



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО
(УНИВЕРСИТЕТ ИТМО)

Факультет систем управления и робототехники

Дисциплина: Дискретные системы управления

КУРСОВАЯ РАБОТА

Вариант 4

Студент:

Евстигнеев Д.М.

Группа: R34423

Преподаватель:

Чепинский С.А.

Санкт-Петербург

2022

Оглавление

1. Переход от непрерывной модели к дискретной	3
2. Синтез регулятора.....	6
Вывод:.....	8

Цель работы: выполнить синтез П регулятора, обеспечивающего заданные показатели качества переходного процесса в замкнутой системе.

Данные:

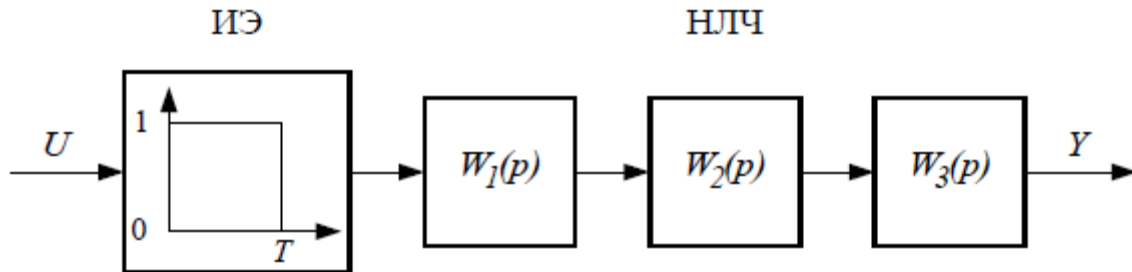


Рисунок 1 - Вид объекта управления

$$W_1 = \frac{60}{0.07p + 1}$$

$$W_2 = \frac{90}{0.1p + 1}$$

$$W_3 = \frac{0.02}{p}$$

Показатели качества:

$$\sigma = 10\%$$

$$t_{\pi} = 0.125 \text{ с}$$

Интервал дискретности работы импульсного элемента:

$$T = 0.005 \text{ с}$$

1. Переход от непрерывной модели к дискретной

Передаточной функции интегрирующего звена соответствует дифференциальное уравнение:

$$\dot{x}_1 = 0.07x_2$$

Передаточной функции звена $\frac{90}{0.1p+1}$ соответствует дифференциальное уравнение:

$$0.1\dot{x}_2 = -x_2 + 90x_3,$$

Или

$$\dot{x}_2 = -10x_2 + 900x_3.$$

Передаточной функции звена $\frac{60}{0.07p+1}$ соответствует дифференциальное уравнение:

$$0.07\dot{x}_3 = -x_3 + 60u,$$

Или

$$\dot{x}_3 = -14.285x_3 + 857.142u.$$

Получим описание объекта в форме ВСВ:

$$\dot{X} = A_H X + B_H U$$

$$Y = CX$$

$$\text{где } X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, A_H = \begin{bmatrix} 0 & 0.07 & 0 \\ 0 & -10 & 900 \\ 0 & 0 & -14.285 \end{bmatrix}, B_H = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 857.142 \end{bmatrix}, C = [1 \quad 0 \quad 0]$$

Перейдем к дискретному описанию объекта по формулам:

$$A = e^{TA_H}; B = \left(\sum_{i=1}^{\infty} \frac{T^i A_H^{i-1}}{i!} \right) B_H$$

Получим матрицы:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0.0001 & 0.0002 \\ 0 & 0.9512 & 4.235 \\ 0 & 0 & 0.9311 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0.0003 \\ 9.2614 \\ 4.1362 \end{bmatrix};$$

Переведем полученную модель в передаточную функцию с помощью формулы:

$$W(z) = C(zI - A)B$$

Получаем передаточную функцию:

$$W = \frac{3 * 10^{-4} z^2 + 1.2 * 10^{-3} z + 0.0003}{z^3 - 2.8823z^2 + 2.7680z - 0.8857}$$

Произведем моделирование:

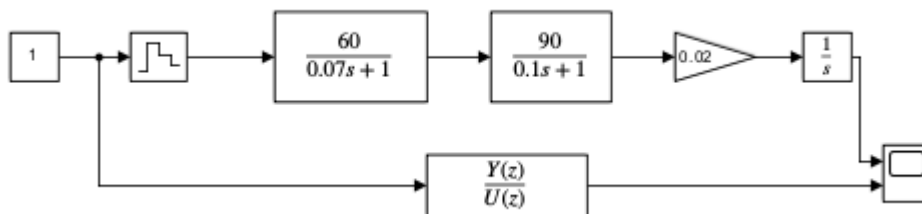


Рис. 2 Схема моделирования

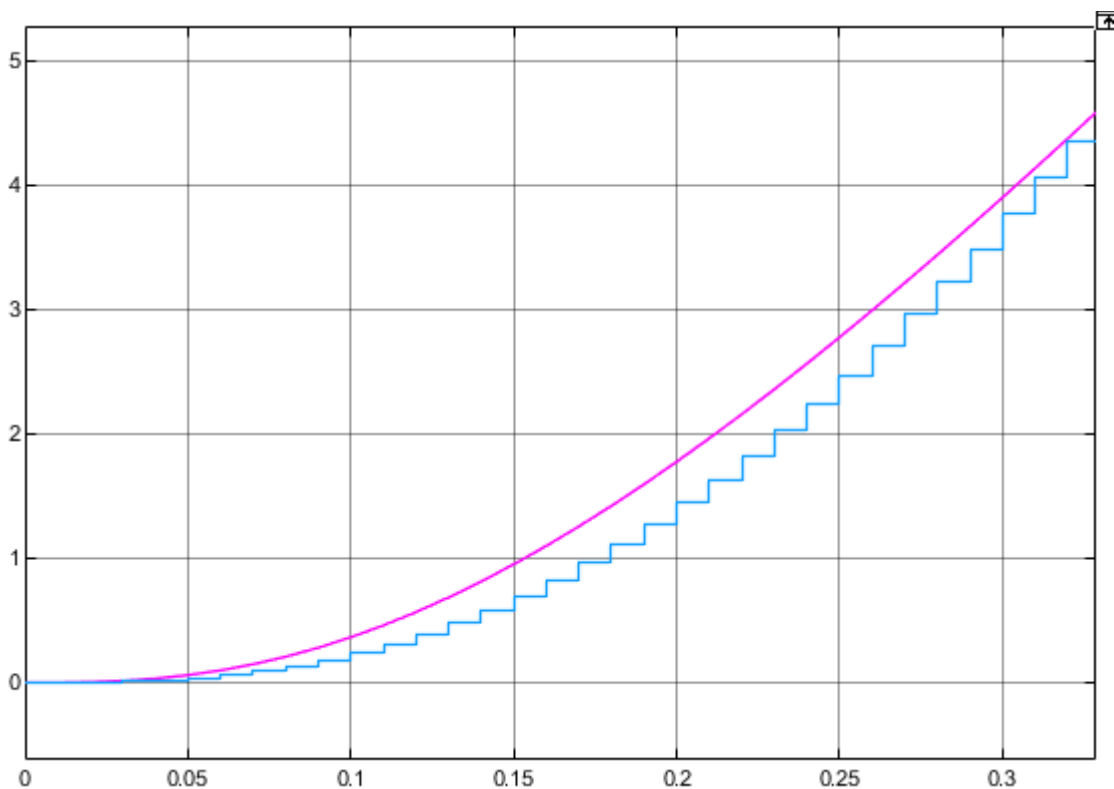


Рисунок 3 - Результаты моделирования

По результату моделирования можно увидеть, что реакции моделей совпадают, т. е. переход от непрерывного времени к дискретному выполнен корректно.

2. Синтез регулятора

По ТЗ нам необходимо сформировать П-регулятор для заданной системы.

Сведем задачу синтеза к выбору матриц эталонной модели Γ , H , решению уравнения Сильвестра:

$$M\Gamma - AM = -BH$$

и вычислению обратных связей:

$$K = HM^{-1}$$

Так как стоит задача спроектировать П-регулятор, задающийся передаточной функцией $W(s) = K$, то порядок уравнения системы не изменится. Исходя из заданных показателей качества, выберем стандартный биномиальный полином третьей степени $p^3 + 2\omega_0 p^2 + 2\omega_0^2 p + \omega^3$, для которого $t_n^1 = 6.0$. По заданию время переходного процесса равно 0.125 с, далее мы определяем желаемые собственные числа характеристического полинома. Для этого найдем ω_0 по формуле:

$$\omega_0 = \frac{t_n^1}{t_n} = \frac{6}{0.125} =$$

$$\lambda_{1,2} = -24 \pm 24\sqrt{3}i$$

$$\lambda_3 = -48$$

Сформируем матрицу Γ_n эталонной модели замкнутой системы (непрерывное время):

$$\Gamma_n = \begin{bmatrix} -24 & 24 & 0 \\ -24 & -24 & 0 \\ 0 & 0 & -48 \end{bmatrix};$$

Составим также матрицу H из условия полной наблюдаемости пары H, G .

