**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра САПР**

отчет

**по лабораторной работе №2**

**по дисциплине «Основы теории управления»**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент гр. 1302 |  | Новиков Г.В. |
| Студентка гр. 1302 |  | Марзаева В.И. |
| Студентка гр. 1302 |  | Романова О.В. |
| Преподаватель |  | Черных Д.А. |

Санкт-Петербург

2023

**Цель работы**

Выполнить поставленные задания с учетом вариантов в среде MATLAB/Simulink.

**Задание**

1. Построить систему управления с использованием ПИ и ПИД регулятор,

который бы обеспечивал eуст→0. Получить для с системы с каждым видом регулятора переходную характеристику и частотные характеристики. Сравнить полученные результаты и сделать выводы.

1. Определить параметры ПИД-регулятора при наименьшем

перерегулировании в системе. При полученных параметрах определить запасы устойчивости по амплитуде и фазе, степень устойчивости и колебательности. Сделать выводы.

1. Определить параметры ПИД-регулятора при наименьшем времени

регулирования в системе. При полученных параметрах определить запасы устойчивости по амплитуде и фазе степень устойчивости и колебательности.

1. Для объекта, который описывается следующей передаточной функцией:

Wоу=k/(s2-a),

a, k выбрать из варианта задания.

Вычислить операторным методом параметры регулятора, с учетом

следующих требований к процессу:

1.1 Запас устойчивости по фазе не менее 60°;

1.2 Перерегулирование в системе не более 18%;

1.3 eуст→0.

1. Построить систему без регулятора и систему с регулятором в среде

Matlab/SIMULINK. Для каждой системы получить переходные характеристики и частотные характеристики.

**Вариант 4:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Задачи 1-3 | | | Задачи 4-5 | |
|  | h | q | k | k | a |
| 4 | 15 | 0.5 | 0.8 | 4 | 5 |

**Основные теоретические положения**

Объект управления – бак с водой;

В бак поступает вода (Q). Подача воды в бак регулируется насосом. Из бака вода (q) постоянно поступает для различных задач. Необходимо постоянно поддерживать заданный уровень (h) в баке.

h, [м] - уровень воды в баке, регулируемая величина;

Q, [] – поток воды, поступающей в бак, сигнал управления;

q, [] – поток воды, вытекающей из бака.

Модель объекта описывается следующим ДУ:

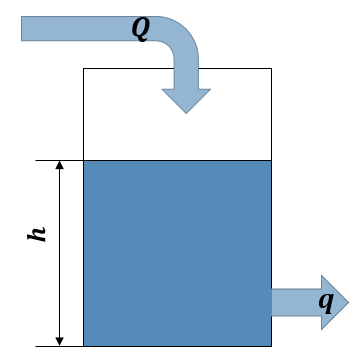


Рисунок 1 – Объект управления

**Ход работы**

1.

eуст→0

ДУ:

eуст – установившаяся ошибка, разница между заданным значением и реальным в установившемся режиме.

H = 15

q = 0.5

k = 0.8

Система в Simulink без регулятора:

