



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

Факультет: «Специальное машиностроение»

Кафедра: «Робототехнические системы и мехатроника»

## **Лабораторная работа № 4**

по курсу «Теория автоматического управления»

Вариант 8

Выполнил: Ионин Даниил  
Группа: СМ11-61Б

Проверил(а):

Москва, 2024 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	2
1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРО-АНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	3
Постановка: .....	3
Решение: .....	3
Вывод:.....	4
ДЗ1 ПО КУРСУ НЕЛИНЕЙНОЙ ТАУ.....	5
Постановка: .....	5
Решение: .....	6
Вывод:.....	9
3. СИНТЕЗ СИСТЕМЫ С ДИСКРЕТНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ .....	10
Постановка: .....	10
Решение: .....	10
Вывод:.....	14

# 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРО-АНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

## Постановка:

Без лишних слов, в данном разделе Вам требуется разработать дискретную модель ЦАП.

## Решение:

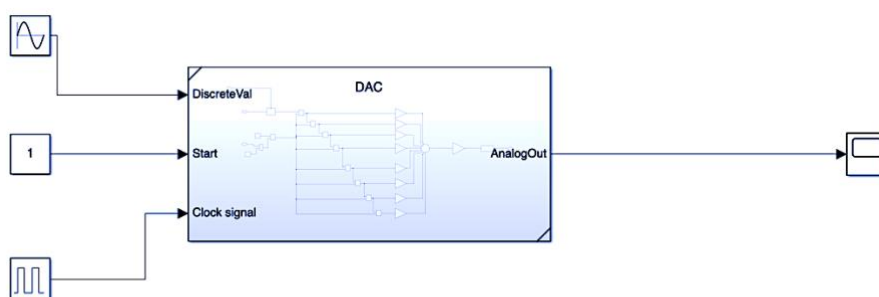


Рисунок 1.1 Подключение модели ЦАП

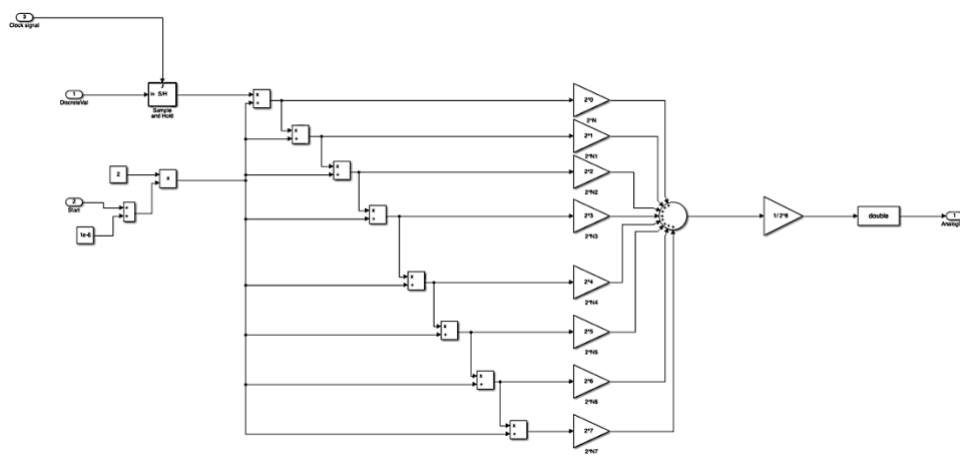


Рисунок 1.2 Структура модели ЦАП

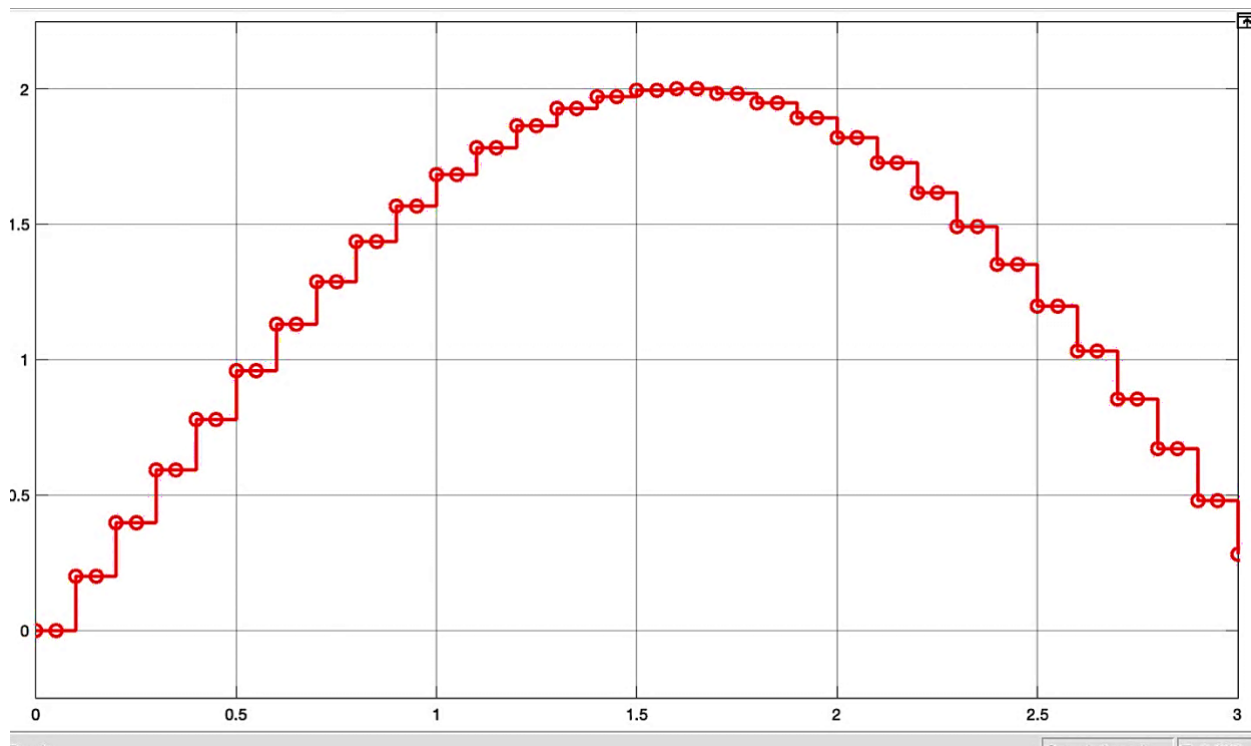


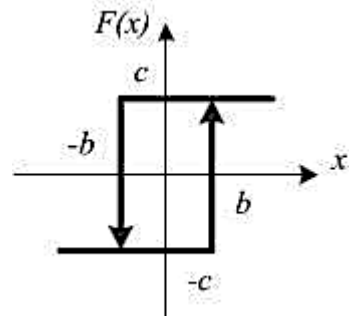
Рисунок 1.3 Оциллограмма на выходе модели

### **Вывод:**

Без лишних слов, дискретная модель ЦАП разработана.

