

**VI Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
304-1
17-23 ноября 2023 года**

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

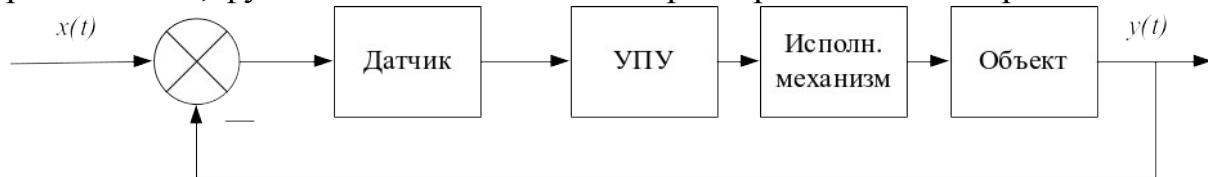


Рис. 1. Функциональная схема системы управления

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

**VI Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
304-2 17-23 ноября 2023 года**

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.

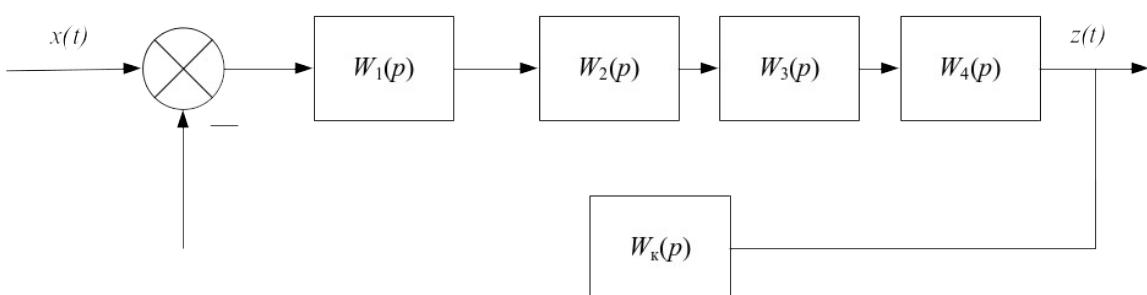


Рис. 2. Структурная схема системы автоматического управления

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)

**VI Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
304-3**
17-23 ноября 2023 года

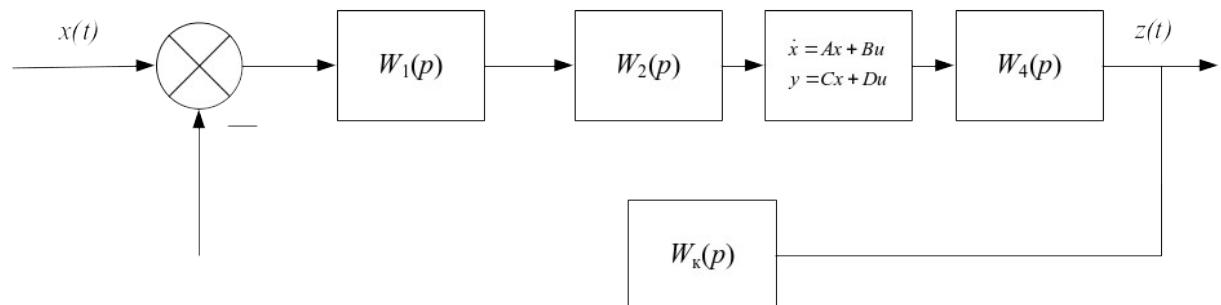


Рис. 3. Структурная схема системы автоматического управления
где передаточные функции системы управления

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

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

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

$$y = Cx + Du$$

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

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

$W_k(p)$ – 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

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

Динамический процесс в САУ относительной координаты входа запишем

$$\begin{aligned} &\left[(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(b_1 p - r)(T_4 p + 1)(T_3 p + 1) \right] z(t) + \\ &+ K_1 K_2 \cdot (b_1 p - r) \cdot K_4 \cdot K_3 \cdot z^*(t) = K_1 K_2 K_3 K_4 (b_1 p - r) f^*(t) \end{aligned}$$

**VI Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
304-4 17-23 ноября 2023 года**

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 $T_{\text{п.п.}} \approx 0.5$ с.

Получим график программного движения системы (рис. 4)

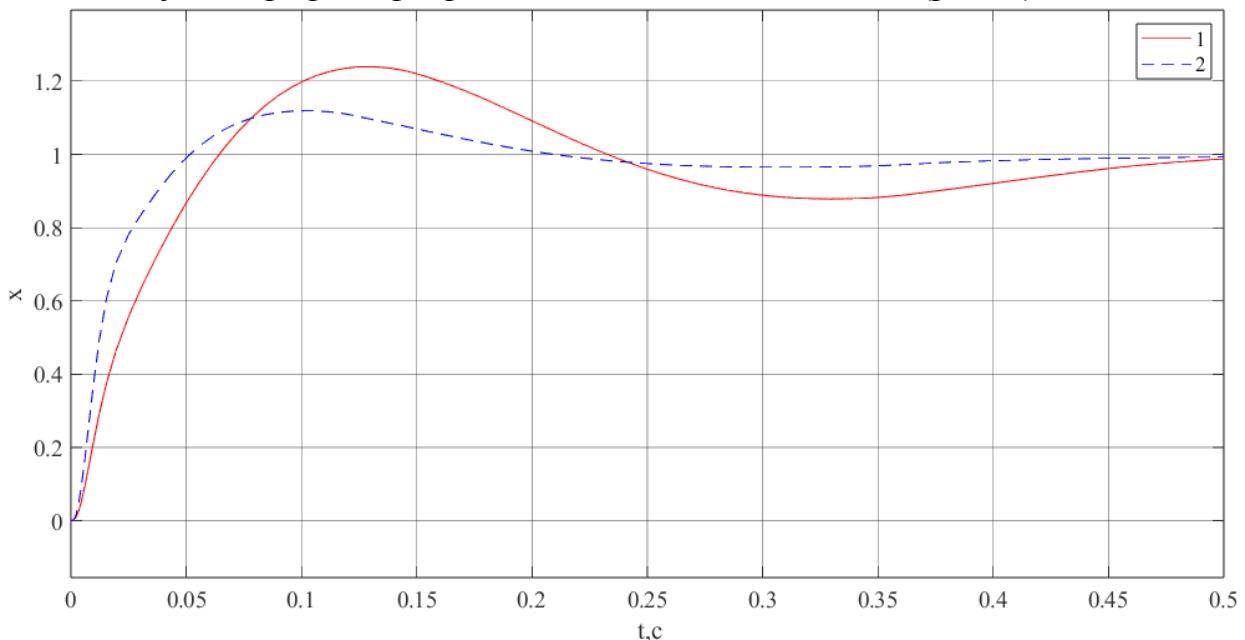


Рис. 4. График программного движения

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 значение 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 приближенно 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".

**VI Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

304-5

17-23 ноября 2023 года

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. Шишлаков 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., Шишлаков В.Ф. Параметрический синтез нелинейных систем автоматического управления : Монография / Под ред. В.Ф.Шишлакова / 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