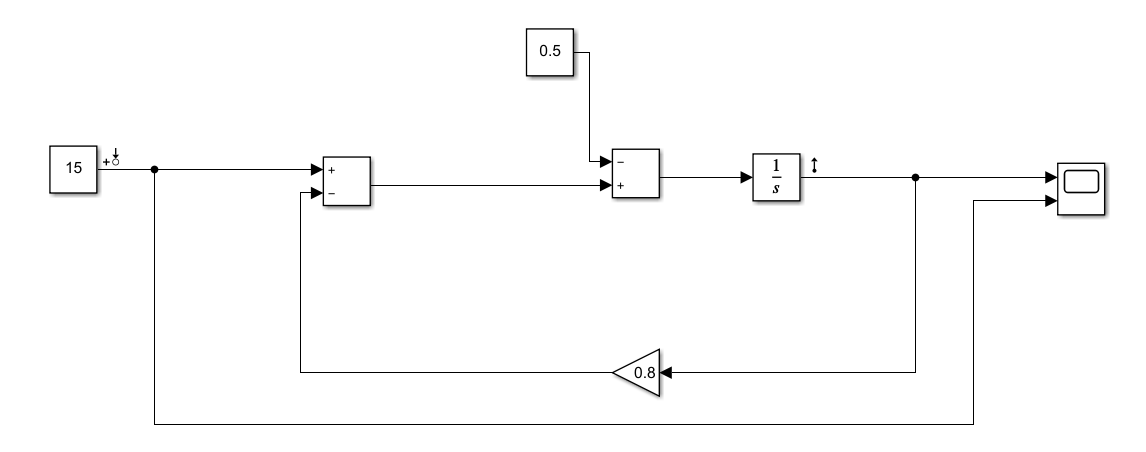


Рисунок 2 – Система без регулятора

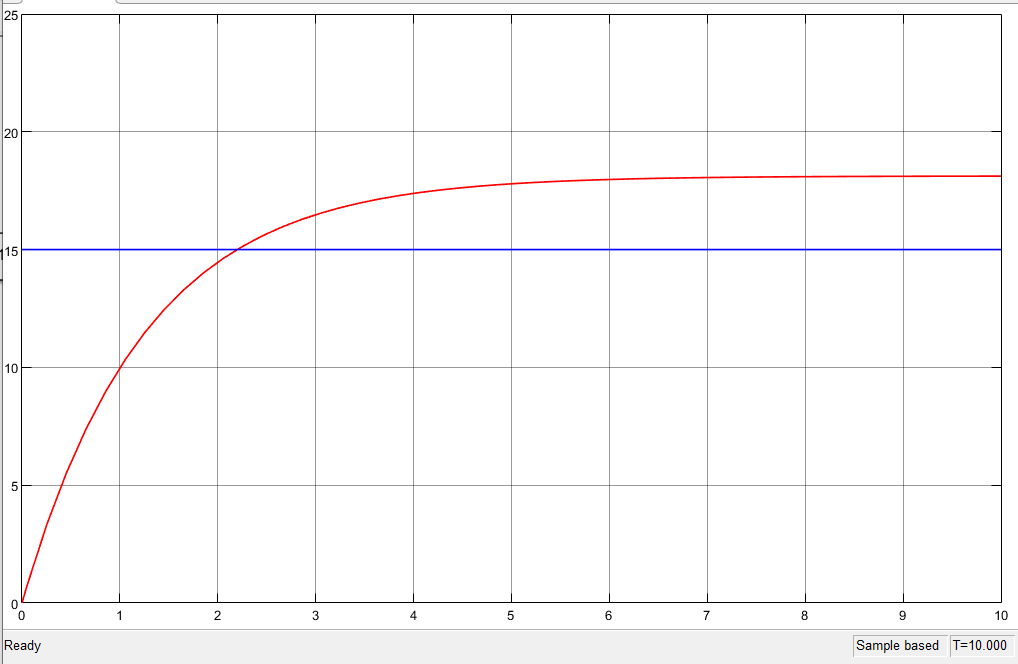


Рисунок 3 – ПХ СУ без регулятора (синяя – заданный уровень, красная –на выходе)

Построим системы в Simulink с использованием регулятора (ПИ и ПИД):

* Пропорционально-интегрирующий регулятор (ПИ-регулятор):

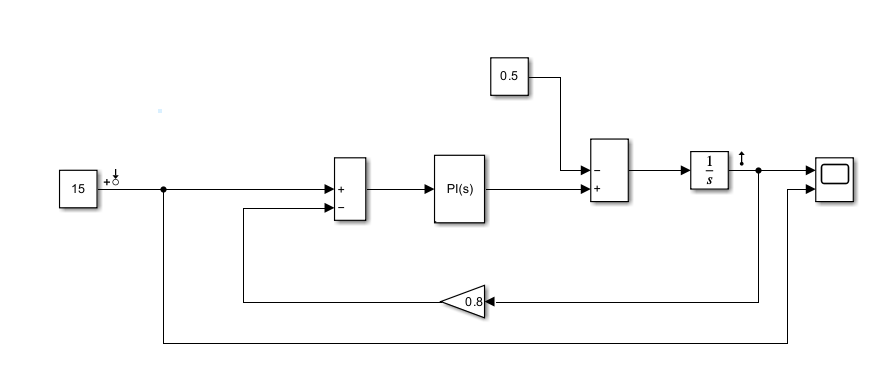


Рисунок 4 – Система в Simulink c ПИ-регулятором

Через Tune настраиваем параметры для системы с ПИ-регулятором. Получаем значения kп = 1.083 и kи = 0.625.

