

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра САУ

ОТЧЕТ
по практической работе №5
по дисциплине «Модельно-ориентированное проектирование
систем управления»
ТЕМА: Разработка и исследование систем цифрового модального
управления непрерывными объектами

Студент гр. 9492

Викторов А.Д.

Преподаватель

Игнатович Ю.В.

Санкт-Петербург

2024

Задание к практической работе

На основе методик, изложенных в лекции 5 и результатов предыдущих лабораторных и практических работ, выполнить разработку дискретного модального регулятора для своего варианта следящей системы управления с ДПТ независимого возбуждения. При этом должны быть выполнены все рассмотренные варианты построения регуляторов. Сравнить результаты разработанных аналоговых, цифровых и гибридных моделей системы управления в том числе с результатами, полученными в предыдущих работах.

Ход работы

Для разработки моделей различных типов используется код, представленный в листинге 1.

Листинг 1 – Код для выполнения работы

```
clc;
clear;
close all;
%% initial system
%СЛ-121 Вариант 9
Pn = 77; %Номинальная мощность, Вт
wn = 315; % Номинальная скорость вращения, рад/с
Un = 110; % Номинальное напряжение, В
In = 1.07; % Номинальный ток якоря, А
Mn = 0.245; % Номинальный момент, Н*м
Jd = 10^-4 * 1.67; % Момент инерции двигателя, кг*м^2
R = 8.5; % Сопротивление якоря, Ом
La = 10^-3 * 58; % Индуктивность якоря, Гн
Jn=2*Jd; % Приведенный момент инерции на валу двигателя
km=Mn/In % Коэффициент между током и моментом
ke=(Un-R*In)/wn; % Коэффициент противо-ЭДС
Te=La/R; % Постоянная времени якорной цепи
k1=1/R;
k2=km/Jn; % k1, k2 вспомогательные коэффициенты
ku=20; % Коэффициент усиления усилителя

%% 2
[A,B,C,D]=linmod('SYS5_1')
Co = ctrb (A,B);
unctr = length (A) - rank (Co) ;% Число неуправляемых мод
if unctr == 0
    disp ('Система полностью управляема')
else
    T = 'Число неуправляемых мод равняется';
    disp ([T unctr])
end
[p, b] = butterworth(3,2,0.05); % n = 3, poly_type = 3, tgel = 0.05, butterworth.m
K = place(A,B,p)
```

```

% Расчет дискретной системы
Ts=0.001; % Период дискретизации
pd=exp(p*Ts) %Вектор желаемых полюсов дискретной системы
sys=ss(A,B,C,D); % Описание непрерывной системы
Sysd=c2d(sys,Ts, 'zoh') % Описание дискретной системы
Kd = place(Sysd.a,Sysd.b,pd) % Коэффициенты модального регулятора
                                % дискретной системы
Adk = Sysd.A -Sysd.B*Kd; % Матрица A замкнутой дискретной системы
Fd =ss(Adk,Sysd.B,Sysd.C,Sysd.D,Ts); % Описание замкнутой дискретной
                                % системы
yduk=dcgain(Fd); % Установившееся значение на выходе
                                % замкнутой дискретной системы
Kdnorm1 = 1/yduk(3) % Нормирующий коэффициент для дискретной
                                % системы с коэффициентом передачи равным 1

```

Результатом выполнения этого кода является расчет всех необходимых для моделирования коэффициентов и матриц. Далее представлен листинг работы программы.

