

УДК 681.51

В.И. ГОНЧАРОВА, аспирант СПб ГУАП, старший преподаватель  
СПб ГУАП

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Для решения задачи синтеза обобщенным методом Галеркина, рассмотренный объект системы, который описан в [1] приведем к стандартному виду. А именно, используя [2] реализуем переход от системы дифференциальных уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Для простоты использования в составе системы автоматического управления полученные матричные значения параметров объекта  $A_q, B_q$  и  $C_q$  будем применять в виде блока модели динамического объекта.

Рассмотрим трубопровод для термической жидкости в составе системы автоматического управления устройства полиграфического производства, функциональная схема которой представлена на рис. 1

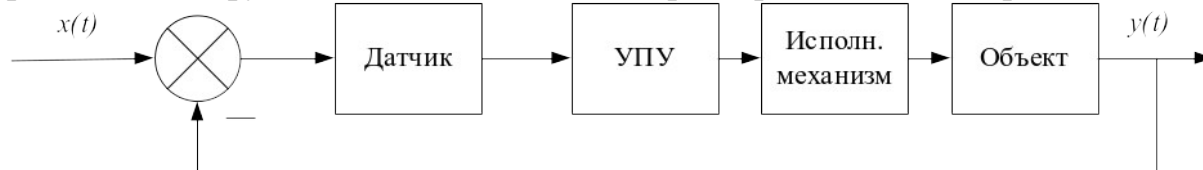


Рис. 1. Функциональная схема системы управления

где неизменяемая часть функциональной схемы системы управления состоит из  $W_1(p)$  – датчик,  $W_2(p)$  – исполнительный механизм,  $W_3(p)$  – объект управления.

Изменяемая часть функциональной схемы системы управления состоит из УПУ – усилительно-преобразующее устройство реализует алгоритм управления согласно требуемым показателям качества системы управления – запасу устойчивости по амплитуде (в пределах 10-30 дБ) и запасу устойчивости по фазе (в пределах 30-60 град). Изменяя передаточную функцию УПУ –  $W_4(p)$ , то есть последовательным включением корректирующего звена, выполняется коррекция и синтез САУ.

Объектом управления в исследуемой системе автоматического управления является температура окружающей среды или жидкости. В зависимости от метода изоляции исследуемого объема: одно- или двухемкостная – объект управления может иметь различное

математическое описание  $W_3(p)$ , апериодическим звеном первого порядка либо апериодическим второго порядка.

Датчик, регистрирующий сигнал о температуре окружающей среды или жидкости, поступающий с объекта управления - термоэлемент. Его математическая модель может быть представлена инерционным звеном  $W_1(p)$ .

Исполнительное устройство, выполняющее управление температурой окружающей среды или жидкости - термонагреватель (ТЭН) с электрическим приводом. Математическая модель исполнительного механизма представляет собой реальное интегрирующее звено (интегрирующее и инерционное)  $W_2(s)$  [3].

Таким образом САУ температурой жидкости включает в себя два комплекта элементов управления температурой, расположенных противоположно друг другу и образующих между ними зону регулирования температуры. Трубопровод в зоне управления температурой образует единый путь потока жидкости, который может иметь меняющиеся (первый и второй) участки жидкости. Один или несколько первых участков расположены вблизи первого комплекта и имеют теплопроводную связь с ним, а один или несколько вторых участков расположены вблизи второго комплекта и имеют теплопроводную связь с ним. Система управления температурой может быть использована в качестве модуля охлаждения или нагревания жидкости в устройстве или системе выдачи холодной жидкости, например питьевой воды, или устройстве выдачи другого напитка.

На рис. 2 представлена структурная схема САУ.

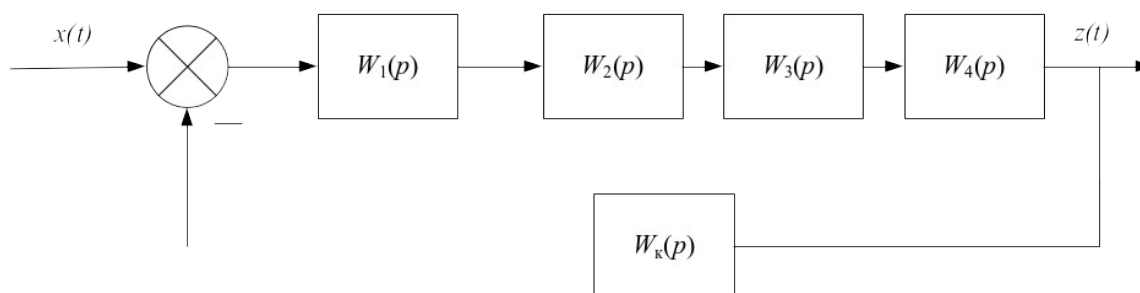


Рис. 2. Структурная схема системы автоматического управления

Решая задачу параметрического синтеза САУ с распределенными параметрами обобщенным методом Галеркина [4], реализуя переход от дифференциальных уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям [2], внесем изменения в схему управления (рис. 3)