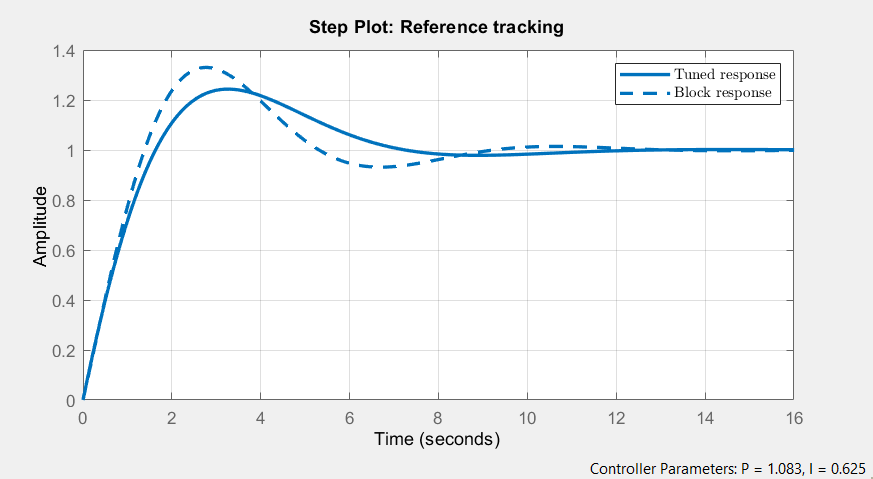


Рисунок 5 – Step Plot СУ с ПИ-регулятором с нужными параметрами

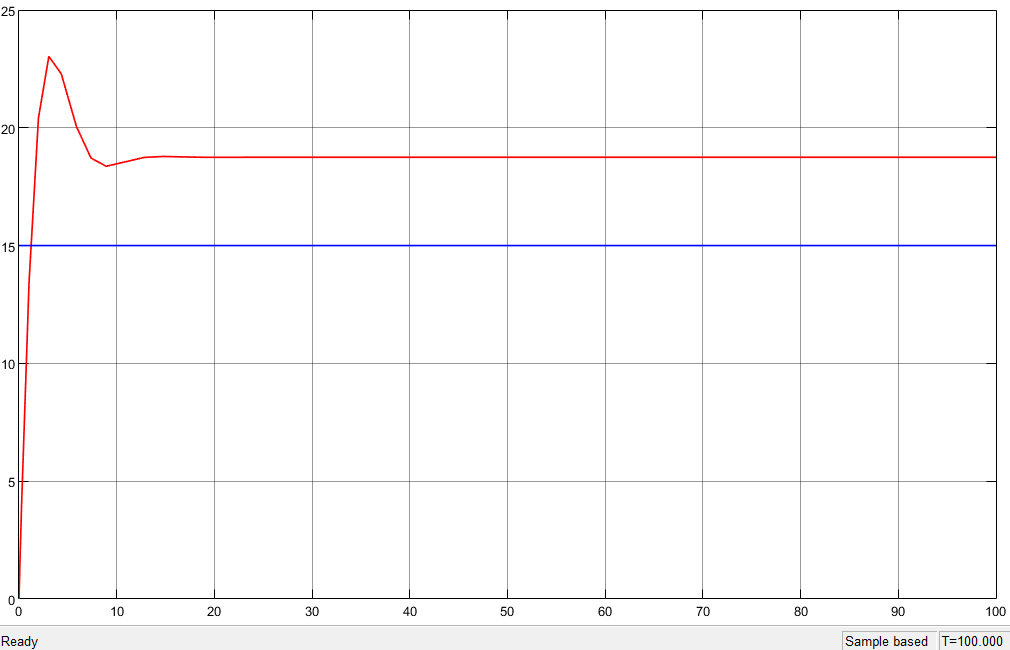


Рисунок 6 – ПХ СУ с ПИ-регулятором (красная – регулятор, синяя – заданный уровень)

Построим через Simulink ЛЧХ для системы с ПИ-регулятором.