Листинг 2 – Результат работы программы

```

km =
    0.2290

A =
   -146.5517   -5.5230         0
    685.5448         0         0
         0     1.0000         0

B =
    344.8276
         0
         0

C =
     1     0     0
     0     1     0
     0     0     1

D =
     0
     0
     0
Система полностью управляема

K =
    0.2664    0.1042    7.1646

pd =
    0.8876 + 0.0000i
    0.9371 + 0.0971i
    0.9371 - 0.0971i

Sysd =
A =
           x1           x2           x3
x1      0.862   -0.005134         0
x2      0.6373    0.9982         0
x3   0.0003265   0.0009994         1

B =

```

```

      u1
x1    0.3205
x2    0.1126
x3    3.799e-05
C =
      x1  x2  x3
y1     1   0   0
y2     0   1   0
y3     0   0   1
D =
      u1
y1     0
y2     0
y3     0

```

```

Sample time: 0.001 seconds
Discrete-time state-space model.
Kd =
    0.2699    0.1022    6.8390

Kdnorm1 =
    6.8390

```

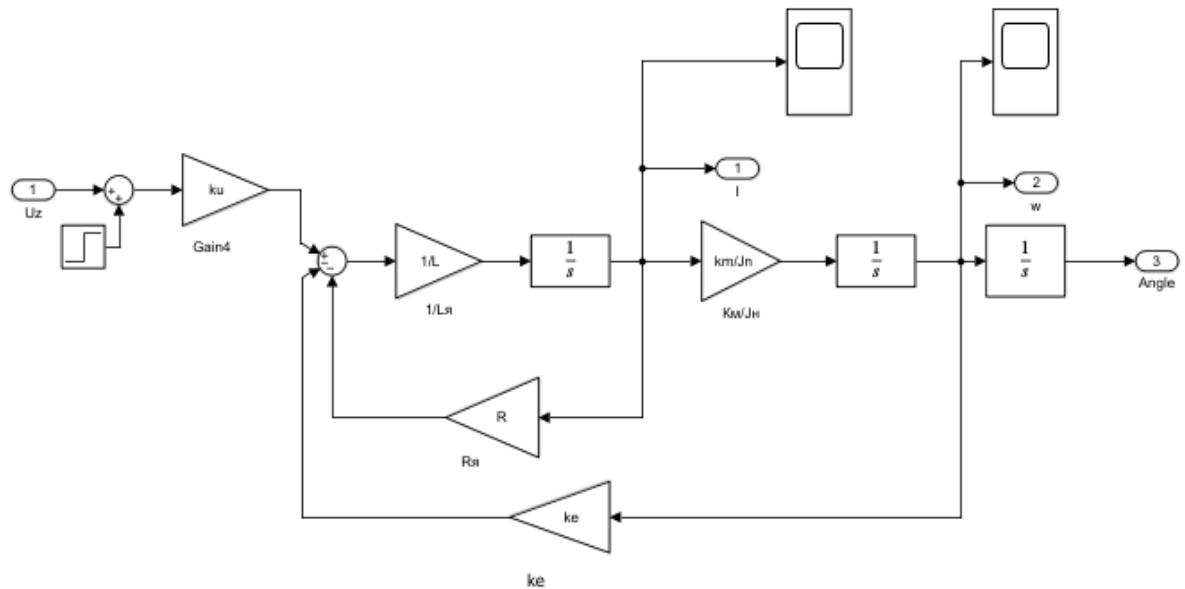


Рисунок 1 – Исходная аналоговая модель ДПТ

Подключение аналогового модального регулятора к модели на рисунке 1 показан на рисунке 2. Время переходного процесса задано заранее и составляет 0.05 секунды.

