

## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГОРЕНИЯ

Необходимость экономии топливно-энергетических ресурсов и уменьшения загрязнения окружающей среды вредными выбросами выдвигает актуальную задачу создания качественно новых систем управления процессом сжигания топлива в котлоагрегатах. Котлоагрегат как объект регулирования представляет собой сложную динамическую систему с высоким уровнем пульсаций параметров и неявно выраженной информацией о качестве сжигания топлива. Это требует учета нелинейностей регулирующих органов, взаимных связей между отдельными топочными параметрами, а также использования в системе динамической модели объекта регулирования и изменения параметров системы регулирования в зависимости от нагрузки котлоагрегата и т. д. Решение этих и других вопросов с помощью традиционных аналоговых средств регулирования крайне затруднительно и нуждается в использовании принципиально новых устройств. К таким устройствам относятся электронные цифровые вычислительные машины, в частности микропроцессорная техника [ 1 ] .

На рис. 1 приведена функциональная схема микропроцессорной системы управления процессом горения в топке котлоагрегата. Система управления выполнена на базе микроЭВМ "Электроника-60М". Связь микроЭВМ с управляемым котлом осуществляется через устройство сопряжения с объектом (УСО). Сигналы с датчиков котла поступают в УСО, фильтруются, нормируются-

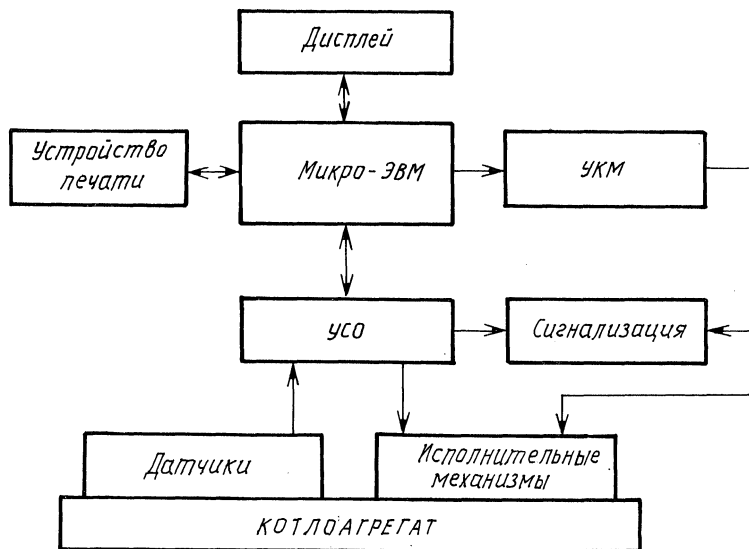


Рис. 1. Функциональная схема микропроцессорной системы управления процессом горения.

ся и далее подаются в микроЭВМ в виде 16-разрядных кодов, сформированных в аналогоцифровом преобразователе (АЦП). АЦП подключается поочередно к каждому датчику с помощью коммутатора входных сигналов. Коды выходных сигналов микроЭВМ поступают в УСО, где дешифруются и преобразуются с помощью герконов в дискретные сигналы. Дискретные выходы микроЭВМ используются для непосредственного цифрового управления (НЦУ) приводами исполнительных механизмов котла и включения соответствующих сигнализаций. В системе предусмотрено 16 аналоговых входов и 16 дискретных выходов.

Связь оператора с микроЭВМ осуществляется с помощью устройства печати и дисплея с пультом цифрового и аналогового ввода. Устройство печати предназначено для периодической регистрации ряда параметров в соответствии с установленным перечнем, а также для фиксирования сообщений об аварийных отклонениях параметров. Дисплей служит для высвечивания результатов вычислений; пульт ввода — для подачи команд на выполнение требуемых функций, а также для ввода в микроЭВМ новых значений параметров.

В системе предусмотрен непрерывный контроль исправности датчиков и непосредственно микроЭВМ. При обнаружении их отказа, с целью защиты объекта от ложных регулирующих воздействий со стороны системы, отключается управление соответствующими регулируемыми органами и включаются световая и звуковая сигнализации. Исправность датчиков оценивается путем сравнения их сигналов с соответствующими заданными значениями. Исправность микроЭВМ контролируется как программно, путем проведения тестовых вычислений, так и с помощью автономного устройства контроля микроЭВМ (УКМ). После завершения каждого цикла расчетов УКМ получает от микроЭВМ тестовый сигнал подтверждения исправности. Если в течение заданного промежутка времени сигнал подтверждения не поступил, то УКМ формирует сигнал о неисправности микроЭВМ и отключает управление регулирующими органами.

Система управления работает в реальном масштабе времени с периодом квантования, равным одной секунде. Отсчет времени ведется по собственному таймеру микроЭВМ.

Алгоритм управления, реализованный в виде программы, хранится на гибких магнитных дисках. МикроЭВМ автоматически загружает программу в оперативную память и начинает ее выполнять после включения системы в работу и введения пусковой клавиши.

В задачу системы входит поддержание оптимального соотношения топливо—воздух в топке котла и стабилизация заданного разрежения вверху топки путем управления расходами воздуха и дымовых газов. Оптимальное соотношение топлива и воздуха оценивается по косвенному параметру — содержанию остаточного кислорода в дымовых газах. Оптимальные значения остаточного кислорода в дымовых газах на разных нагрузках периодически вводятся оператором в память микроЭВМ на основании измерения содержания продуктов химнедожога в дымовых газах. С целью повышения быстродействия и точности поддержания оптимального соотношения топливо—воздух используется опережающий сигнал расчетного коэффициента избытка воздуха. Коэффициент избытка воздуха рассчитывается по формуле  $a = G + A_2/A_1 B$ , где  $G$  и  $B$  — расход воздуха и топлива;  $A_1$  и  $A_2$  — коэффициенты, учитывающие соот-

ответственно элементарный состав топлива и присосы воздуха в топку. Коррекция коэффициентов  $A_1$  и  $A_2$  производится автоматически путем математического моделирования соотношений между основными топочными параметрами.