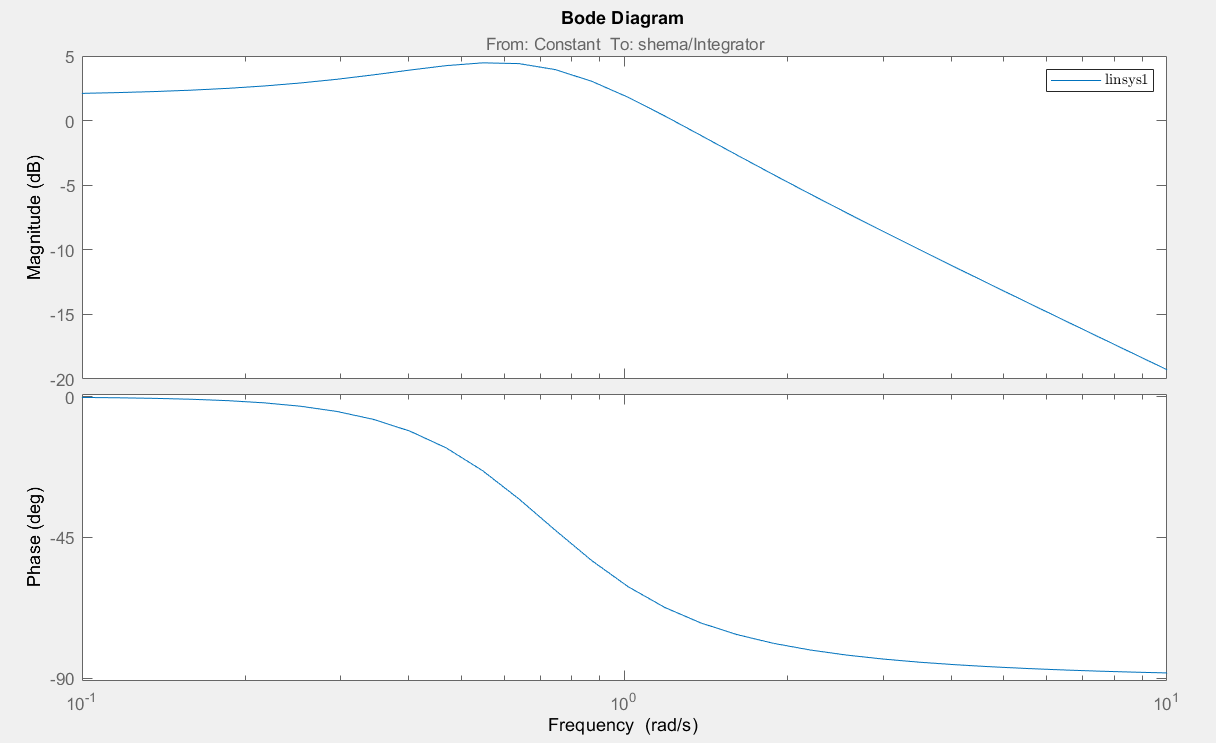


Рисунок 7 – ЛЧХ СУ с ПИ-регулятором

* Пропорционально-интегрирующий-дифференцирующий регулятор (ПИД-регулятор):