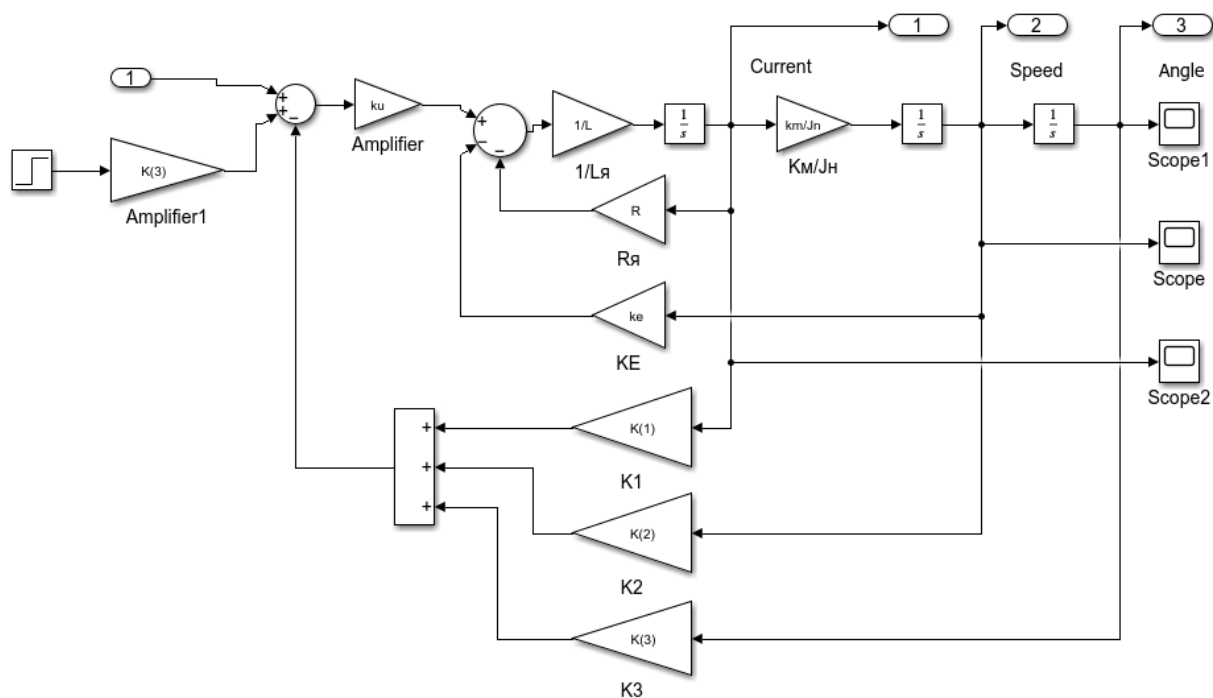


Рисунок 2 – Аналоговая модель ДПТ с модальным регулятором

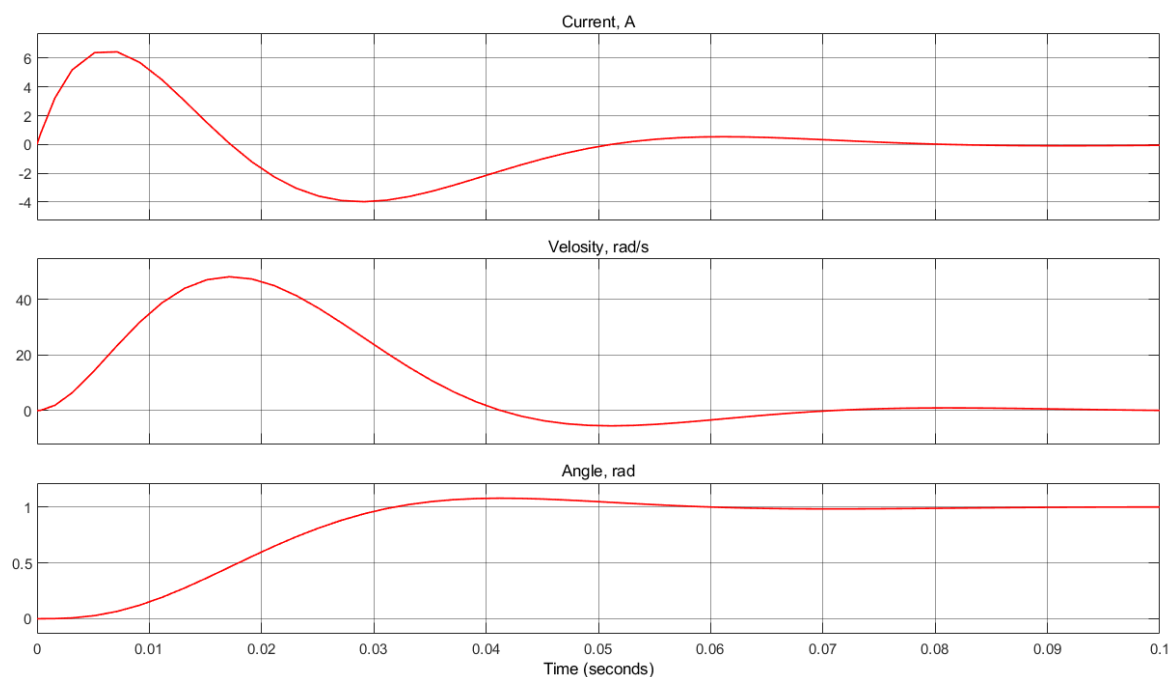


Рисунок 3 – Переходная характеристика аналоговой модели ДПТ с модальным регулятором.

