

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

**ОТЧЕТ**  
**по практической работе №6**  
**по дисциплине «МОПСУ»**  
**ТЕМА: Разработка и исследование систем цифрового управления**  
**непрерывными объектами. Непрерывный и дискретный ПИД-регулятор**  
**ВАРИАНТ №9**

Студент гр. 9492

\_\_\_\_\_

Викторов А.Д.

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Игнатович Ю.В.

Санкт-Петербург

2024

## Задание

На основе методик, изложенных в лекции 6 и результатов предыдущих практических работ, выполнить разработку дискретных ПИД-регуляторов для своего варианта следящей системы управления с ДПТ независимого возбуждения. При этом должны быть выполнены все рассмотренные варианты построения регуляторов. ПИД-регулятор использовать для настройки скоростного контура привода вашего варианта следящей системы.

Сравнить результаты работы аналоговых и цифровых моделей системы управления в том числе с результатами, полученными в предыдущих практических работах.

## Цель работы

Цель данной работы заключается в изучении разработки и исследовании систем цифрового управления непрерывными объектами

## Исходные данные

Паспортные данные двигателя постоянного тока приведены в таблице 1:

Таблица 1

Марка двигател	$P_n$ , Вт	$\omega_n$ , рад/с	$U_n$ , В	$I_n$ , А	$M_n$ , Н·м	$J_{дв} \cdot 10^{-4}$ , кг·м <sup>2</sup>	$R_{я}$ , Ом	$L_{я}$ , мГн
СЛ-121	77	315	110	1,07	0,245	1,67	8,5	58

## Содержание практической работы

1. При помощи листинга 1 построим передаточную функцию:

### Листинг 1

```
clc;  
clear;  
close all;  
%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
L = 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=L/R; % Постоянная времени якорной цепи
k1=1/R;
k2=km/Jn; % k1, k2 вспомогательные коэффициенты
ku=20; % Коэффициент усиления усилителя
numdv=ku*1/ke; % Числитель ПФ
dendv=[Te/(k1*k2*ke) 1/(k1*k2*ke) 1]; % Знаменатель ПФ
Wdpt=tf(numdv,dendv)% Передаточная функция ДПТ по скорости

```

Результат:

$$W_{dpt} = \frac{62.43}{0.0002641 s^2 + 0.03871 s + 1}$$

Произведем в среде Simulink синтез ПИД-регулятора, обеспечивающего следующие показатели качества: время переходного процесса  $t_{\text{пп}} = 0.4$  с, перерегулирование  $\sigma < 5\%$ .

Система управления с непрерывным PID регулятором представлена на рисунке 1:

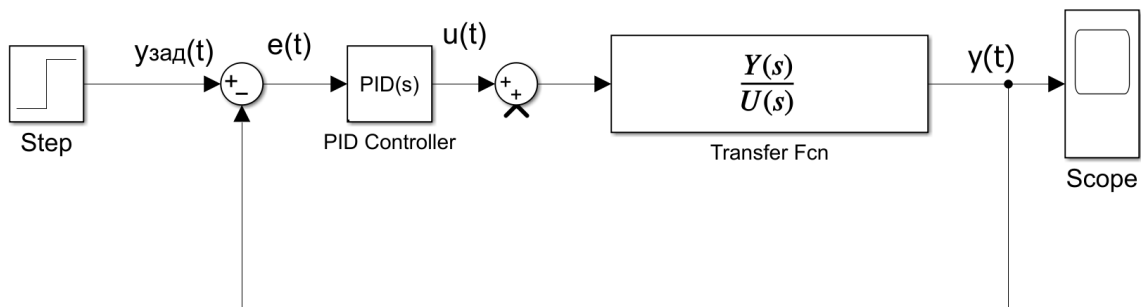


Рисунок 1 – Система управления с непрерывным PID регулятором

До настройки коэффициентов переходный процесс имеет вид, продемонстрированный на рисунке 2:

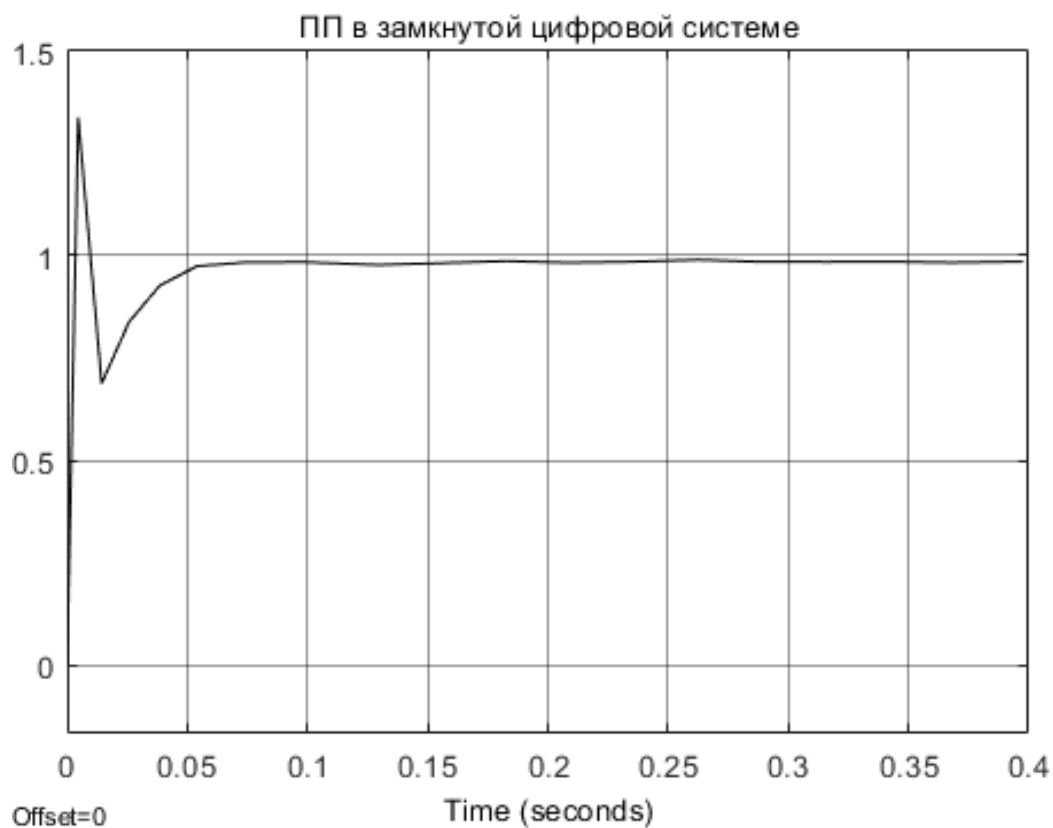


Рисунок 2 – Переходный процесс до настройки

При помощи Tune настроим коэффициенты ПИД регулятора:

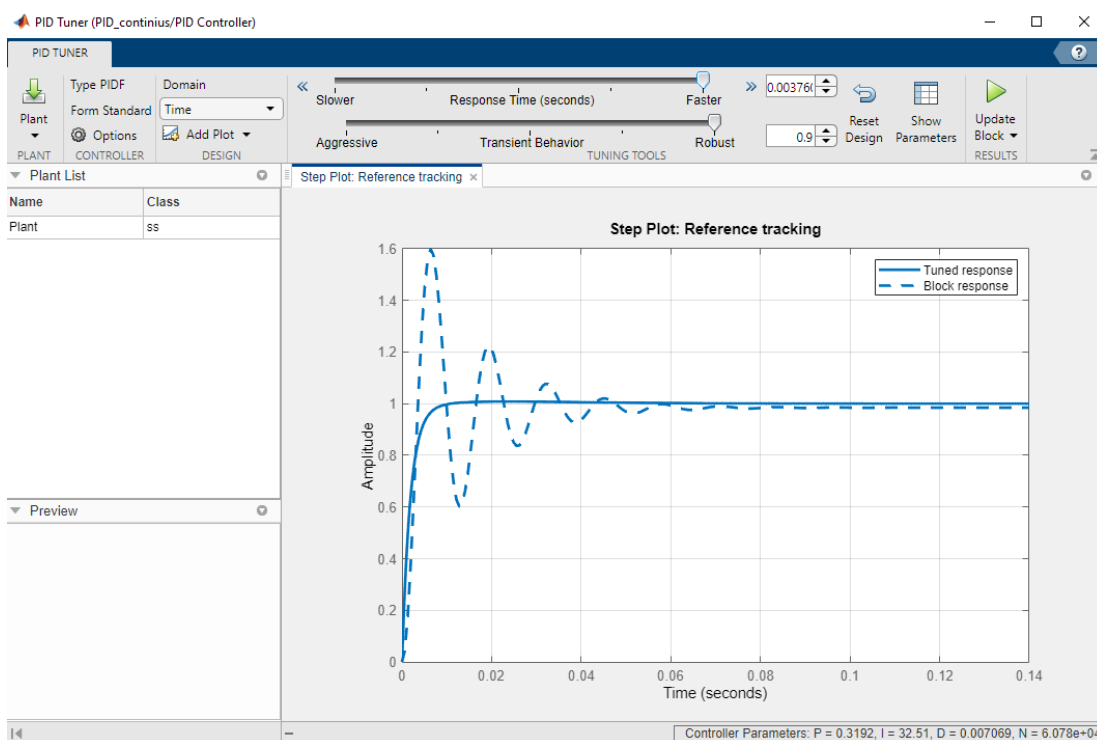


Рисунок 3 – Настройка ПИД регулятора

Параметры регулятора представлены на рисунке 4:

Controller Parameters		
	Tuned	Block
P	0.31921	1
I	32.5138	0.1
D	0.0070691	0.1
N	60779.5057	0.1
Performance and Robustness		
	Tuned	Block
Rise time	0.00413 seconds	0.00241 seconds
Settling time	0.00735 seconds	0.0667 seconds
Overshoot	0.8 %	59.6 %
Peak	1.01	1.6
Gain margin	Inf dB @ Inf rad/s	Inf dB @ Inf rad/s
Phase margin	90 deg @ 532 rad/s	17.2 deg @ 482 rad/s
Closed-loop stability	Stable	Stable

Рисунок 4 – Параметры ПИД регулятора

После завершения настройки ПИД-регулятора следует произвести симуляцию системы управления и убедиться в том, что она работает требуемым образом (рисунок 5):