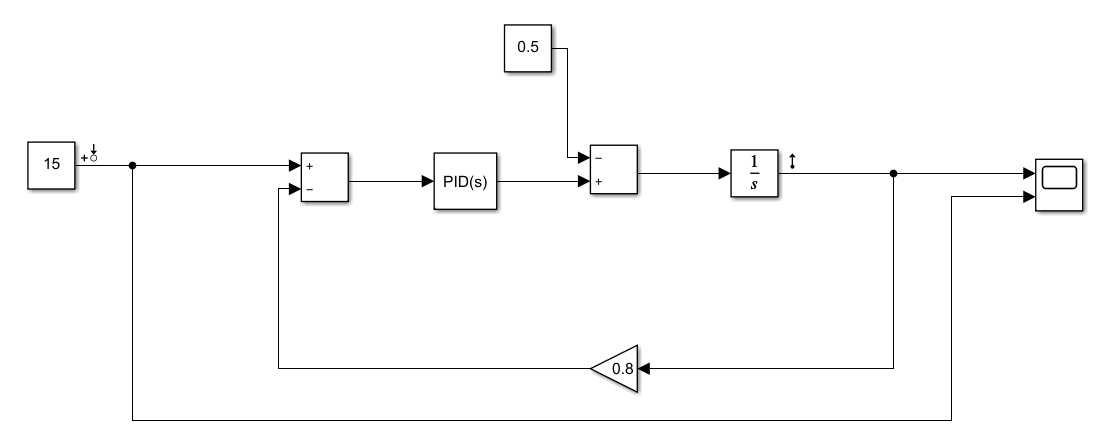


Рисунок 8 – Система в Simulink c ПИД-регулятором

Через Tune настраиваем параметры для системы с ПИД-регулятором. Получаем значения kп = 1.285, kд = -0.2707, kи = 0.2457 и N = 1.72.

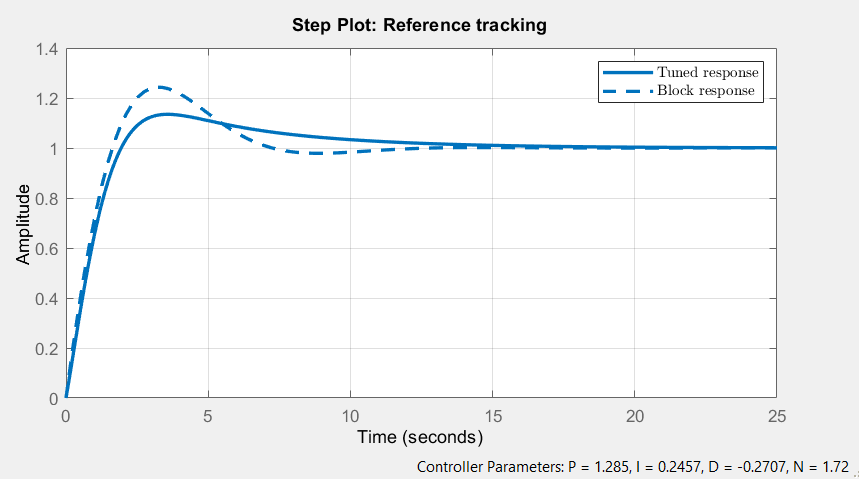


Рисунок 9 – Step Plot СУ с ПИД-регулятором с нужными параметрами

Для более наглядного предмета приведены примеры ПХ системы с ПИД-регулятором при 100 (рис. 10) и 10 сэмплах (рис. 11).

