

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОКСИДАТОРА, ИСПОЛЪЗУЕМОГО ПРИ ОКИСЛЕНИИ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ

Забела В.Н., Ульянов Н.И.

Могилевский государственный университет продовольствия  
г. Могилев, Республика Беларусь

Совместное каталитическое окисление п-ксилола и пт-эфира кислородом воздуха в паратолуиловую кислоту и монометиловый эфир терефталевой кислоты ведется непрерывно в двух параллельных потоках, каждый из которых состоит из трех последовательно установленных оксидаторов. Оксидатор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат высотой 26000 мм и диаметром 3600 мм со встроенной системой охлаждения.

Особенностью большинства оксидаторов является наличие транспортного запаздывания. Присутствие в объекте управления запаздывания осложняет решение задачи стабилизации управляемых параметров и снижает качественные показатели автоматических систем регулирования. В целях построения высокоточных систем управления необходимо учесть эффект транспортного запаздывания объекта на этапе проектирования.

Математическая модель динамических объектов с запаздыванием имеет вид

$$\frac{d}{dt}x(t) = f_1(x_1(t), x(t - \varphi_1), \dots, x(t - \varphi_k), u(t), u(t - \tau_1), \dots, u(t - \tau_r), t), \quad (1)$$

$$y(t) = f_2(x(t)), \quad (2)$$

где  $x(t)$  – вектор состояния;  $u(t)$  – вектор управления;  $y(t)$  – вектор выходных координат;  $f_1, f_2$  – вектор-функция;  $\varphi_k > \dots > \varphi_1 > 0$ ;  $\tau_r > \dots > \tau_1 > 0$  – величины временного запаздывания.

В случае линейных объектов уравнения динамики модели (1), (2) примут вид

$$\frac{d}{dt}x(t) = \sum_{i=0}^k A_i(t) \cdot x(t - \varphi_i) + \sum_{i=0}^r B_i(t) \cdot u(t - \tau_i), \quad t_0 = 0; \quad (3)$$

$$y(t) = C(t) \cdot x(t), \quad (4)$$

где  $A_i(t), B_i(t), C(t)$  – матрица коэффициентов.

Необходимо отметить, что важным аппаратом для исследования устойчивости систем с запаздыванием является второй метод Ляпунова и методы Красовского, предложившего рассматривать вместо функций Ляпунова функционалы, обладающие лучшими свойствами.

Непрерывные системы с типовыми ПИ-, ПИД-регуляторами могут обеспечить удовлетворительное качество работы лишь при относительно малых величинах транспортного запаздывания. Повысить качество регулирования в этих условиях можно путем применения блока прогноза выходной координаты объекта. Среди множества методов управления процессами с транспортным запаздыванием весьма широкое применение получили методы Смита и методы оптимального управления.

Установлено, что применение упредителя Смита вместо линейных законов (ПИ и ПИД) дает наибольший эффект при отношении  $T/\tau < 1$  ( $T$  – постоянная времени объекта,  $\tau$  – транспортное запаздывание). В случае, когда  $T/\tau > 1$ , с упредителем может конкурировать типовой ПИД-регулятор.