Дискретная модель с периодом дискретизации $T_s = 0.001$ представлена на рисунке 4. Для проведения сравнение моделирование будет происходить совместно с непрерывной моделью.

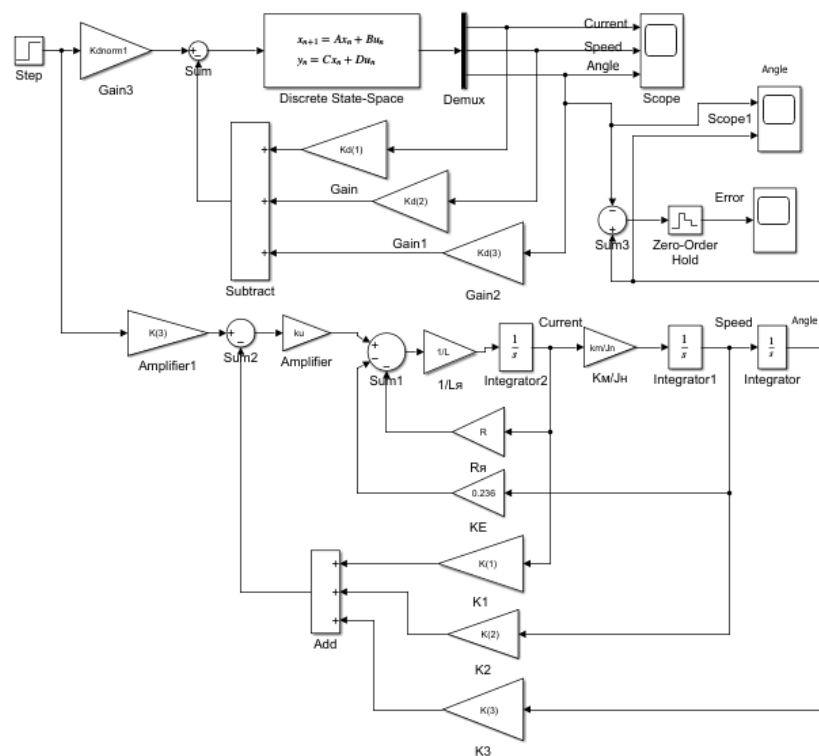


Рисунок 4 – Дискретная модель ДПТ (сверху) с аналоговой моделью ДПТ (внизу)