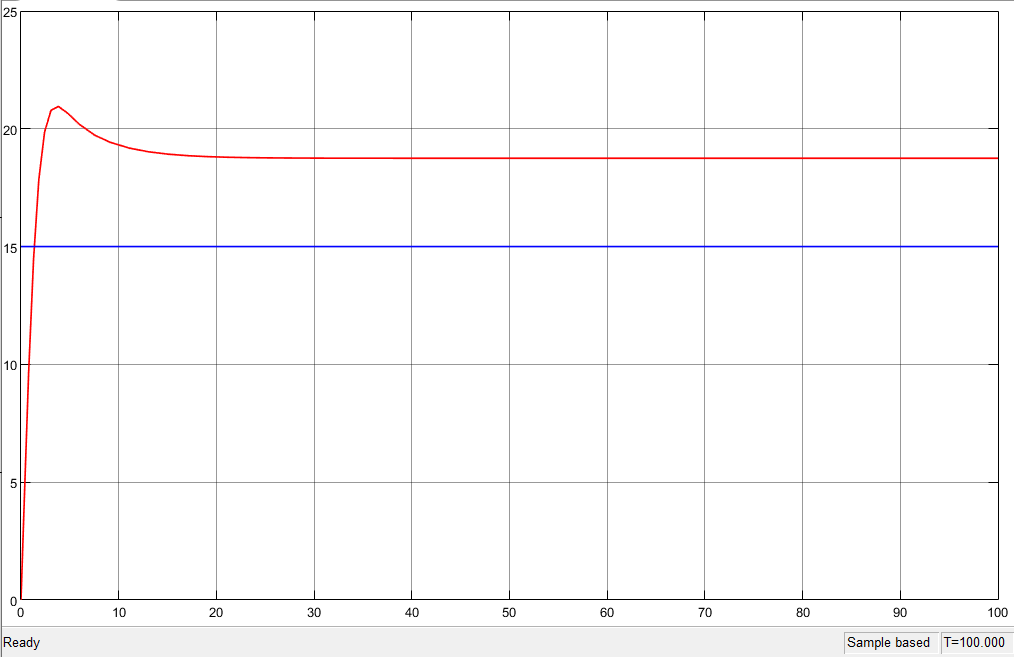


Рисунок 10 – ПХ СУ с ПИД-регулятором при 100 сэмплах (красная – регулятор, синяя – заданный уровень)

Построим через Simulink ЛЧХ для системы с ПИД-регулятором.

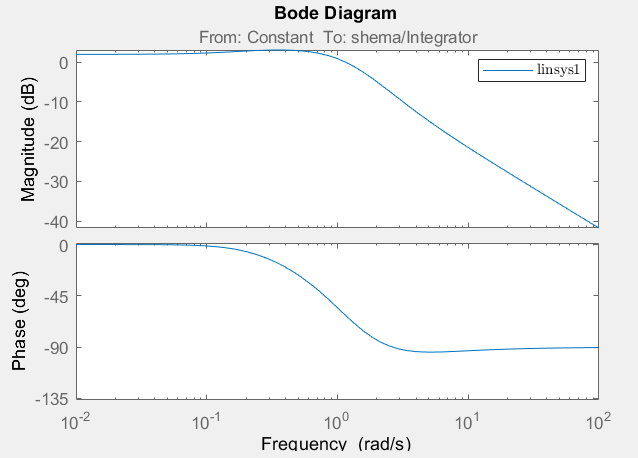


Рисунок 11 – ЛЧХ СУ с ПИД-регулятором

Выводы: оба регулятора обладают схожими частотными характеристиками. Исходя из переходных и частотных характеристик можно сказать, что при использовании ПИ-регулятора происходит колебательно-затухающий процесс, а при использовании ПИД-регулятора – апериодический-затухающий.

2. Определим параметры ПИД-регулятора при наименьшем перерегулировании в системе.

С помощью PID-Tuner настроим регулятор (рисунок 13) для наименьшего перерегулирования.

