информационного обеспечения для эксплуатационного персонала доменной печи.

Подсистема автоматического управления шихтовкой и загрузкой является интегрированной двухуровневой системой. Верхний уровень системы управ-

ления электроприводами включает в себя рабочие (сервисные) станции и предназначен для решения следующих задач: формирование программы подач и программы циклов для управления механизмами дозирования и загрузки, отображения на основном видеокadre текущего состояния обрабатываемых программ. Нижний уровень на основании поступающих заданий решает задачи по управлению механизмами дозирования и загрузки шихты: лебедками зондовых и радиометрических уровнемеров; грохотами отсева мелкого кокса; затворами коксовых весовых воронок; подъемниками коксовой мелочи; главным скиповым подъемником; уравнительными клапанами; вращающимся распределителем шихты (ВРШ); станциями густой смазки механизмов засыпного аппарата.

Применяются следующие виды управления электроприводами механизмов местное, дистанционное, с пультов оператора, автоматическое. Местное управление используется как наладочно – ремонтное, так и в процессе функционирования. При дистанционном управлении осуществляется управление: пуском, остановом электроприводов оборудования, положением исполнительных механизмов систем регулирования технологических параметров.

При автоматическом управлении осуществляется формирование программируемым контроллером управляющих воздействий и их вывод на механизмы.

Функции «ПСАУШЗ» состоят в следующем - обеспечении набора компонентов шихты и кокса по программе подач и программе циклов, обработке заданной программы загрузки, управлении работой механизмов в заданной последовательности, формировании и выдаче командных сигналов в схемы управления силовой части электроприводов, сигнализации о положении механизмов, контроле работы механизмов, своевременном обнаружении аварийных отклонений и формировании предупредительных и аварийных сообщений, обеспечении возможности изменения и корректировки алгоритмов управления, определении очередности работы механизмов, определении вида загружаемого материала, контроле уровня шихты в доменной печи, задании программы работы ВРШ, определении и контроле скорости скипов, обмене данными по сети Ethernet с рабочей станцией мастера печи, формировании и выдаче сигналов для отображения на мнемощите состояния механизмов загрузки.

Основной видеокadre загрузки содержит схематическое изображение доменной печи и основных механизмов загрузки - скипы главного подъема, малый и большой конуса; вращающийся распределитель шихты, уравнительные клапаны межконусного пространства; лебедки зондов, грохота и весовые воронки кокса, сигналы, соответствующие текущему состоянию программы подач и циклов.

Сигналы, соответствующие заданной мастером программе подач и циклов, сигналы, давления («Наличие давления пара», «Выравнивание давления между межконусным пространством и атмосферой», «Выравнивание давления между межконусным пространством и печью»), сигналы задания работы малого и большого конусов (количество скипов на конусе).

Подсистема управления темпом загрузки поддерживает заданный уровень засыпи шихты на колошнике регулированием темпа загрузки смежных подач

шихтовых материалов в соответствии с изменением скорости схода шихты в доменной печи. Исходной информацией для подсистемы служит величина заданного уровня засыпи и текущие показания зондовых или радиоактивных уровнемеров, на основе которых определяется скорость схода шихты в печи и величина рассогласования действительного и заданного уровней засыпи. Управляющее воздействие (расчетный интервал времени между подачами шихты) определяется путем использования Control Loqix с переменной структурой либо прогнозированием на несколько подач вперед ожидаемой скорости схода шихты в печи. Расчетная величина паузы выдается непосредственно в электрические схемы программного управления механизмами загрузки.

Скорость схода шихты измеряется в миллиметрах в минуту, поэтому опрос зондовых лебедок и уровнемеров УРМС производится через одну минуту, тогда скорость схода:

$$v_m = \sum_0^i \Delta H_i / i,$$

где $\Delta \dot{I}_z$ - разность уровней в соседних опросах, равная $\Delta \dot{I}_z = \dot{I}_z - \dot{I}_{z-1}$; i - число зафиксированных величин ΔH в десятиминутном интервале.

Обычно $i < 10$, так как значение $\Delta \dot{I}_z$ фиксируются только в том случае, если $\Delta \dot{I}_z > 0$ и $\Delta \dot{I}_z / \Delta \tau < 50$ мм/с, где $\Delta \tau$ - интервал между двумя опросами.

Структура модели подсистемы управления темпом загрузки приведена на рис. 1.