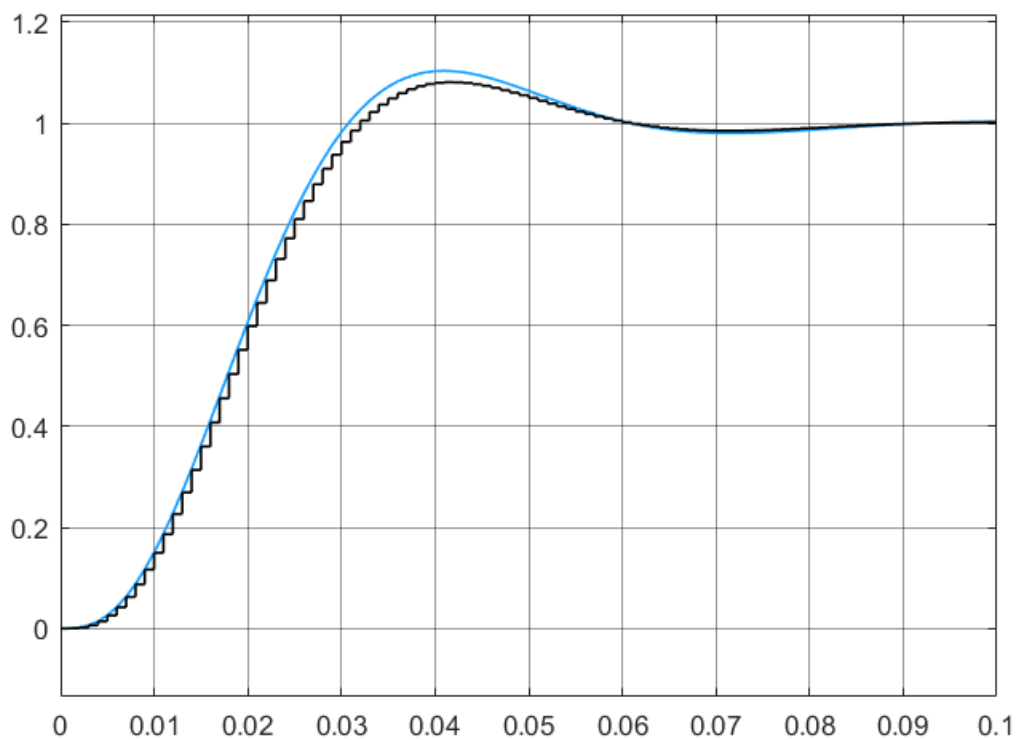


Рисунок 5 – Переходная характеристика дискретной и аналоговой моделей по углу положения ротора

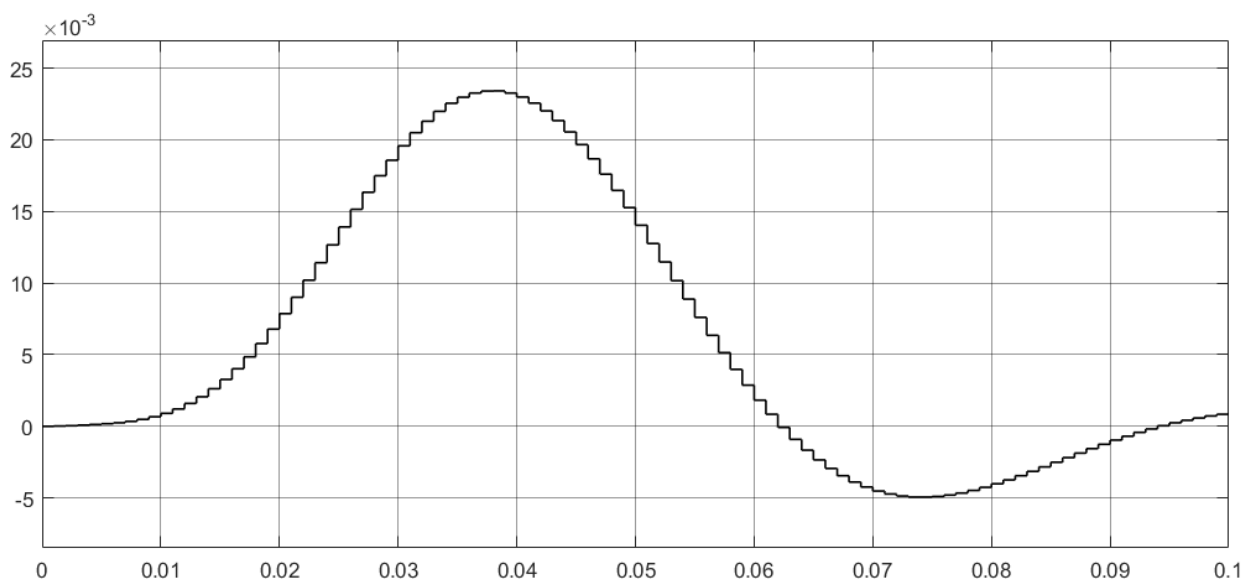


Рисунок 6 – Величина ошибки между аналоговой и дискретной моделями

Величина ошибки в максимальном своём значении равна 2,3%.

