

УДК: 62-971

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕЧИ ОБЖИГА КИРПИЧА

студент гр.10309114 Лаппо И.А.

Научный руководитель – Чижарев В.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Для системы автоматического регулирования (САР) температуры печи обжига кирпича, принципиальная и функциональная схема которой показаны на рис. 1, необходимо составить структурную схему САР.

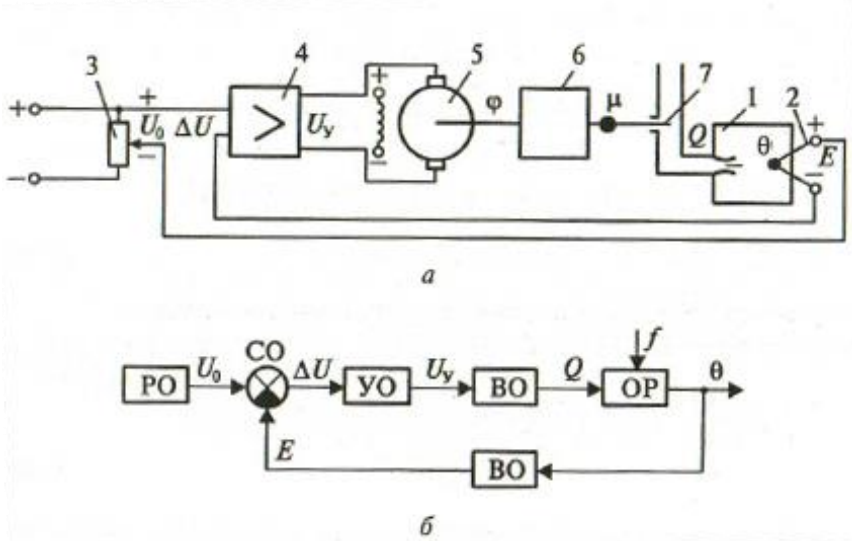


Рис.1. Упрощённая принципиальная (а) и функциональная (б) схемы САР температуры в печи: 1 – печь; 2 – термопара; 3 – задающий резистор; 4 – электронный усилитель; 5 – двигатель постоянного тока; 6 – редуктор с кинематическими звеньями для обеспечения поступательного движения клапана 7; ОР – объект регулирования (печь); ВО – воспринимающий орган (термопара); СО – сравнивающий орган (схема вычитания сигналов $\Delta U = U_0 - E$); УО- усилительный орган (электронный усилитель); ИО – исполнительный орган (электродвигатель, редуктор, клапан)

Условные обозначения, показанные на рис.1 имеют следующий физический смысл:

U - температура в печи;

Q - количество топлива, подаваемого форсункой;

f - возмущающее воздействие;

μ - перемещение клапана;

φ - угол поворота вала двигателя;

E - термоЭДС термопары;

U_0 - задающее напряжение;

ΔU - сигнал рассогласования;

U_y - напряжение на выходе усилителя.

В данной системе печь представляет собой объект регулирования, регулируемой величиной которого является температура в печи θ , а регулирующим воздействием – количество топлива Q , подаваемого в форсунку, от которого зависит количество теплоты, выделяемой при его сгорании. Внешними возмущающими воздействиями f на объект регулирования являются разнообразные факторы: исходная влажность и температуры обжигаемого кирпича, изменения температуры и влажности атмосферного воздуха.

Из всех рассмотренных возмущений наибольшее влияние на температуру в печи оказывает исходная влажность кирпича F . В связи с этим в дальнейшем мы будем учитывать только влажность кирпича F , рассматривая её как основное возмущение. Следовательно, печь как объект регулирования будет описываться двумя передаточными функциями – по каналам регулирующего и возмущающего воздействия. Для их определения воспользуемся приближенным дифференциальным уравнением печи:

$$T_0 p\theta + \theta = k_0 Q - k_1 F, \quad (1)$$

где T_0 – постоянная времени, с;

k_0, k_1 – соответственно передаточный коэффициент по регулирующему воздействию Q и возмущению F .

Постоянная времени

$$T_0 = \frac{cm}{aS},$$

Где c – усредненная удельная теплоёмкость, определяемая теплоёмкостью кирпича, воздуха и материала, из которого построена печь;

m – усредненная масса, определяемая массой кирпича, воздуха и печи;

a – коэффициент теплоотдачи печи;

S – площадь теплоотдающей поверхности печи.

Физическую сущность коэффициента передачи k_0 в основном определяет объемная теплота сгорания топлива, а передаточного коэффициента k_1 – константы, характеризующие особенности процесса конвективной сушки.

Преобразуем исходное дифференциальное уравнение печи (1) по Лапласу при нулевых начальных условиях, после чего запишем его как:

$$T_0 p \theta(p) + \theta(p) = k_0 Q(p) - k_1 F(p)$$

где $\theta(p)$ – изображения регулируемой величины θ , входных величин Q и F объекта регулирования.

Используя принцип суперпозиции, приняв в уравнении $F(p) = 0$, найдём передаточную функцию объекта регулирования по регулирующему воздействию:

$$W_{op}(p) = \frac{\theta(p)}{\mu(p)} = \frac{k_0}{T_0 p + 1}. \quad (2)$$

По аналогии, приняв $Q(p) = 0$, определим передаточную функцию по возмущению:

$$W_{ob}(p) = \frac{\theta(p)}{F(p)} = \frac{-k_1}{T_0 p + 1}. \quad (3)$$

Таким образом, с учетом найденных передаточных функций, структурную схему объекта регулирования можно представить в виде, показанном на рис. 1.