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Произведем вычисление матрицы G эталонной модели для дискретного времени:

$$G = \expm(\Gamma_H * T) = \begin{bmatrix} 0.8805 & 0.1062 & 0 \\ -0.1062 & 0.8805 & 0 \\ 0 & 0 & 0.7866 \end{bmatrix}$$

Решим уравнение Сильвестра с помощью пакета MATLAB:

$$M = \text{sylvester}(-A, G, -BH)$$

$$M = \begin{bmatrix} -0.659 & 0.125 & 0.283 \\ 639.9954 & -941.7497 & -680.5231 \\ 15.1151 & 31.7641 & 28.6367 \end{bmatrix}$$

Используя равенство $K = HM^{-1}$ находим матрицу коэффициентов обратных связей:

$$K = \begin{bmatrix} 3.0020 & 0.0029 & 0.0742 \end{bmatrix}$$

Произведем моделирование системы управления непрерывным объектом с использованием дискретного Π -регулятора

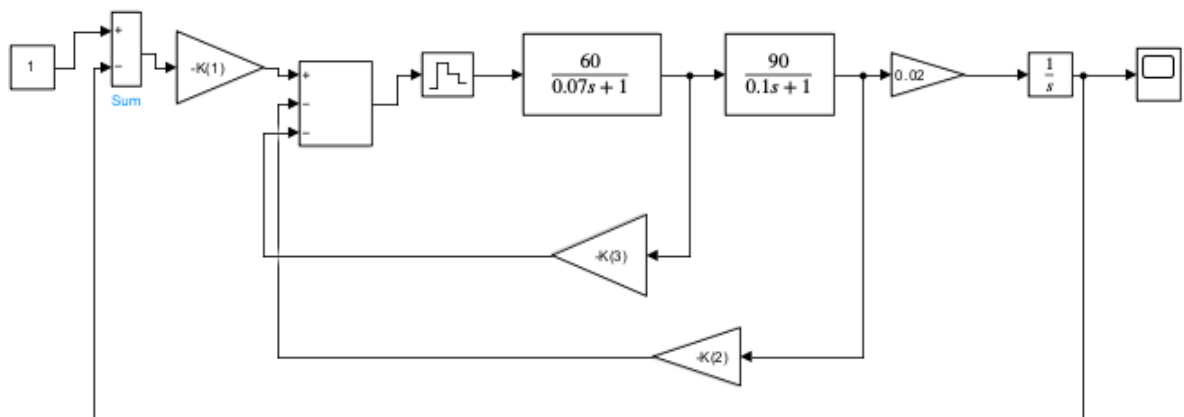


Рисунок 4 - Схема моделирования

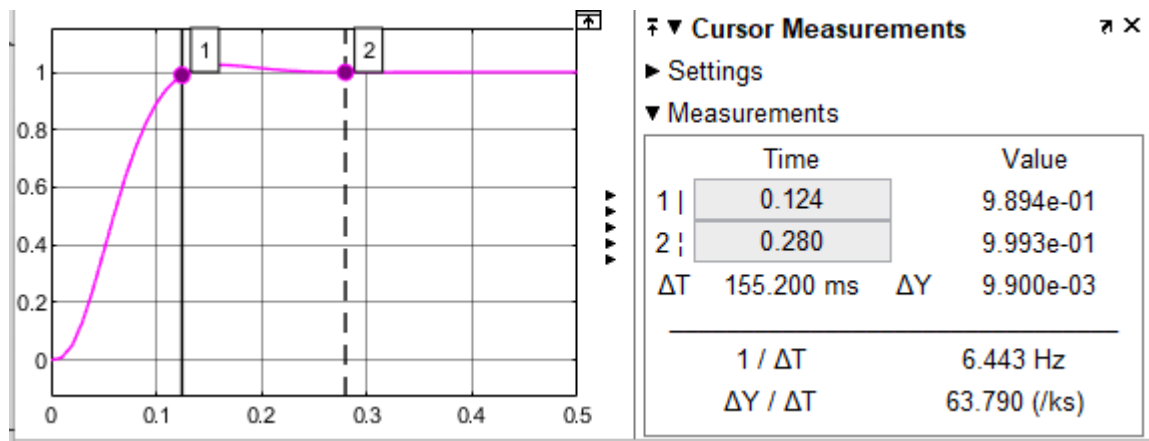


Рисунок 5 - Результаты моделирования

Из графика можно сделать вывод, что перерегулирование $9.9\% < 10\%$, а время переходного процесса $0.124\text{с} < 0.125\text{с}$, следовательно наши расчеты регулятора были выполнены верно

Вывод: в ходе работы было построено дискретное описание непрерывной модели, синтезирован дискретный П регулятор на основе решения уравнения Сильвестра, а также проведено моделирование системы с П-регулятором. Полученные результаты моделирования удовлетворяют желаемым.