На рисунке 7 представлена дискретно-аналоговая модель, где объект управления непрерывен, а регулятор дискретный. Так же воспользуемся чисто аналоговой моделью для сравнения.

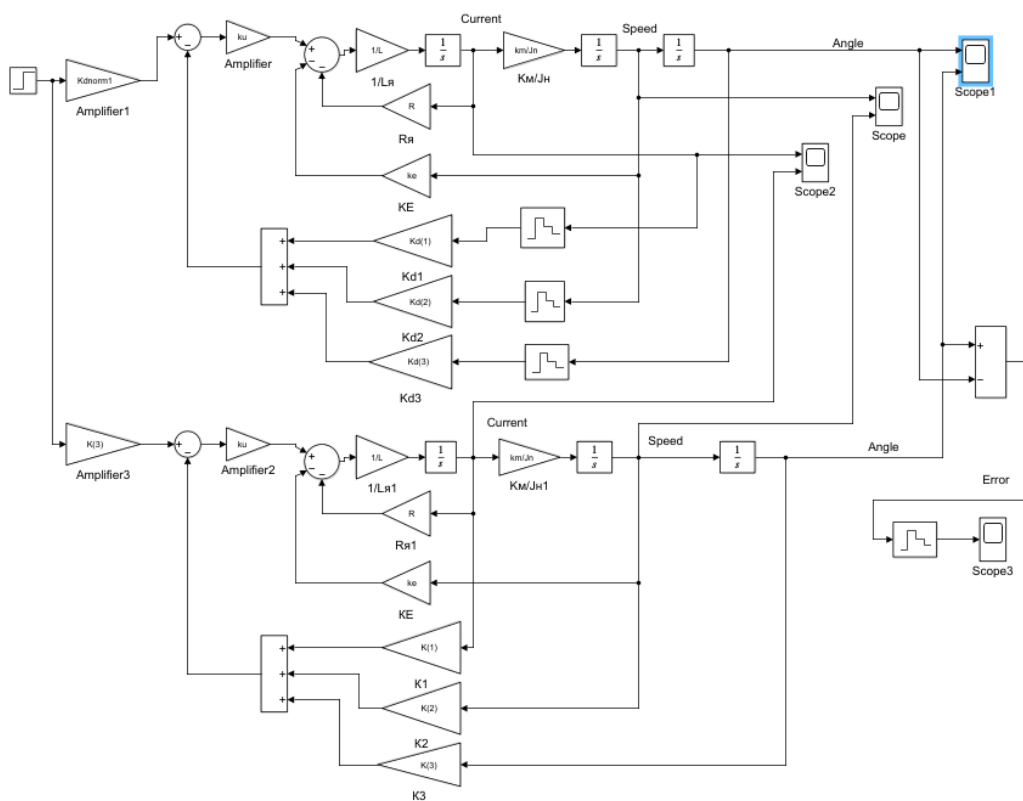


Рисунок 7 – модель дискретно-аналоговой модели ДПТ (сверху) и аналоговой модели ДПТ (снизу)