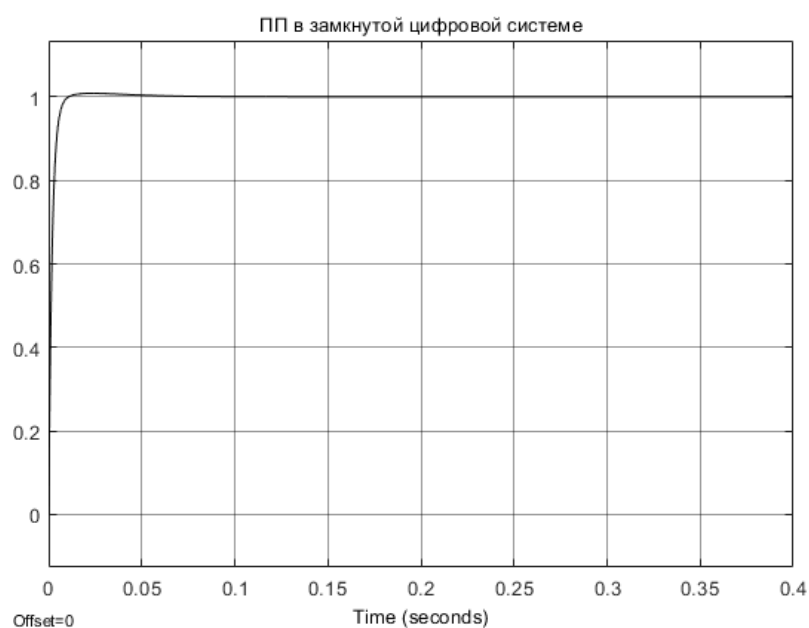


Рисунок 5 – Результат моделирования непрерывной системы

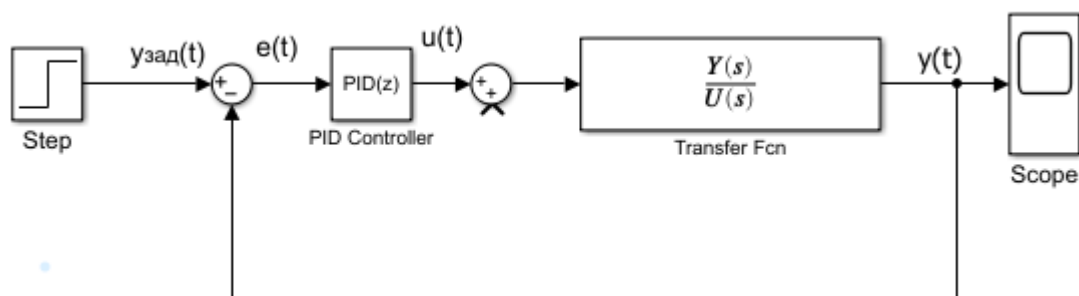


Рисунок 6 – Структурная схема с дискретным ПИД регулятором

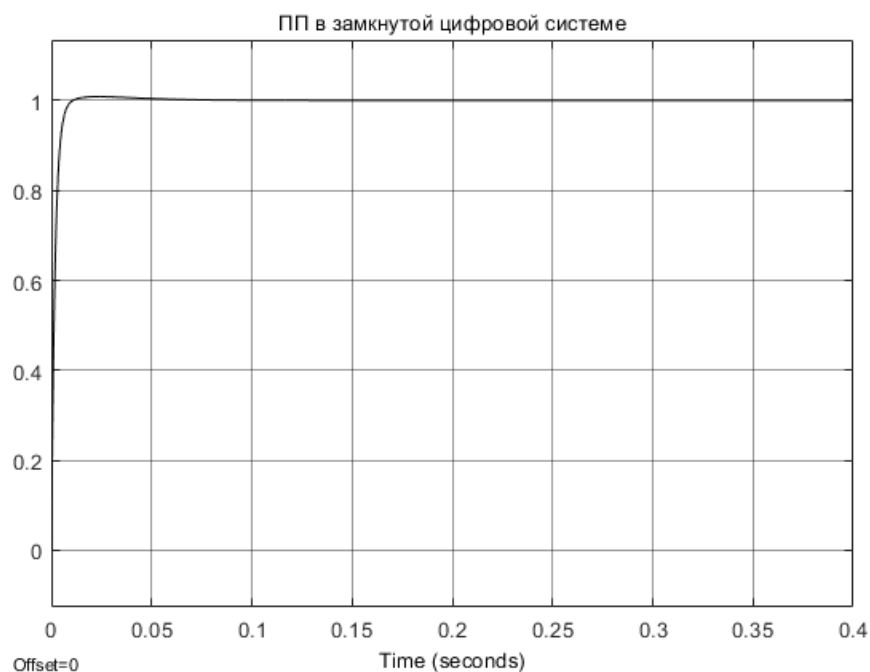


Рисунок 7 – Результат моделирования

На рис. 8 приведена схема модели полученной непрерывно-дискретной системы и результат моделирования:

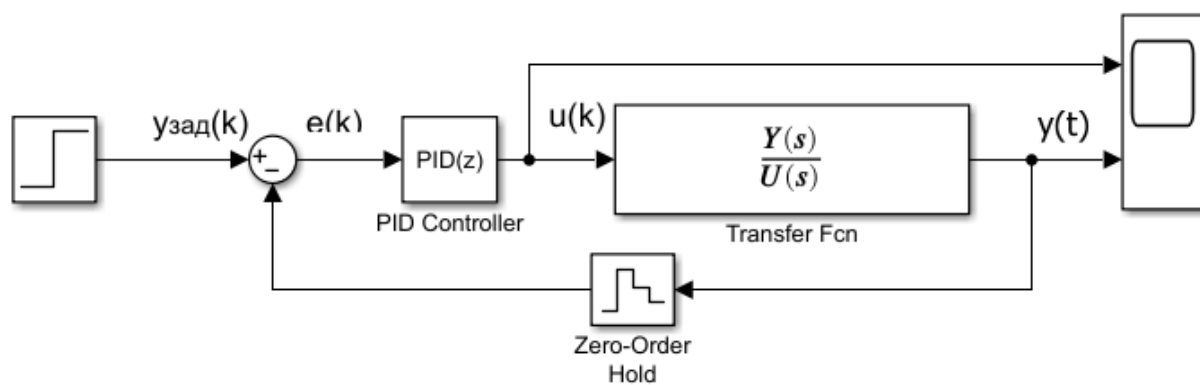


Рисунок 8 – Схема модели полученной непрерывно-дискретной системы

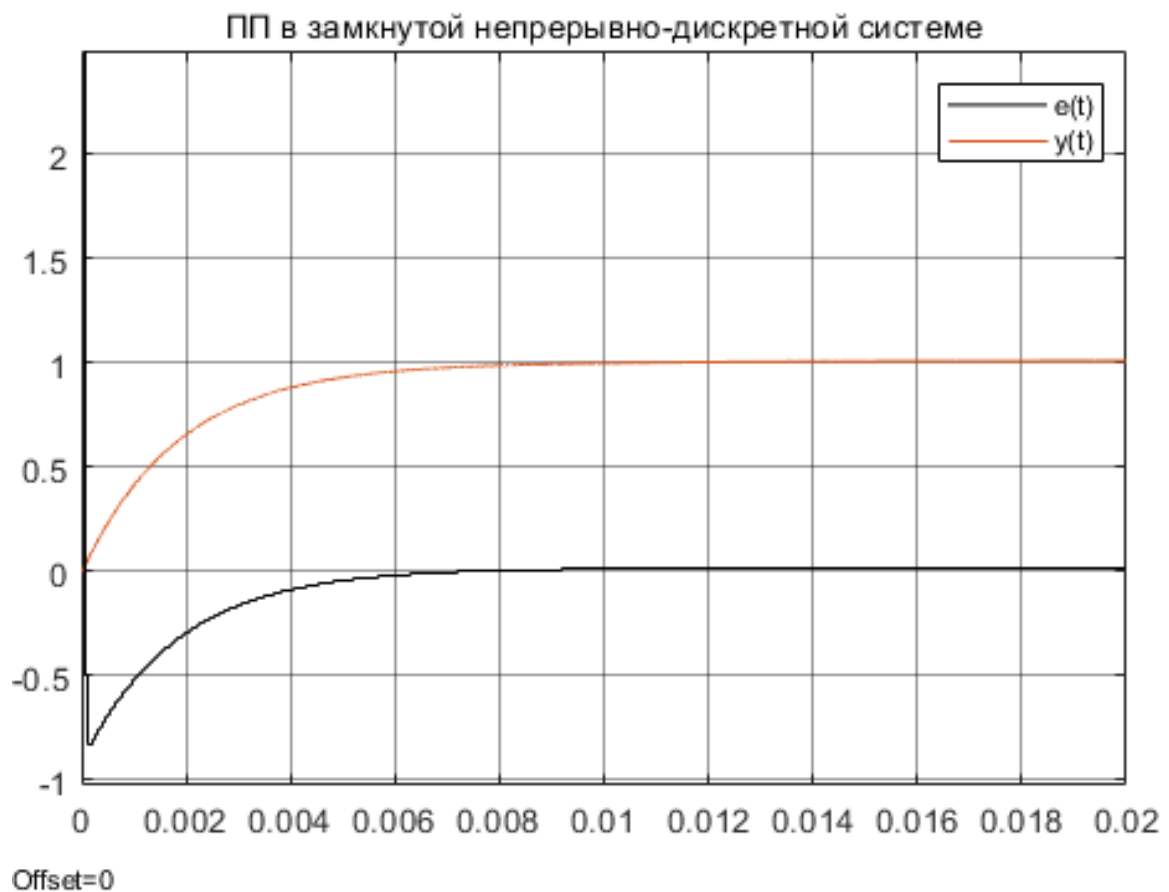


Рисунок 9 – Результат моделирования

Можно перейти к полностью дискретной модели системы управления, пример такой модели приведен на рисунке 10:

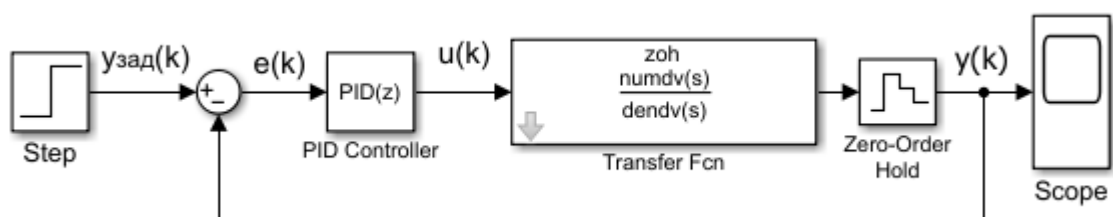


Рисунок 10 – Полностью дискретная модель

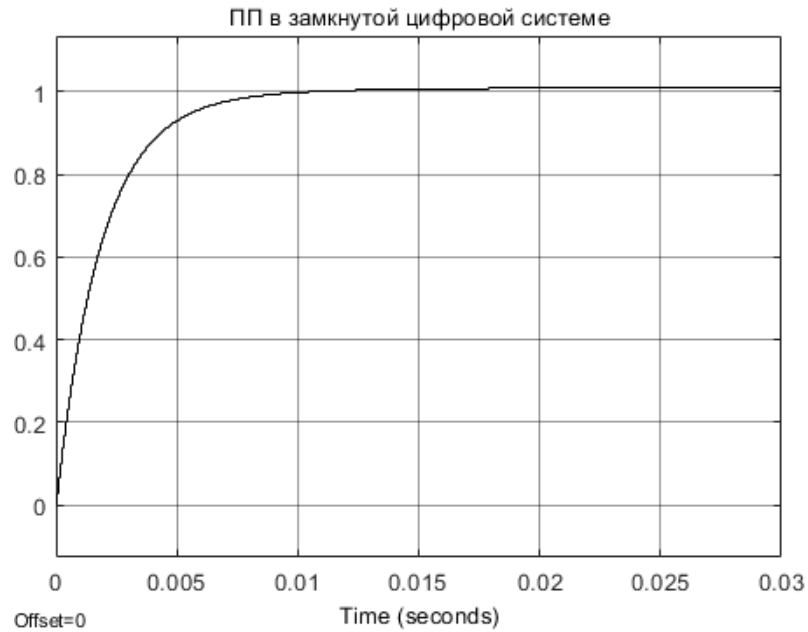


Рисунок 10 – Результат моделирования для дискретной модели

Если точные значения параметров объекта управления неизвестны, или эти значения могут изменяться в процессе работы системы, то назовем такие параметры неопределенными.

Для подготовки к синтезу, введем в рабочее пространство MATLAB исходные данные для объекта управления и ПИД-регулятора с помощью скрипта, представленного в Листинге 2.

*Листинг 2:*

```
K=ku*1/ke;
T1=Te;
T2=1/(k1*k2*ke);
num=K;
den=[T1*T2 T2 1];
wdpt=tf(num,den);
Kp=0.319;
Ki=32.51;
Kd=0.007;
N=90780;
Ts = 1e-6;
```



Используемая модель представлена на рисунке 11:

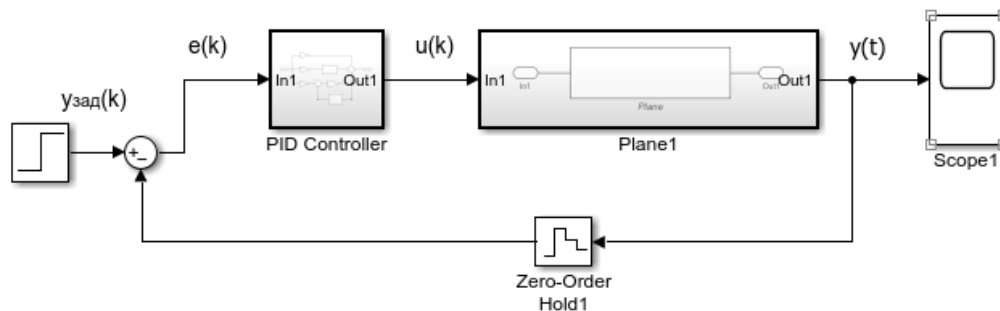


Рисунок 11 – Модель системы

Добавим в модель блок Check Step Response Characteristics и выполним настройку:

- максимальное перерегулирование  $< 5\%$ ;
- максимальное время нарастания 0.01 секунд;
- максимальное время успокоения 0.04 секунд.