## ДЗ1 ПО КУРСУ НЕЛИНЕЙНОЙ ТАУ

### Постановка:

Релейная с гистерезисной петлёй	
---------------------------------	---

$$W_L = \frac{7}{p(0.1p + 1)(0.05p + 1)}$$

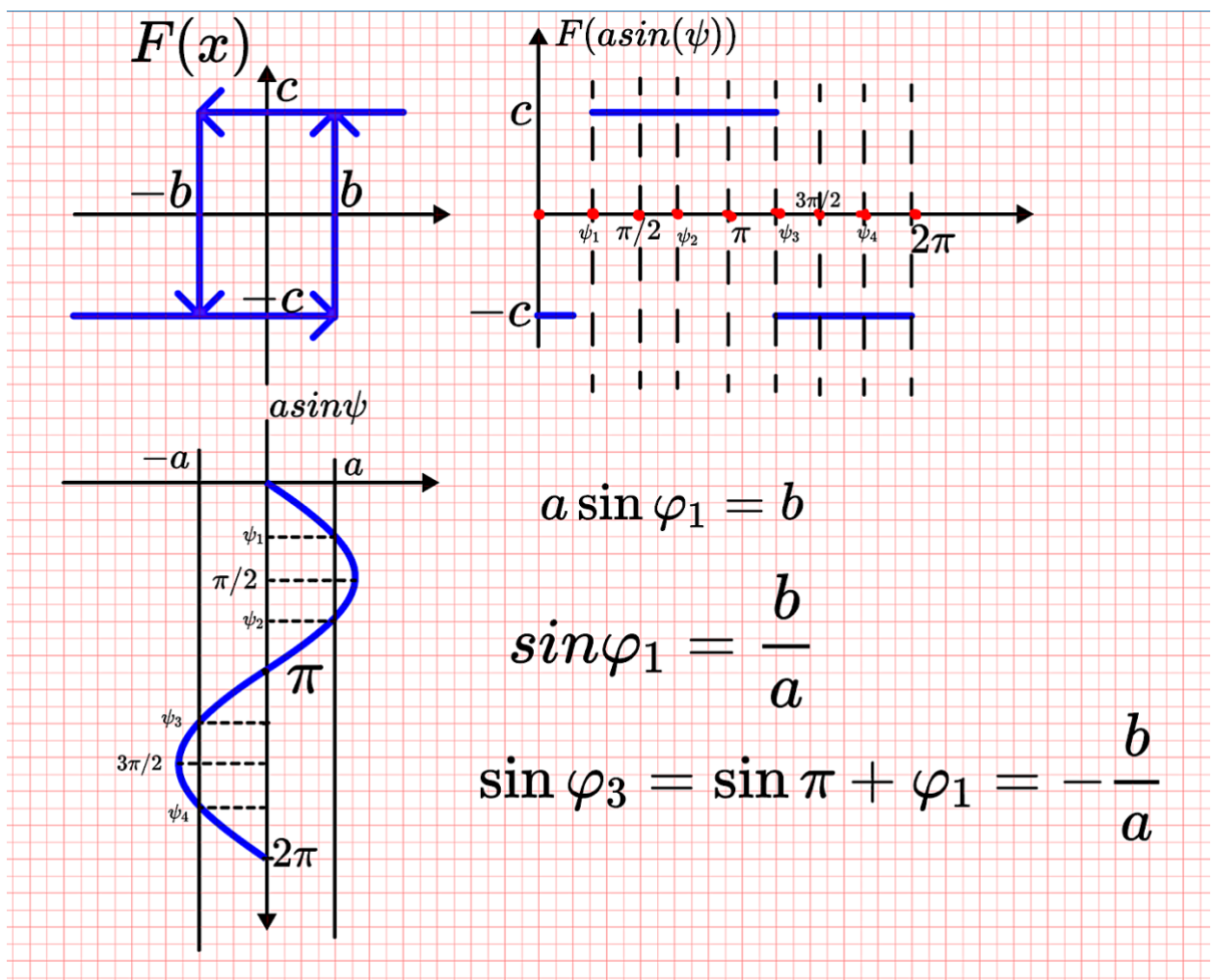


Рисунок 2.1 Постановка задачи

**Решение:**

$$\begin{cases} -0.005w^3 + w - \frac{160.4}{a^2} = 0 \\ -0.15w^2 + \frac{106.9}{a^2}(\sqrt{a^2 - 2.25}) = 0 \end{cases}$$

$$a^2 = \frac{160.4}{-0.005w^3 + w}$$

$$2.5w^5 - 1260w^3 - 99000w^1 - 35300w^2 + 7057600 = 0$$

Решение этого уравнения скриптом Matlab

```
clc

clear all

close all

syms w;

solve(2.5.*w.^5-1260.*w.^3-99000.*w.^1-
35300.*w.^2+7057600==0);
```

W = 11.0, остальные комплексные/отрицательные => a = 6.07

Построение остальных графиков скриптом Matlab

```
clc

clear all

close all

% построение передаточных функций и стат хар-к

w = tf(7, [0.005 0.15 1 0]);

x = 1.5:0.01:30;

qa = (15.28./x./x).*sqrt((x.*x)-(2.25));
```

```

qa_ =(-22.91./x)./x;
f = -20 .*log10(sqrt(((15.28./x./x).*sqrt((x.*x) ...
    -(2.25))))).^2+(22.91./x)./x.^2));
f4h = - pi-atan(1.5./sqrt(x.*x-2.25));
% построение графика q(a)
figure;
plot(x, qa, 'LineWidth',2, 'Color', 'r');
title('q(a)')
xline(6.07);
grid on;
% построение графика q`(a)
figure;
plot(x, qa_, 'LineWidth',2, 'Color', 'r');
title('q`(a)')
xline(6.07);
grid on;
% построение графика '20 lg(W_L (jw))
figure;
bode(W);
xline(-0.94);
grid on;
figure;
subplot(2,1,1)
plot(x, f, 'LineWidth',2, 'Color', 'r');
yline(-17);
title('20 lg(W_L (jw))');
grid on;
subplot(2,1,2) % построение графика arg(W_L (jw))

```

```

plot(x, f4h, 'LineWidth',2, 'Color', 'r');
title('arg(W_L (jw))');
yline(-pi);
grid on;