Для синхронизации работы основных систем (топлива, воздуха и разрежения) регулирования топочного процесса предусмотрены упреждающие динамические связи. При этом на регулятор воздуха подается дополнительный упреждающий сигнал по скорости изменения расхода топлива, а на регулятор разрежения — упреждающий сигнал, пропорциональный ошибке регулирования регулятора воздуха.

С целью поддержания в системе максимально возможных коэффициентов усиления регуляторов и предупреждения автоколебаний при возмущениях, соизмеримых с нелинейностями (зоной нечувствительности и люфтом) регуляторов и регулирующих органов, предусмотрена их корректировка в зависимости от степени возмущений.

В системе реализована автоподстройка основных динамических параметров контуров регулирования в зависимости от расхода топлива (тепловой нагрузки), которая представлена в памяти микроЭВМ как кусочно-линейная функция. Ее константы в узловых точках могут изменяться как вручную оператором, так и автоматически по программе идентификации объекта регулирования. Идентификация объекта регулирования производится методом пассивного эксперимента сравнением и анализом реакций объекта регулирования и модели объекта на входные возмущения. При этом параметры модели объекта изменяются таким образом, что разница сигналов объекта регулирования и модели объекта стремится к минимуму.

Опишем работу схемы. Через каждую секунду в темпе технологического процесса по командам таймера в системе происходит самодиагностика: опрашиваются датчики, фильтруется и нормируется поступившая с них информация, вырабатываются управляющие воздействия и передаются к исполнительным механизмам регулирующих органов, проводится идентификация основных участков объекта регулирования и на ее основе осуществляется автоматическая корректировка значений динамических параметров. Время, затраченное микроЭВМ на управление одним котлом в каждом цикле расчетов, составляет около ста миллисекунд. В свободное от управления время (от момента окончания текущего до момента начала очередного цикла расчетов) микроЭВМ выводит заданную информацию на печатающее устройство и вступает в диалог с оператором при его запросе.

Система позволяет управлять процессом сжигания топлива как одновременно на двух котлоагрегатах типа ДКВР-10/13, так и на каждом из них в отдельности.

Система управления процессом горения внедрена и находится в опытно-промышленной эксплуатации. Результаты испытаний и накопленный опыт эксплуатации показали, что она имеет более высокую динамическую и статическую точность регулирования, чем традиционные аналоговые схемы. Это позволяет повысить экономичность сжигания топлива, а также уменьшить загрязнение окружающей среды вредными выбросами. Система может быть рекомендована для управления процессом сжигания топлива в газомазутных котлоагрегатах, работающих в широком диапазоне изменения нагрузок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. К вопросу использования микроЭВМ для автоматизации тепловых процессов на электростанциях / А.А.Москаленко, Г.Т.Кулаков, А.Д.Качан и др. — Изв. вузов СССР. Сер. Энергетика. — 1981. — № 9. — С. 45–50.

УДК 661.242

В.А.КОВАЛЕВ, Н.Н.САПУН, С.В.СОМОВА,  
канд-ты техн.наук, И.О.ГАЕВАЯ (БПИ)

### МЕТОДИКА РАСЧЕТА СТЕПЕНИ ВЫГОРАНИЯ ПАРОВ СЕРЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВКАХ

Расчет степени выгорания паров серы в промышленных установках в зависимости от времени их нахождения в зоне горения или продольных размеров печи может быть осуществлен по следующим параметрам: производительности печи по сере  $(G_{s_2})_0$ , линейным размерам печи, расходу подаваемого в печь воздуха  $w_0 F$  или коэффициенту избытка воздуха, так как

$$(G_{s_2})_0 = w_0 F / v_{\text{теор}} a ,$$

где  $v_{\text{теор}} = 3,333 \text{ м}^3/\text{кг}$  — стехиометрический объем воздуха,  $w_0$  — осевая составляющая скорости газа.

Расчет степени выгорания паров серы в зависимости от времени ее горения производят на основании уравнения кинетики горения [ 1 ] :

$$a^2/A_0 (C_{O_2})_0^2 \int_0^{\Omega} \frac{\exp(-E/RT)}{(T_0/T)^2 (1-\Omega)(a-1+\Omega)^2} d\Omega = \int_0^{\tau} d\tau, \quad (1)$$

где  $A_0$  — предэкспоненциальный член константы горения серы;  $E$  — энергия активации химической реакции окисления серы;  $R$  — универсальная газовая постоянная;  $T_0$  — температура кипения серы, принятая равной 718 К;  $T$  — текущая температура паров серы;  $\Omega$  — степень выгорания паров серы.

Воспользовавшись соотношением

$$d\tau = T_0/T w_0 dx \quad (2)$$

и подставив его в уравнение кинетики горения (1), находим связь между степенью выгорания паров серы и продольными размерами печи:

$$\frac{a^2 w_0}{A_0 (C_{O_2})_0^2} \int_0^{\Omega} \frac{\exp(-E/RT)}{(T_0/T)^3 (1-\Omega)(a-1+\Omega)^2} d\Omega = \int_0^x dx . \quad (3)$$

При адиабатных условиях сжигания серы в уравнение текущей температуры