На рисунке 12 показан процесс оптимизации параметров ПИД регулятора

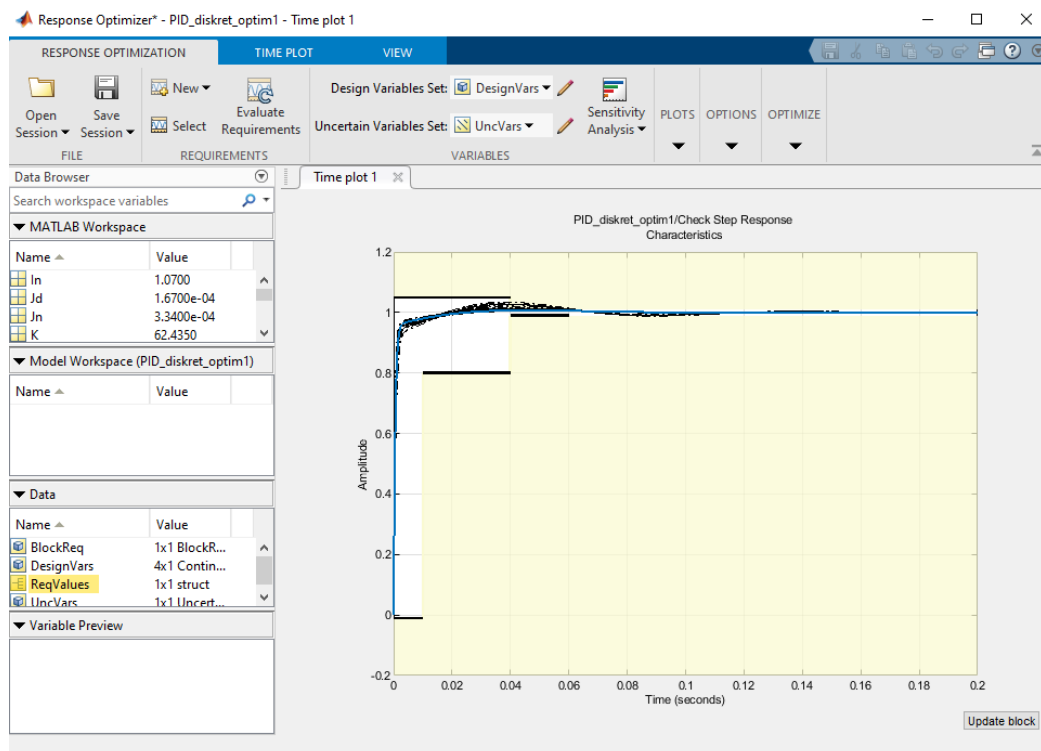


Рисунок 12 – Оптимизация коэффициентов ПИД регулятора

На рисунке 13 показан график переходного процесса итоговой системы

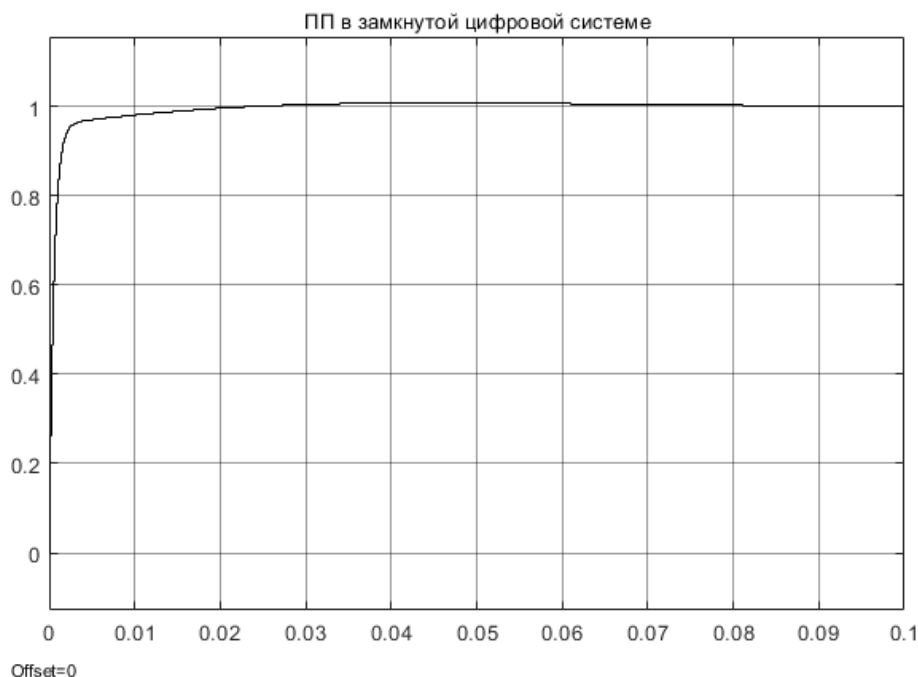


Рисунок 13 – График ПП системы с оптимизированными параметрами

### Вывод

Во время данной практической работы были созданы дискретные ПИД-регуляторы для следящей системы управления с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Было выполнено сравнение результатов работы аналоговых и цифровых моделей системы управления. Применение ПИД-регулятора позволило улучшить точность и скорость регулирования. Изученный способ оптимизации параметров ПИД-регуляторов можно применять для оптимизации параметров регуляторов в дальнейшей работе.