```

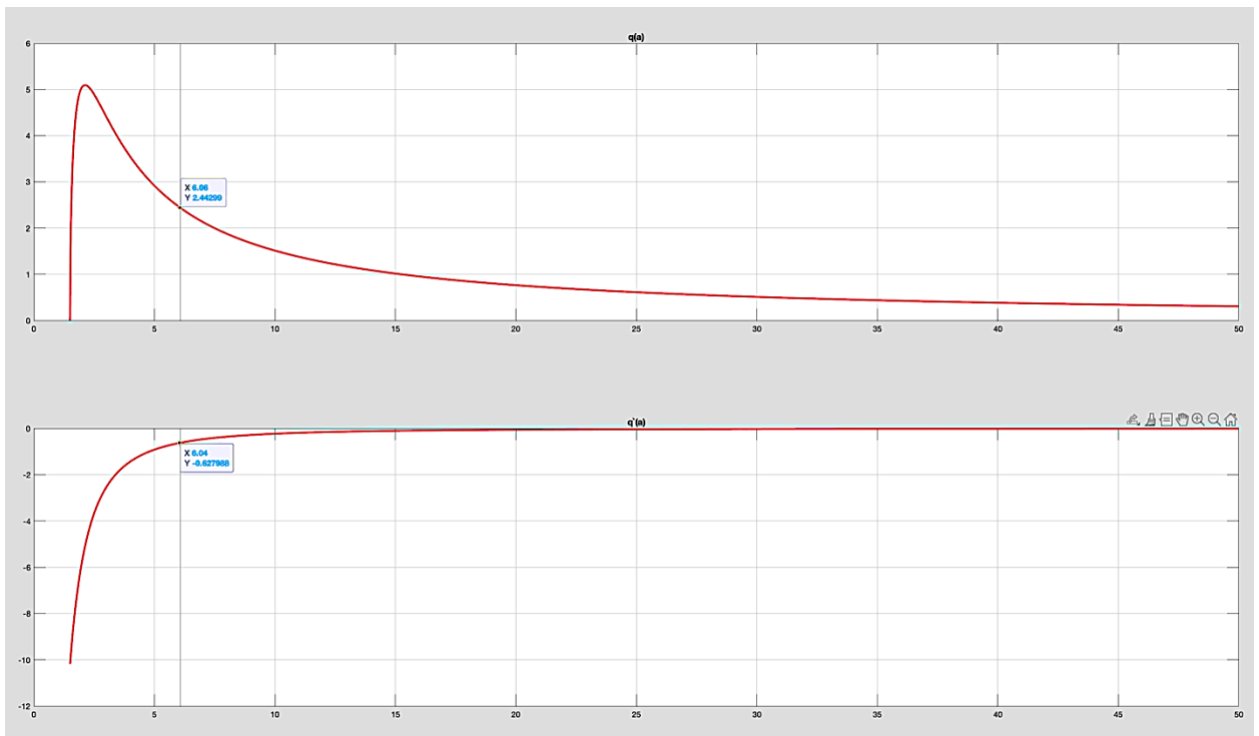


Рисунок 2.2. Графики  $q(a)$  и  $q'(a)$  построенные в п.п.п. Matlab

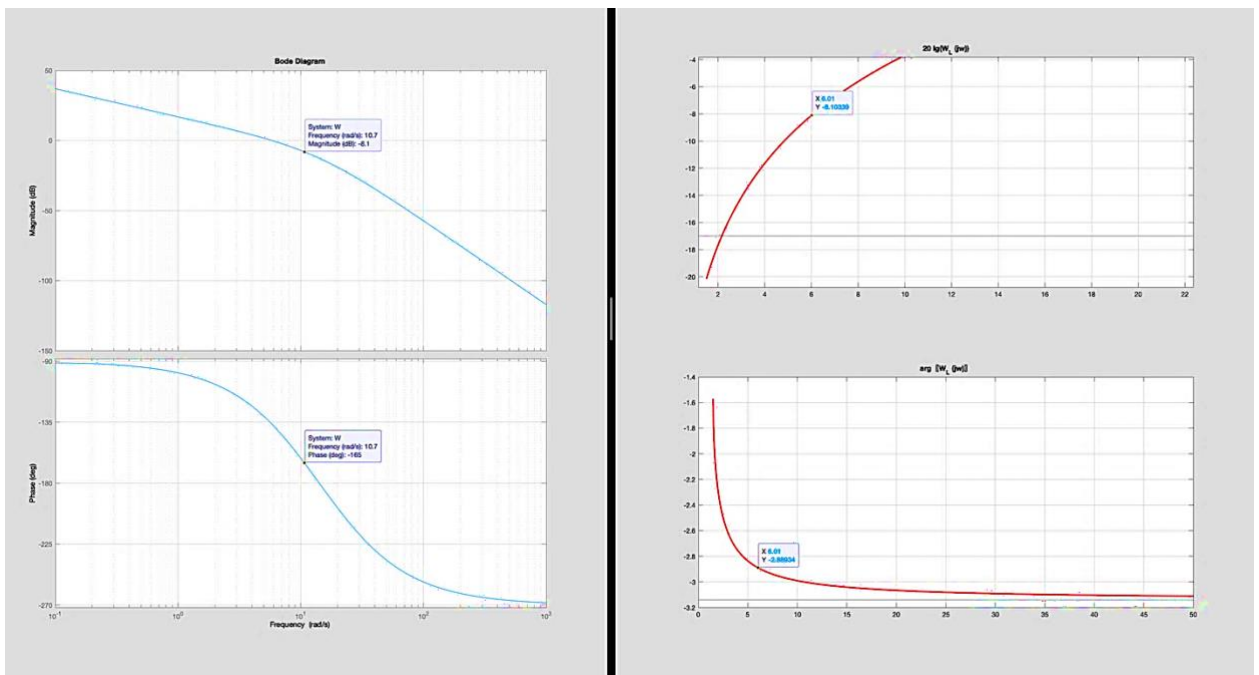


Рисунок 2.3. графики ЛАЧХ и ЛФЧХ построенные в п.п.п. Matlab



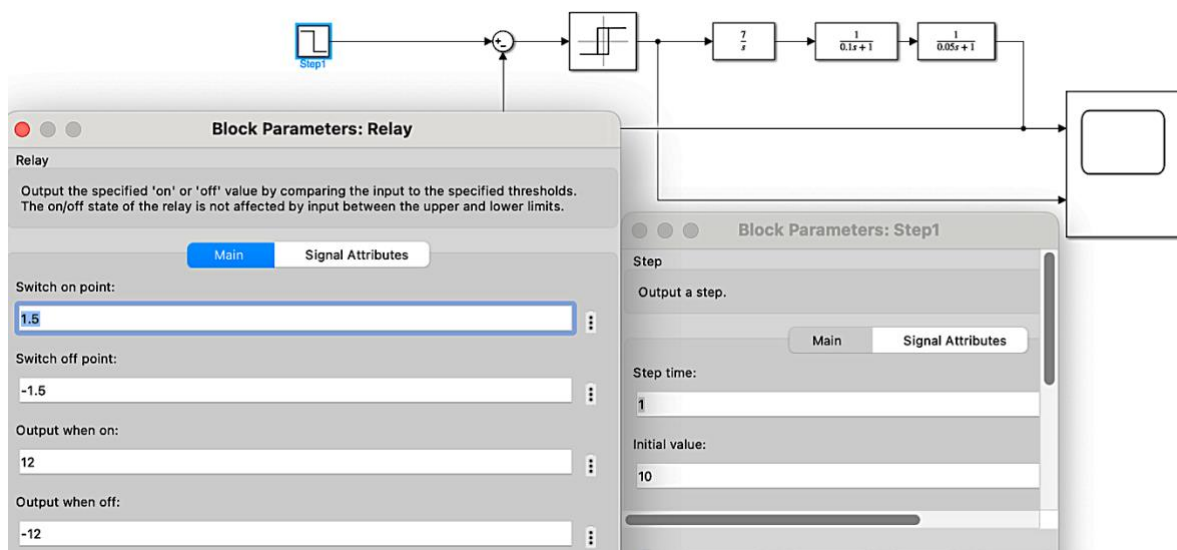


Рисунок 2.4. График системы, построенной в Simulink

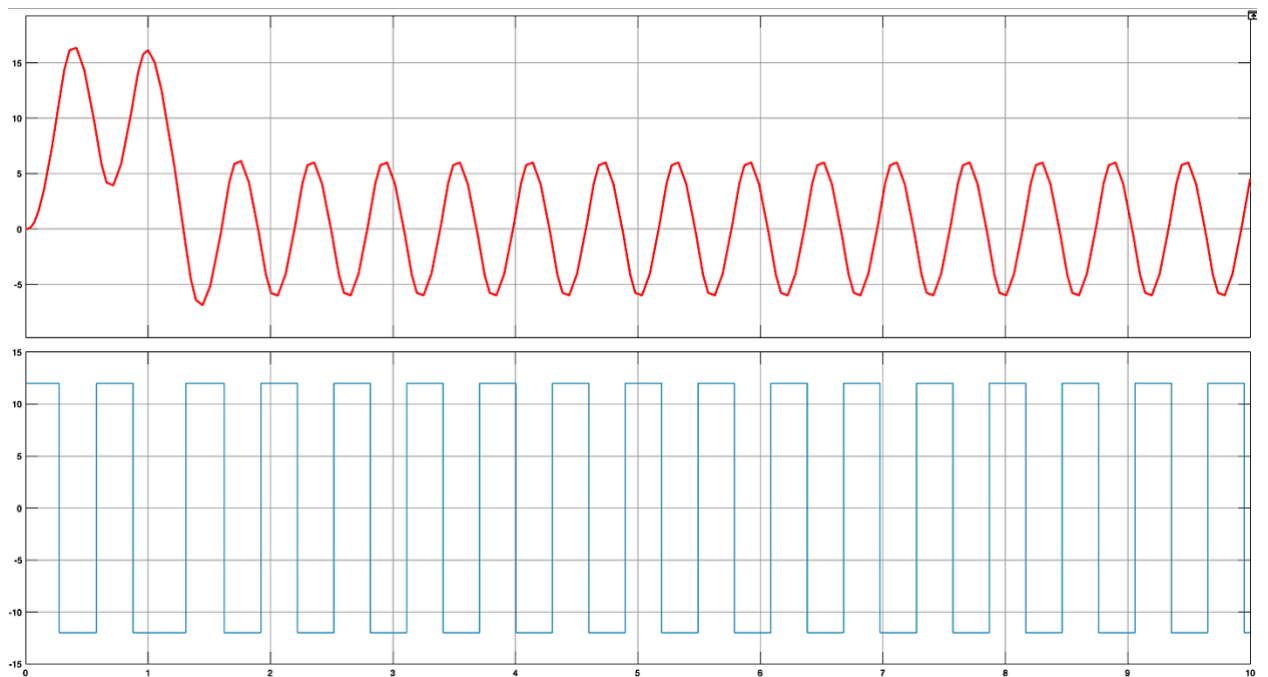


Рисунок 2.7. Полученные графики положения системы, подтверждающие наличие автоколебаний.

### Вывод:

Домашнее задание решено успешно с использованием ЭВМ

### 3. СИНТЕЗ СИСТЕМЫ С ДИСКРЕТНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

#### Постановка:

Необходимо провести синтез непрерывного регулятора для линейной системы и затем перевести его в дискретную форму и верифицировать систему.

Требования к системе:

- Перерегулирование не более 30% при подаче на вход единицы;
- Динамическая ошибка 1 градус при подаче на вход синуса частотой 0.5 рад/с и амплитудой 50 градусов.