Для увеличения быстродействия и улучшения качества переходного процесса закону управления придан вид:

$$U = k_1 x_1 + k_2 x_2,$$

где U – управляющее воздействие; x_1 - рассогласование между заданным h_3 и действительным h_D уровнем засыпи, равное ε :

$\varepsilon = h_3 - h_D$; $x_2 = \dot{\varepsilon}$ - скорость схода шихты за подачу;

$$r_1 = \begin{cases} 0.28i\delta\dot{\varepsilon}x_1s > 0 \\ -0.28i\delta\dot{\varepsilon}x_1s < 0 \end{cases}$$

$$r_2 = \begin{cases} 100i\delta\dot{\varepsilon}x_2s < 0 \\ -100i\delta\dot{\varepsilon}x_2s > 0 \end{cases}$$

Уравнение линии переключения имеет вид $x_2 - \lambda x_1 = s$ и реализуется блоком изменения структуры. Общий вид уравнения регулирования:

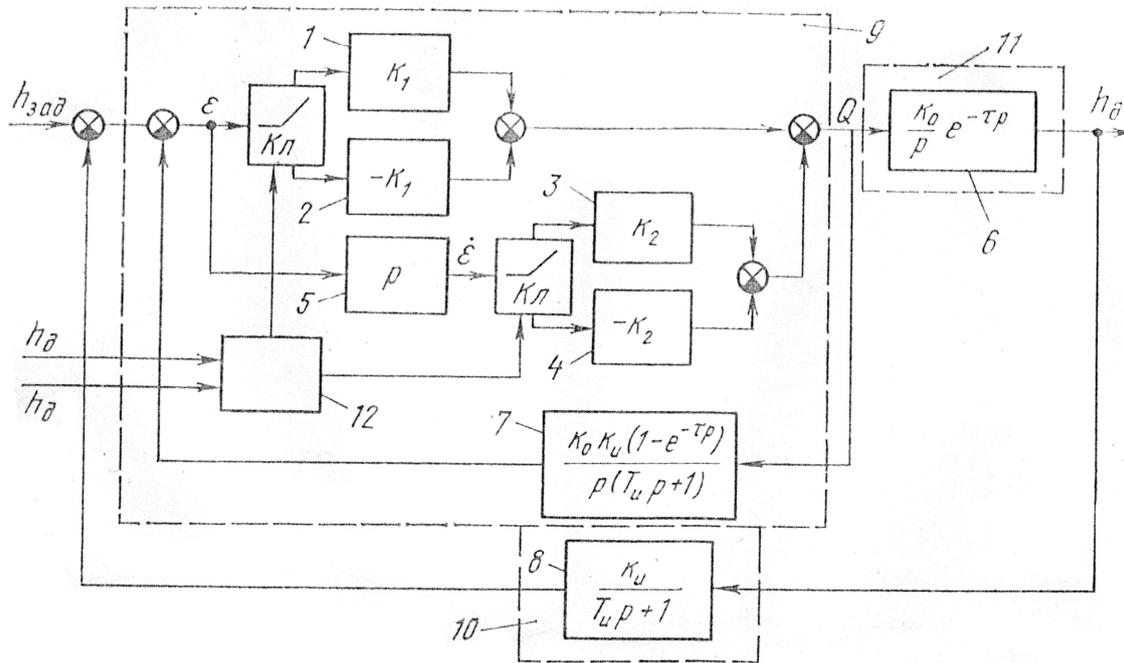


Рис. 1. Структура модели подсистемы управления темпом загрузки доменной печи: 1,2,3,4,5 – передаточные функции безинерционного программируемого контроллера; 6 – передаточная функция засыпного аппарата; 7 – 8 – передаточные функции двух зондовых уровнемеров; 9 – структурная схема программируемого контроллера; 10 – радионизотопный следящий уровнемер поверхности шихты (УРМС); 11 – объект управления (ДП); 12 – блок изменения структуры управления; Кл – ключи управления (переключатели).

$$Q(t)T_{\dot{\epsilon}} + Q(t)[1 + k_2 k_0 k_{\dot{\epsilon}}(1(t) - 1(t-\tau))] + Q(t)k_1 k_0 k_{\dot{\epsilon}} \times \\ \times [1(t) - 1(t-\tau)] = \epsilon(t)k_1 T_{\dot{\epsilon}} + \epsilon(t)(k_1 T_{\dot{\epsilon}} + k_2)$$

где $Q(t)$ – производительность скипового подъемника и засыпного аппарата.

Процесс изменения скорости схода шихты можно характеризовать как полигармонический с наложением широкополосного случайного шума. Такой процесс может быть достаточно точно представлен рядом Фурье:

$$v(t) = A_0 + 2 \sum_{m=1}^n \left[A_m \cos\left(2\pi \frac{m}{T} t\right) + B_m \sin\left(2\pi \frac{m}{T} t\right) \right]$$

где $A_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{N-1} v_i$,

$$A_m = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{N-1} v_i \cos 2\pi \frac{m}{N} i;$$

$$B_m = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{N-1} v_i \sin 2\pi \frac{m}{N} i$$

Если обозначить $R_m = 2(A_m^2 + B_m^2)$ и $R_0 = A_0^2$, то дисперсия процесса $v(t)$, учитываемая одной гармоникой, равна $\sigma_m^2 = R_m / 2$, а дисперсии, учитываемые различными гармониками, складываясь, дают общую дисперсию процесса σ^2 .

