

СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ РЕАКТОРА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПЛАСТИКА

Т.А. Емельянова, В.И. Гончаров
Томский политехнический университет
tanya110989@gmail.com

Введение

Для получения огнеупорного пластика применяют специальные реакторы [1]. Схематическое изображение установки на базе такого реактора приведено на рисунке 1. Она представляет собой химический реактор, который состоит из двух емкостей, помещенных друг в друга. В первую из них помещены вещества, являющиеся исходными продуктами химической реакции, другая емкость заполняется водой, которая обеспечивают стабилизацию температуры в камере.

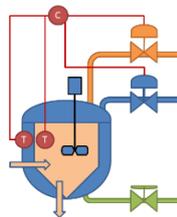


Рис. 1. Схема технологической установки

В соответствии с регламентом температура в камерах должна поддерживаться в жестких пределах. Установлено, что оптимальная температура содержимого в рабочей емкости должна быть около 73°C. Отклонение от этого значения должны быть сравнительно малыми из-за особенностей процесса. В частности, даже кратковременное превышение заданного значения температуры на 7°C может привести к затвердеванию смеси, что приводит к остановке процесса и значительным экономическим потерям. Вследствие этого перерегулирование в системе не должно быть более 14,5%. Таким образом основной задачей управления технологическим процессом является управление температурой в рабочей емкости.

Кроме того, анализ показал, что для управления температурой в системе необходимо иметь два контура управления: по температуре содержимого рабочей камеры и по температуре водяной рубашки. В связи с этим для управления технологическим процессом выбрана каскадная двухконтурная схема управления. Математическая модель системы управления представлена в [2].

1 Синтез регуляторов двухконтурной системы управления вещественным интерполяционным методом

Традиционный подход к синтезу многоконтурных систем основан на

последовательном расчёте каждого контура управления, начиная с внутреннего. При этом существует необходимость разбиения на контура не только синтезируемой системы, но и желаемых требований, предъявляемых к системе целиком. Этот фактор является дополнительным источником погрешности при решении задачи синтеза, что в условиях постоянно повышающихся требований к САУ является нежелательным, а зачастую даже недопустимым. В связи с этим наибольший интерес представляет подход, не использующий двухэтапную процедуру синтеза, исключаяющий этап дробления системы, а соответственно и её свойств, на контура. В этом случае задача синтеза двухконтурной системы управления температурой в камерах реактора сводится к решению уравнения (1).

$$W_{зам}^{жел}(\delta_i) = W_{зам}^{синт}(\delta_i), \quad (1)$$

где δ_i - узел интерполирования, i - номер узла интерполирования.

В [3] предлагается метод решения задачи синтеза многоконтурных систем, при этом число одновременно определяемых коэффициентов в [3] ограничивается двумя-тремя. Там же даются рекомендации по расширению области сходимости предлагаемого алгоритма на большее число неизвестных параметров. Воспользуемся этими рекомендациями для решения задачи синтеза.

2 Синтез системы управления температурой реактора

Структурная схема темы управления температурой реактора представлена на Рисунке 2.

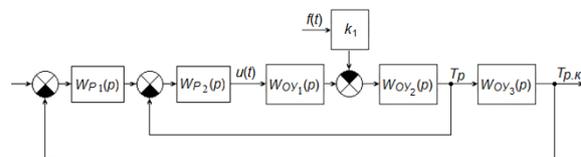


Рис. 2. Структурная схема темы управления температурой реактора

Передаточные функции объектов управления внутреннего и внешнего контуров управления $W_{OV1}(p)$, $W_{OV2}(p)$ и $W_{OV3}(p)$ соответственно:

$$W_{OV1}(p) = \frac{1423,5}{4,3p + 1}$$

$$W_{OY2}(p) = (2474892s^2 + 16275s + 7,08) / \\ /((6340673304s^3 + 59286422,16s^2 + \\ + 44516,736s + 8,496);$$

$$W_{OY3}(p) = \frac{5,9}{966p + 5,9}.$$

Передаточные функции регуляторов по условиям задачи имеют вид:

$$W_{p1}(p) = K_1 + K_2 \frac{1}{p}; \quad W_{p2}(p) = K_3 + K_4 \frac{1}{p}.$$

В соответствии со структурной схемой, представленной на рисунке 2, получено уравнения синтеза замкнутой САУ с двумя входными воздействиями. При этом в качестве возмущающего сигнала приняты ненулевые начальные условия $f(t) = const \equiv C = 20^\circ\text{C}$. В результате преобразований получено уравнение синтеза настраиваемой системы:

$$\frac{1}{p} \left(\frac{W_3^{жс}(p)}{W_{OY3}(p)W_{OY2}(p)W_{P2}(p)W_{OY1}(p)W_{P1}(p)} + \frac{W_3^{жс}(p)}{W_{OY3}(p)W_{P1}(p)} + W_3^{жс}(p) - 1 \right) = \\ = \frac{C \cdot k_1}{W_{P2}(p)W_{OY1}(p)W_{P1}(p)}.$$

Уравнение синтеза настраиваемой системы в развернутом виде:

$$\frac{1}{p} \left(W_3^{жс}(p) \cdot \left\{ \frac{5,9}{966p + 5,9} \left(K_3 + K_4 \frac{1}{p} \right) \left(K_1 + K_2 \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{2474892s^2 + 16275s + 7,08}{6340673304s^3 + 59286422,2s^2 + 44516,7s + 8,5} \cdot \frac{1423,5}{4,3p + 1} \right\} + \frac{W_3^{жс}(p)}{\frac{5,9}{966p + 5,9} \cdot \left(K_1 + K_2 \frac{1}{p} \right)} + W_3^{жс}(p) - 1 \right) = \\ = \frac{C \cdot k_1}{\left(K_3 + K_4 \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{1423,5}{4,3p + 1} \cdot \left(K_1 + K_2 \frac{1}{p} \right)}.$$

Таким образом, имеем уравнение с четырьмя неизвестными параметрами K_1, K_2, K_3, K_4 . В соответствии с методикой ВИМ необходимо определить передаточную функцию желаемой системы, выбрать четыре узла интерполирования, определить численные характеристики объекта управления и желаемой передаточной функции. Затем необходимо найти численные характеристики регуляторов и на их основе составить систему из четырех уравнений. В результате расчета параметров системы методом Ньютона и итерационного поиска решения получили следующие значения искомых коэффициентов: $K_1 = 2,244$, $K_2 = 0,021$, $K_3 = 2,005$, $K_4 = 0,342$. При этом время

переходного процесса составляет 410 с, а перерегулирование $\sigma = 4,13\%$. Переходный процесс в синтезированной системе приведен на рисунке 3.

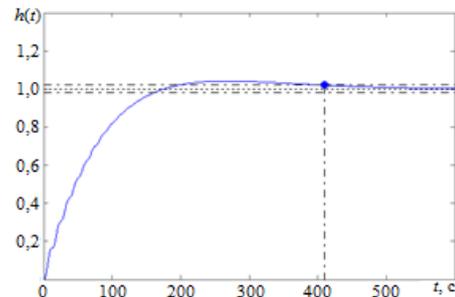


Рис. 3. График переходного процесса в синтезированной системе

Заключение

В результате вычислений показано, что представленные методы синтеза многоконтурных систем автоматического управления работоспособны, с их помощью может быть синтезирована двухконтурная система управления, обладающая заданными показателями качества. Решение обладает высокой точностью, может быть реализовано на ЭВМ, за счет чего вычислительные трудности минимальны.

Список использованных источников

1. Belyaev, A.S. Analysis of noisy signal restoration quality with exponential moving average filter [Electronic resources] / A. S. Belyaev, I. A. Tutov, D. V. Butuzov // Control and Communications (SIBCON) : Proceedings of the XII International Siberian Conference, Moscow, May 12-14, 2016. — [S. I.]: IEEE, 2016. — [4 p.]. — Title screen. — Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1109/SIBCON.2016.7491750>, свободный.
2. Бутузов Д.В. Разработка испытательного стенда нагревательной установки с водяной рубашкой / Д. В. Бутузов; науч. рук. И. А. Тутов // Молодёжь и современные информационные технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 9-13 ноября 2015 г.: в 2 т. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 1. — С. 223-224.
3. Goncharov, V.I.; Shchelkanova, T.A. / The synthesis of multi-loop control systems. Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2014.