#### Решение:

##### 3.1. Создание каркаса модели неизменяемой части и ПИД регулятора

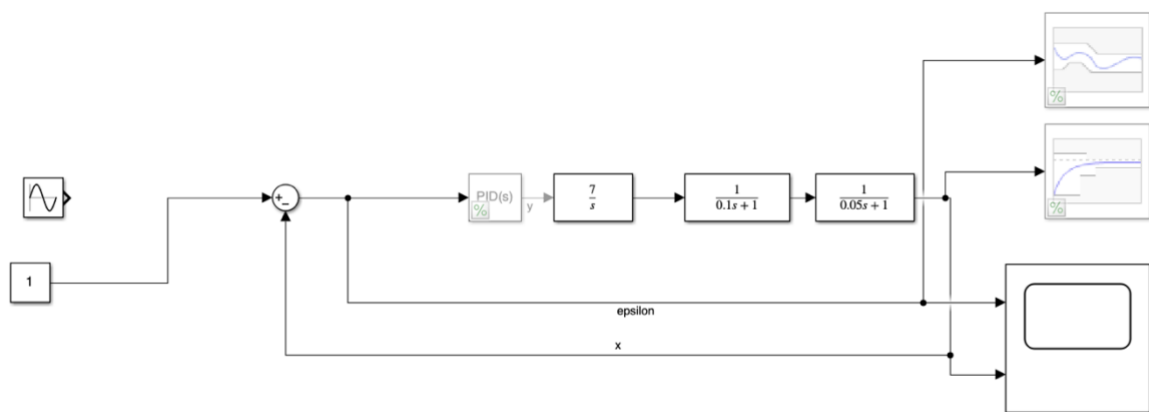


Рисунок 3.1 – созданный каркас модели с ПИД регулятором до синтеза

##### 3.2. Синтез неизменяемой части с помощью последовательной коррекции

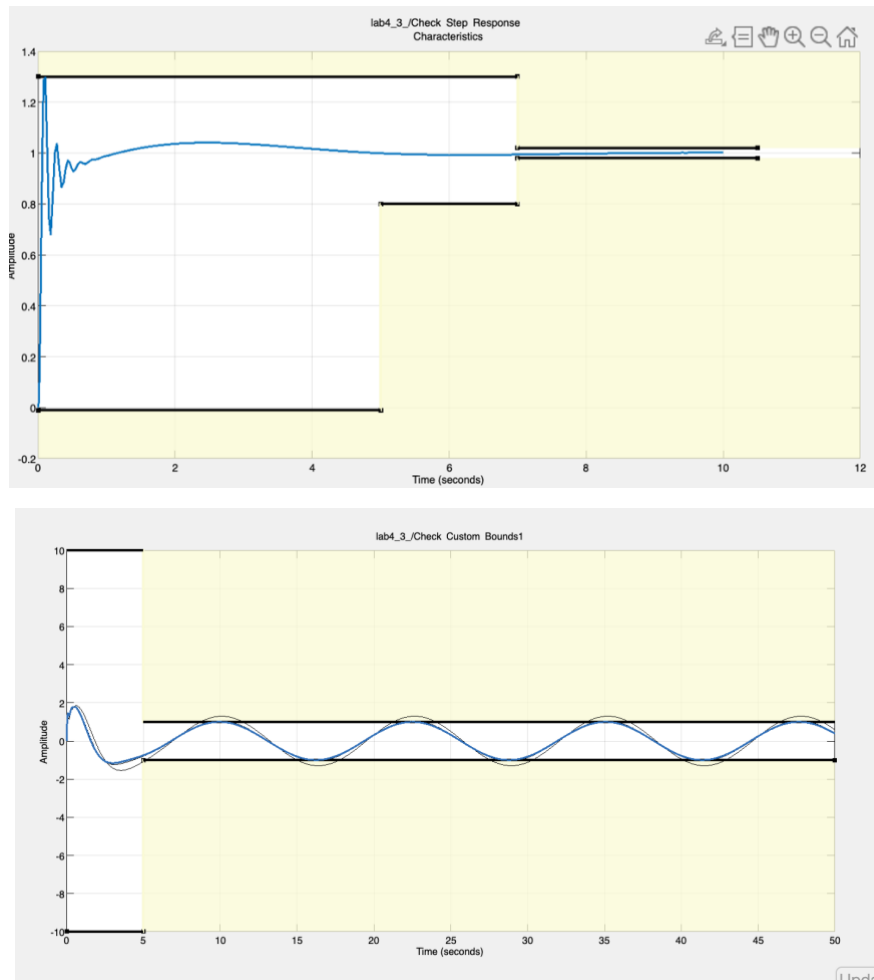


Рисунок 3.2. Результаты синтеза неизменяемой части в Response Optimizer  
Как видим, система удовлетворяет поставленным требованиям (Overshoot 30%), значение динамической ошибки  $0.15 < 1$  градуса