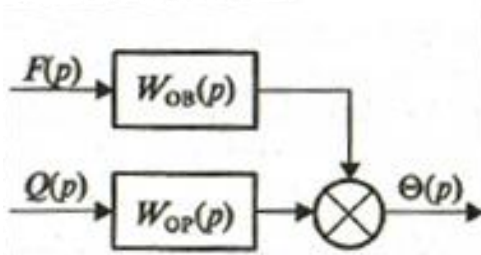


Рис.2. Структурная схема объекта регулирования

Пользуясь справочной литературой, запишем передаточные функции элементов САР.

Передаточная функция термомпары (воспринимающего органа)

$$W_T(p) = \frac{E(p)}{\theta(p)} = \frac{kT}{T_T p + 1}. \quad (4)$$

Постоянная времени термомпары

$$T_T = \frac{c_T m_T}{a_T S_T},$$

где c_T, m_T – соответственно удельная теплоёмкость и масса термомпары;

a_T – коэффициент излучения корпуса термомпары;

S_T – поверхность корпуса термомпары.

Коэффициент передачи термомпары k_T , определяемый по ее градуировочной характеристике:

$$k_T = \frac{\Delta E}{\Delta \theta},$$

где ΔE – соответственно малые приращения термоЭДС и температуры относительно координат рабочей точки.

Передаточная функция усилителя

$$W_y(p) = \frac{U_y(p)}{\Delta U(p)} = k_y, \quad (5)$$

где k_y – коэффициент усиления.

Передаточная функция электродвигателя

$$W_d(p) = \frac{\phi(p)}{U_y(p)} = \frac{k_d}{(T_M T_{ЯP}^2 + T_M p + 1)p}. \quad (6)$$

Электромеханическая постоянная времени электродвигателя

$$T_M = \frac{r_{Я} J}{(c\phi)^2},$$

где $r_{Я}$ – **активное сопротивление цепи якоря**;

J – момент инерции якоря двигателя;

c – коэффициент, зависящий от конструкции двигателя;

ϕ – магнитный поток, создаваемый обмоткой возбуждения

$\phi = const.$

Постоянная времени цепи якоря

$$T_{Я} = \frac{L_{Я}}{r_{Я}},$$

где $L_{Я}$ – индуктивность цепи якоря.

Коэффициент передачи электродвигателя

$$k_d = \frac{1}{c\phi}.$$

Передаточная функция редуктора

$$W_p(p) = \frac{\mu(p)}{\varphi(p)} = k_p, \quad (7)$$

где k_p – коэффициент передачи (передаточное число) редуктора.

Передаточная функция клапана

$$W_k(p) = \frac{Q(p)}{\mu(p)} = k_k, \quad (8)$$

где k_k – коэффициент передачи (коэффициент пропорциональности зависимости расхода топлива от перемещения клапана) .

Из анализа количества приведенных выше передаточных функций следует, что в их перечне нет передаточной функции задающего органа. Это объясняется тем, что для систем стабилизации, к которым относится рассматриваемая САР, задающее воздействие при ее работе на переходные процессы не влияет, так как $U_0 = const$. Влияние задающего органа на динамику систем имеет место в следящих и программных САР.

Таким образом, на основе функциональной схемы (рис. 1,б) и найденных передаточных функций, а также учитывая, что для изображений, как и для оригиналов, справедлива операция вычитания (сложения), структурную схему САР температуры в печи можно представить в виде, показанном на рис. 3.

Для физической наглядности на структурной схеме (рис.3) вместо изображений $U_0(p), \Delta U(p), U_y(p), \varphi(p), \mu(p), Q(p), F(p), \theta(p), E(p)$ можно показывать соответствующие им физические величины $U_0, \Delta U, U_y, \varphi, \mu, Q, F, \theta, E$.

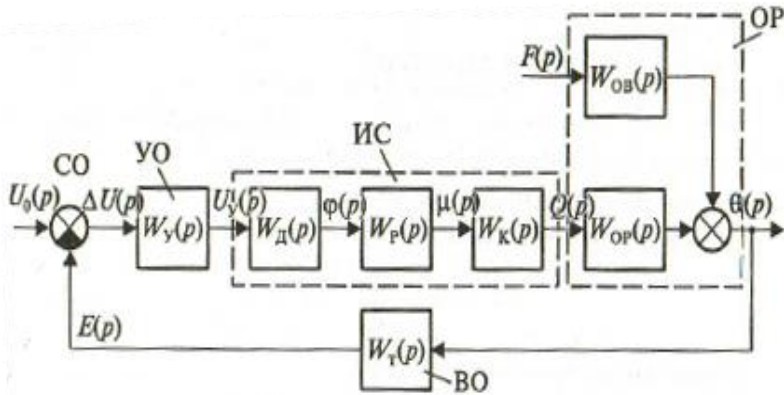


Рис. 3. Структурная схема САР температуры в печи

Предложено математическое описание процесса работы печи обжига кирпича. Разработаны принципиальная, функциональная и структурная схемы работы системы автоматического регулирования обжига кирпича. Получены основные математические соотношения для расчёта параметров работы автоматической системы.

Список литературы

1.Б.А.Краташов, А.С.Привалов, В.В.Самойленко, Н.И.Татамиров
Компьютерные технологии и микропроцессорные средства в автоматическом управлении. – Ростов на Дону, Изд-во “Феникс” 2013, стр.540

2.Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов.– Изд. 4-е, перераб. и доп. - СПб, Изд-во "Профессия", 2003. – стр. 752

3.Карнаухов, Н.Ф. Электромеханические и мехатронные системы / Н.Ф. Карнаухов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2006 . – стр. 320