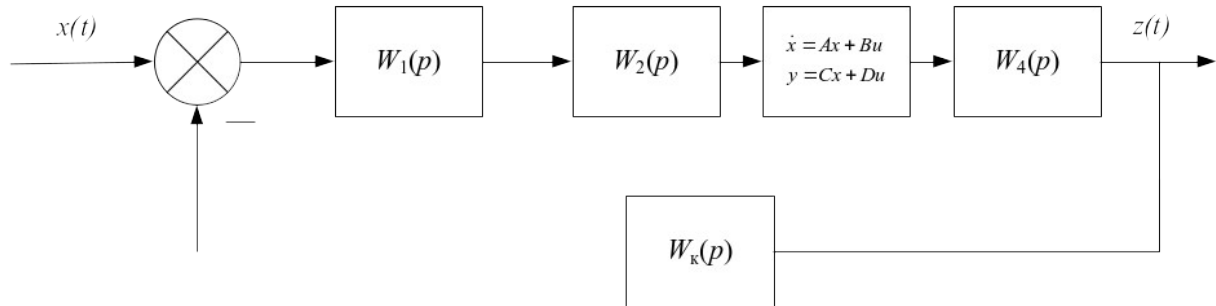


Рис. 3. Структурная схема системы автоматического управления  
где передаточные функции системы управления

$$W_1(p) = \frac{K_1}{T_1 p + 1},$$

$$W_2(p) = \frac{K_2}{T_2 p + 1},$$

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

$$W_4(p) = \frac{K_4}{T_4 p + 1}$$

$$W_k(p) = \frac{K_3}{T_3 p + 1}$$

$W_k(p)$  – передаточная функция корректирующего звена;  $T_1, T_2, T_3, T_4$  – варьируемые параметры системы, определяется в процессе синтеза корректирующего устройства системы;  $K_1, K_2, K_3, K_4$  – коэффициенты передачи;  $A, B$  и  $C$  – матрицы пространства состояний, полученные в результате перехода от дифференциальных уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям.

Используя изображения по Лапласу, получим в обобщенном виде матричную передаточную функцию объекта с распределенными параметрами

$$W(p) = C(pI - A)^{-1}B = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \end{bmatrix} \left( \begin{bmatrix} p & 0 \\ 0 & p \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} b_1 p - r \\ b_2 p - h \end{bmatrix},$$

Динамический процесс в САУ относительной координаты входа запишем

$$\left[ (T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(b_2 p - h)(T_4 p + 1)(T_3 p + 1) \right] z(t) +$$

$$+ K_1 K_2 \cdot (b_1 p - r) \cdot K_4 \cdot K_3 \cdot z^*(t) = K_1 K_2 K_3 K_4 (b_1 p - r) f^*(t)$$

где  $b_2, h$  – элементы матриц пространства состояний.

В ходе решения задачи синтеза необходимо, чтобы  $K_1 > 0, T_1 > 0, K_2 > 0, T_2 > 0, K_3 > 0, T_3 > 0, K_4 > 0, T_4 > 0$  обеспечивали САУ при  $T=0.2$  и внешнем скачкообразном воздействии  $f(t)=1(t)$  переходной процесс с перерегулированием на уровне  $\sigma \approx 20\%$  и время затухания  $T_{п.п} \approx 0.5$  с.