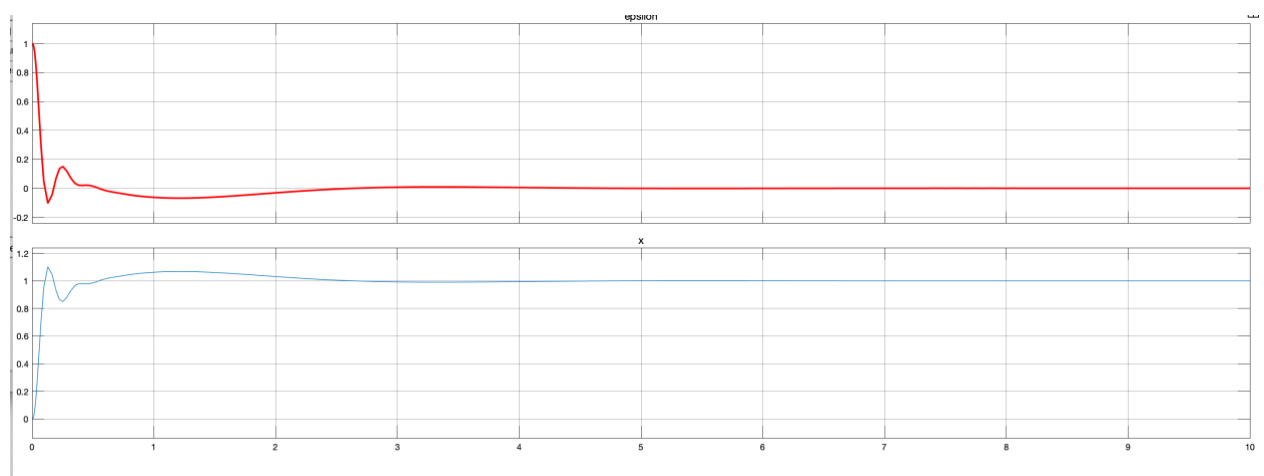


Рисунок 3.3. Графики на выходе при подаче 1 на вход

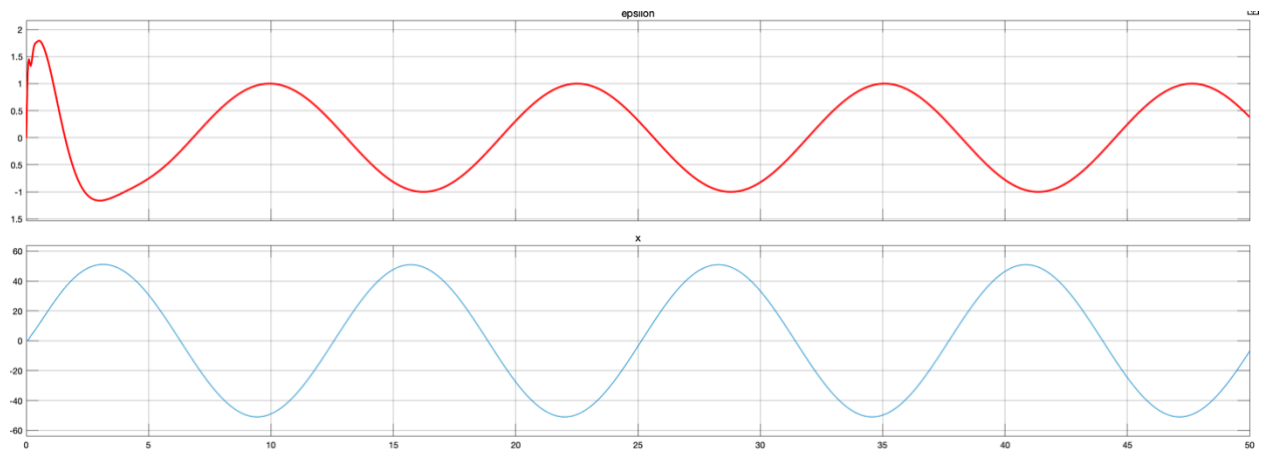


Рисунок 3.4. Графики на выходе при подаче  $\sin$  на вход

Таким образом: при значениях ПИД регулятора,

$$k_p = 1.1776, k_i = 1.8463, k_d = 0.48315$$

Поставленные требования достигаются.

Синтез неизменяемой части с помощью последовательной коррекции

### 3.3. Перевод регулятора в дискретную форму

Код для перевода регулятора в дискретную форму

```
w = tf ([0.48315 1.1776 1.8463],[0.000001 1 0])
Discr = c2d(w, wcr/10, 'tustin')
```