Характерной особенностью доменного производства является редкая необходимость изменения состава чугуна [1]. Такое постоянство требует стабилизации входных параметров процесса, т.е. дутьевого режима и шихтовых условий. Задача обеспечения постоянства состава шихты весьма трудна, так как информация о химическом составе сырья поступает с большим опозданием. Наличие в шихте нескольких железорудных компонентов затрудняет определение момента начала загрузки в печь сырья данного состава. На тепловое состояние печи существенно влияет точность взвешивания загружаемых в печь материалов, особенно кокса. Для кокса ошибка определяется так же и колебаниями содержания углерода, которое зависит от зольности и влажности кокса.

Коррекция массы дозы по точности набора ведется по формуле

$$G_{di+1} = G_3 + \Delta G_i + G_{Ti}$$

где G_d - масса дозы материала; G_3 - заданный вес дозы; G_T - погрешность взвешивания, ΔG - величина уточнения веса дозы по весу предыдущей.

Для коррекции массы дозы кокса по влажности в Control Logix поступает информация из нейтронного влагомера [2]. Если отклонение влажности от заданного значения больше допустимой величины, происходит пересчет заданной массы кокса:

$$G_3' = \frac{G_3 (100 - W_3)}{100 - W_A},$$

где G_3' - скорректированный заданный вес дозы кокса; G_3 - заданный ранее вес дозы кокса; w_3 - заданная (номинальная) влажность; w_d - действительная влажность кокса.

Для коррекции дозы кокса по химическому составу шихты предварительно рассчитывают тепловые эквиваленты материалов, т.е. количества тепла, которое необходимо затратить при доменной плавке на единицу проплавления материалов при тех или иных условиях плавки. Эти эквиваленты рассчитывают как средне-взвешенные величины всех бункеров.

Если отклонения тепловых эквивалентов от некоторого номинального значения превышают допустимую величину, то вводится коррекция на заданный расход кокса. Расчет изменения заданного расхода кокса производится следующим образом: определяется ожидаемая величина изменения рудной нагрузки, т.е. запас тепла, необходимый для покрытия перерасхода тепла, связанного с колебаниями тепловых эквивалентов; затем эта величина переводится в расход кокса:

$$\Delta P/K_i = P/K_{cp} - \frac{P/K_{cp} q_p^{cp}}{q_p^i},$$

$$G_3' = G_3 \left(1 + \frac{\Delta P/K_i q_p^i}{q_k^i} A_q \right),$$

где P/K - рудная нагрузка; q_p - тепловой эквивалент

железородной части шихты; q_k - тепловой эквивалент кокса; G_3 - заданная доза кокса; G_3' - скорректированная доза кокса; A_q - коэффициент, учитывающий характер работы печи; sr - индекс среднего значения величины за прошедший час; i - индекс текущего значения величины на данный час [3].

Управляющее воздействие на ход печи «сверху» заключается в распределении материалов на колошнике печи и изменении состава шихты. Распределение материалов с помощью ВРШ или вращающегося лотка за сыпного аппарата осуществляется на основе данных о распределении \dot{N}_2 по радиусу печи. Также эффективны для управления ходом печи управляющие воздействия «снизу»: изменение количества дутья и его влажности, изменение расхода природного газа, распределение дутья и природного газа по фурмам.

Выводы и рекомендации

Применение программируемых микропроцессорных логических контроллеров является важным фактором технического прогресса в создании АСУТП доменной плавки, и, особенно в подсистеме «ПСАУ загрузки и шихтовки».

Программируемые логические контроллеры типа «Control Logix 5555» с микропроцессором 1756 – L55M25 перспективны для применения в системах автоматического контроля, регулирования и управления металлургическими агрегатами при полной замене ими физически и морально устаревших технических средств релейно – контакторной автоматики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смоляк В.А., Щербицкий Б.В. «Автоматизация и оптимизация процесса доменной плавки.» М. Металлургия 1974 г. С. 152.
2. Смоляк В.А., Щербицкий Б.В. «Опыт нейтронной влагометрии в черной металлургии.» М. Атомиздат 1974 г. С. 65.
3. Смоляк В.А., Логинов В.И. «Автоматическое регулирование хода доменной печи по перепадам давления.» Бюллетень ЦИИЧМ 1960 г. С. 4-7.