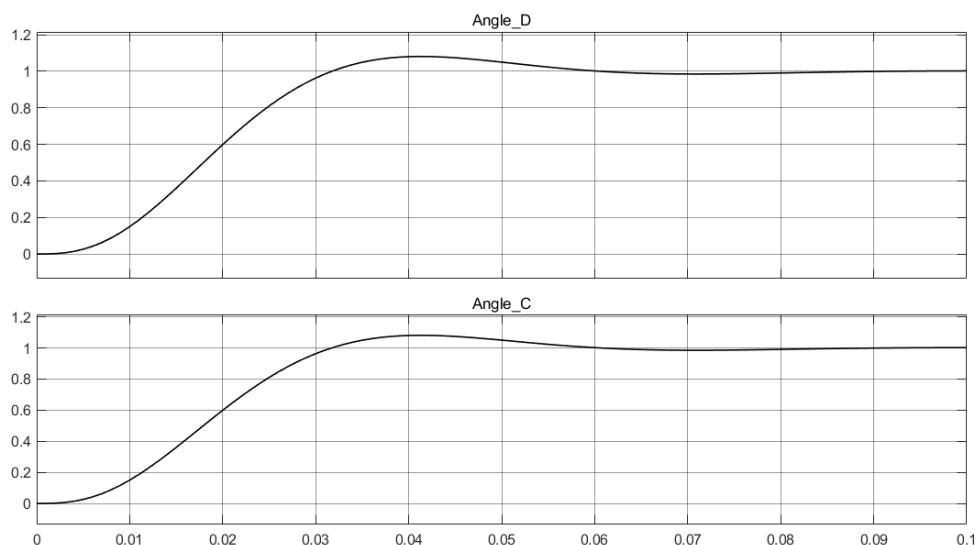


Рисунок 8 – Переходная характеристика дискретно-аналоговой(сверху) и аналоговой(снизу) моделей

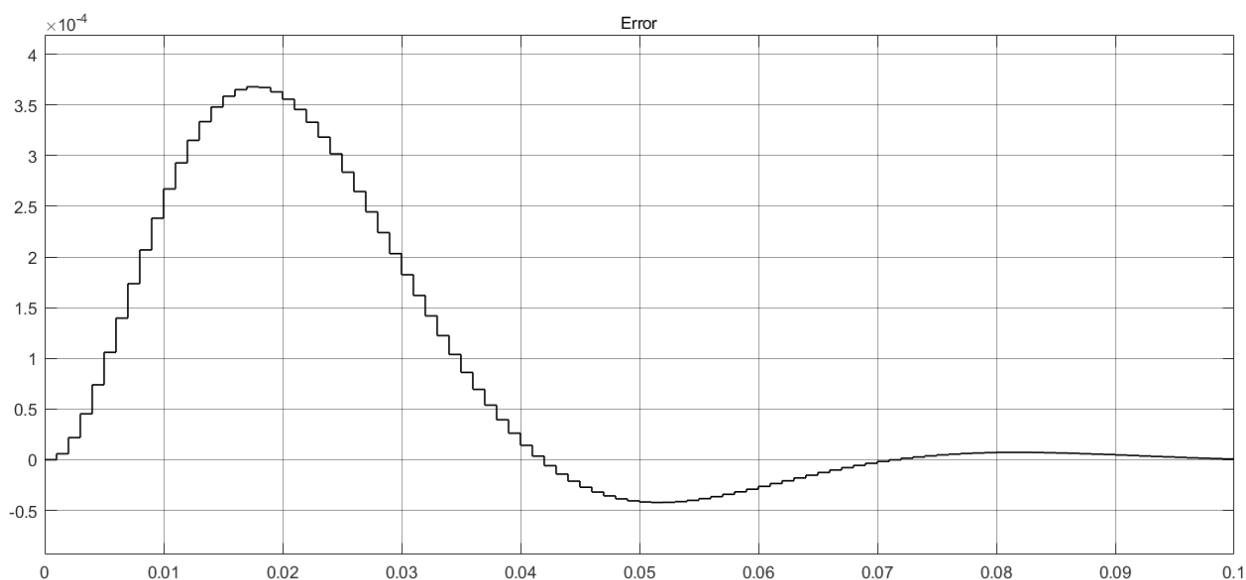


Рисунок 9 – Величина ошибки между аналоговой и дискретно-аналоговой моделями

Вывод

В ходе выполнения практической работы были получены на основе непрерывной модели дискретные матрицы системы, полюса замкнутой системы в Z -области, а также коэффициенты дискретного модального регулятора и нормирующий коэффициент для дискретной системы. Были построены дискретные и дискретно-непрерывные модели. Результаты

моделирования показали идентичность результатов между дискретными и непрерывными моделями с некоторой погрешностью(ошибкой). В максимальном значении она принимала для дискретной модели величину в 2.4%.