Получим график программного движения системы (рис. 4)

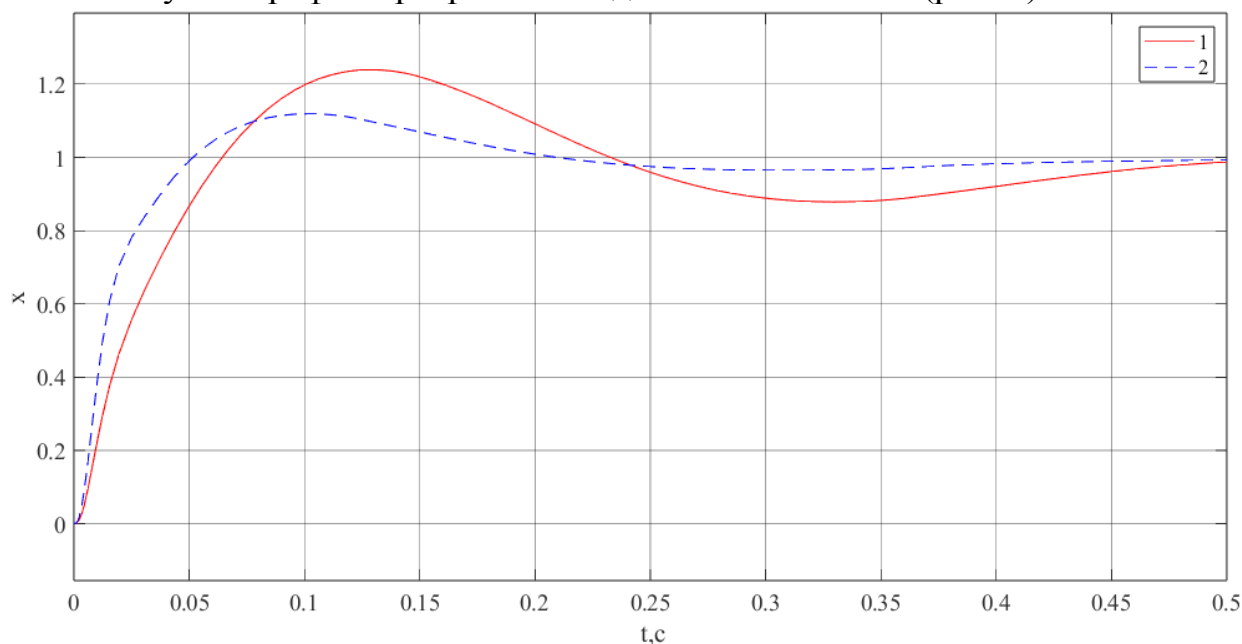


Рис. 4. График программного движения

где процесс 1 – желаемое программное движение, полученное в соответствии с рекомендациями изложенными в [5], кривая 2 – программное движение, полученное в результате синтеза.

В результате решения поставленной задачи синтеза обобщенным методом Галеркина были получены следующие значения варьируемых параметров регулятора  $K_1=1.9, T_1=0.2, K_2=4.9, T_2=0.6, K_3=1.4, T_3=0.1, K_4=7.6, T_4=2$ .

Полученный график программного движения показывает, что найденные параметры приблизительно обеспечивают заданные показатели качества работы САУ в переходном режиме.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № FSRF-2023-0003, "Фундаментальные основы построения помехозащищенных систем космической и спутниковой связи, относительной навигации, технического зрения и аэрокосмического мониторинга".

Список литературы:

1. *Гончарова В.И.* Моделирование трубопровода для термической жидкости/В.И. Гончарова//Датчики и системы. – 2023. - № 4-2(270) – С 38 – 42
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023664433: Российская Федерация. Программа для реализации перехода от дифференциальных параболических уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям: № 2023663900: заявл. 05.07.2023: опубл. 05.07.2023 / *В. И. Гончарова*
3. Методы и средства переработки информации в допечатных системах: Монография / О.А. Винокурова, М.В. Ефимов, Ю.Н. Самарин, М.А. Синяк; М-во образования Рос. Федерации. Моск. гос. ун-т печати. - Москва : [МГУП], 2003 (ИПК МГУП). - 269 с
4. *Шишляков В.Ф.* Синтез нелинейных САУ с запаздыванием прямым вариационным методом // Методы и средства обработки и получения данных в информационно-управляющих системах / ЛИАП. Л., 1990. С.30 – 37.
5. *Никитин А.В., Шишляков В.Ф.* Параметрический синтез нелинейных систем автоматического управления : Монография / Под ред. *В.Ф.Шишлякова* / СПбГУАП. СПб., 2003. 358с.

Информация об авторах:

Гончарова Виктория Игоревна, аспирант, старший преподаватель, Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, [goncharova\\_31kaf@bk.ru](mailto:goncharova_31kaf@bk.ru)