Discr =

$$\frac{97.81 z^2 - 193.2 z + 95.46}{z^2 - 4e-05 z - 1}$$

Рисунок 3.5. Полученная функция регулятора

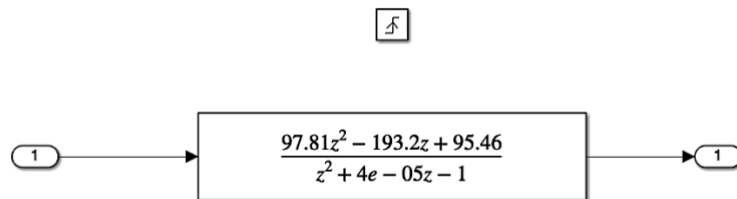


Рисунок 3.6. Полученная подсистема регулятора

### 3.4. Сборка системы с дискретным контроллером

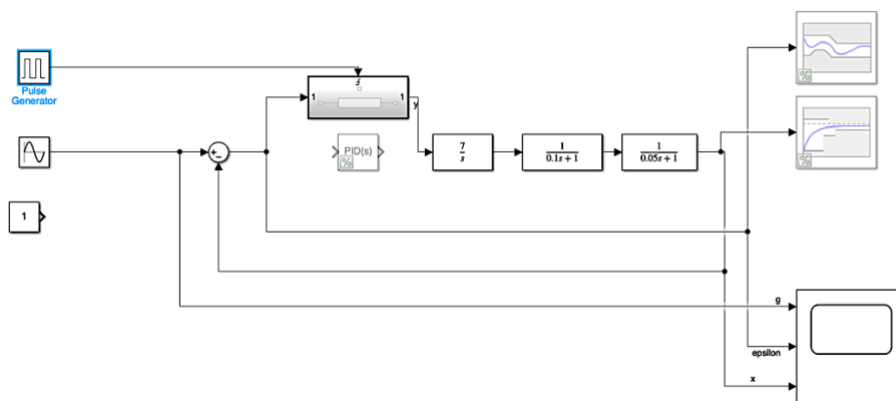


Рисунок 3.7. Итоговая система с дискретным регулятором

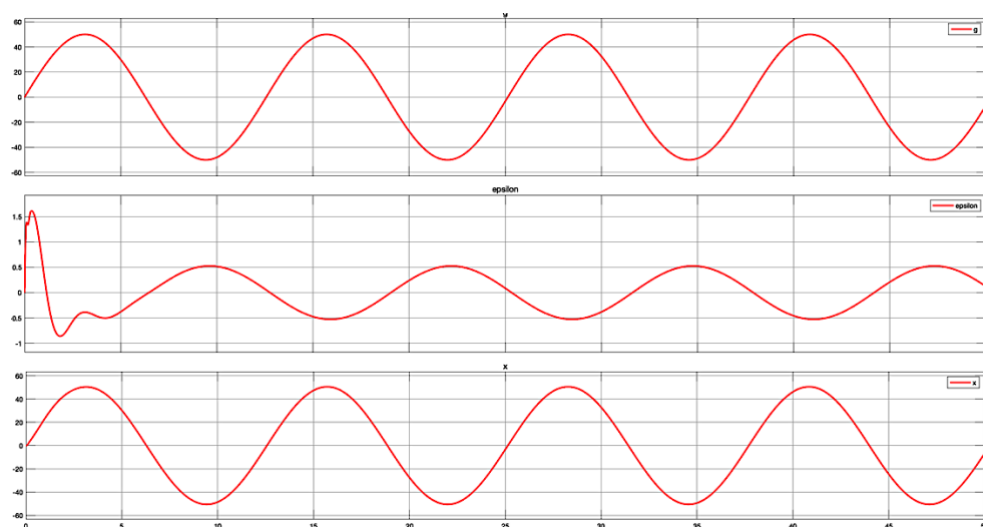


Рисунок 3.8. Графики при подаче синусоиды

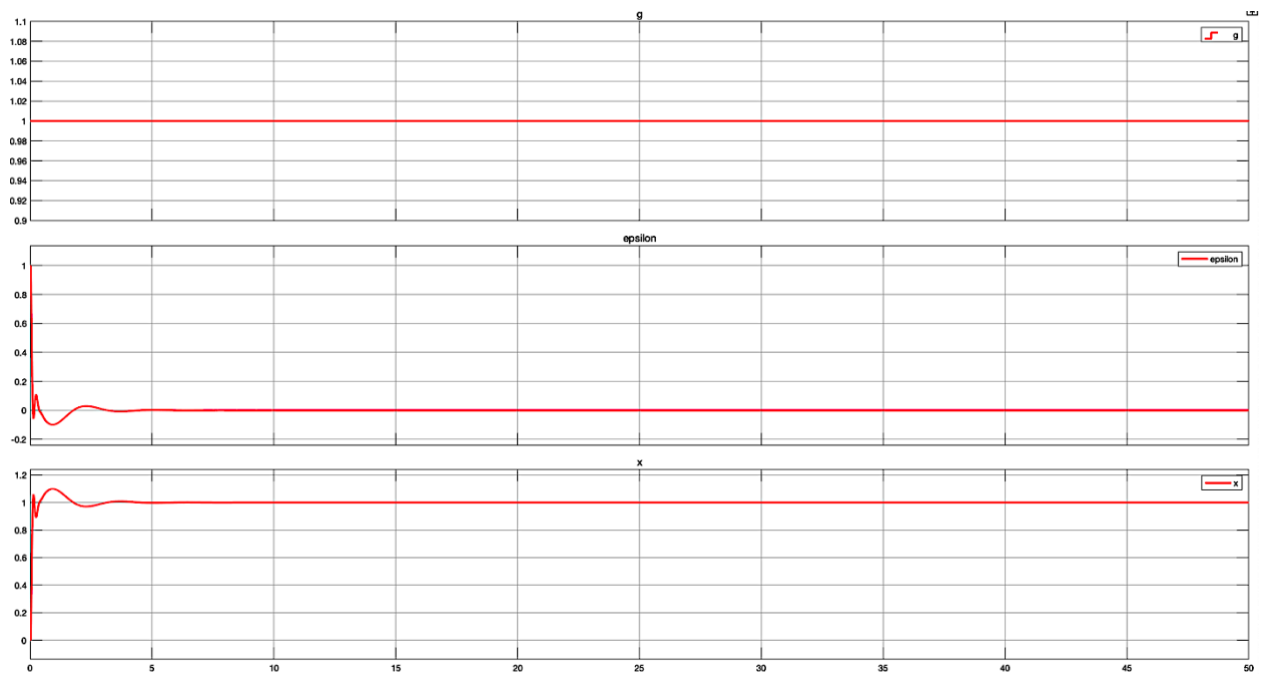


Рисунок 3.8. Графики при подаче константы

### Вывод:

Необходимая система построена, требования по перерегулированию и динамической ошибке выполнены