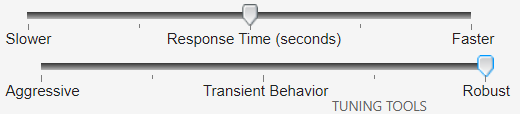
****

Рисунок 12 – Настройки ПИД-регулятора

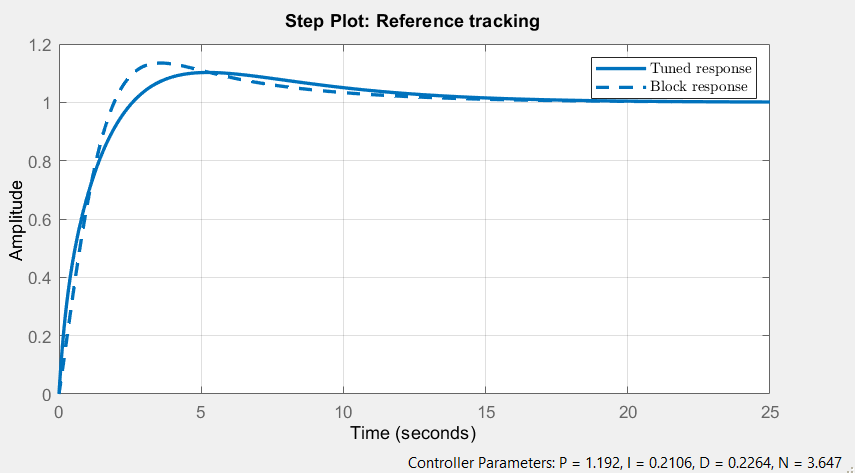


Рисунок 13 – Step Plot СУ с ПИД-регулятором при наименьшем перерегулировании

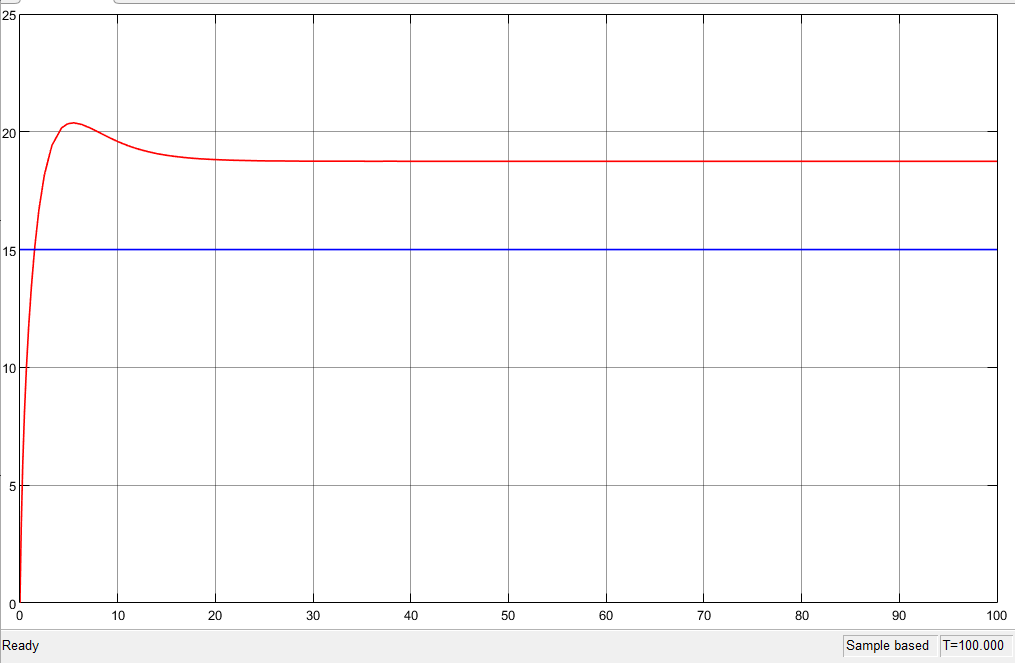


Рисунок 14 – ПХ СУ с ПИД-регулятором с наименьшим перерегулированием

Посмотрим параметры регулятора после настройки, где запасы по амплитуде – Gain margin, по фазе – Phase margin, Overshoot – перерегулирование в системе, Setting time – время регулирования:

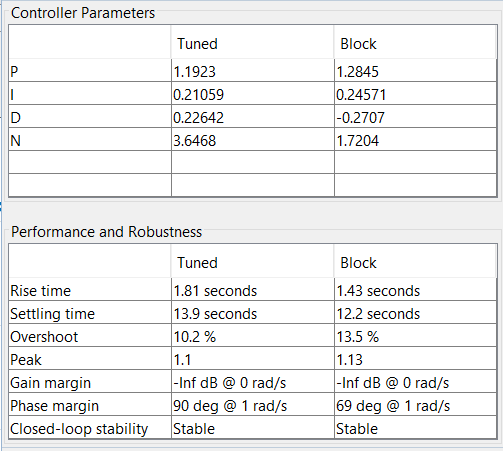


Рисунок 15 – Параметры ПИД-регулятора с наименьшим перерегулированием

Определим запасы устойчивости по фазе и амплитуде с помощью ЛЧХ:

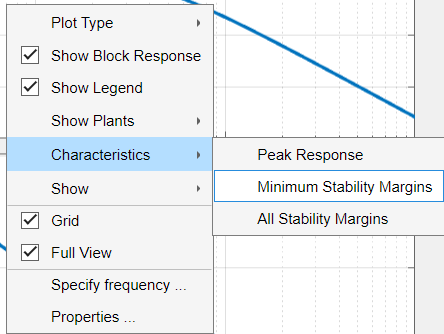
****

Рисунок 16 – Включение отображения характеристик на графике

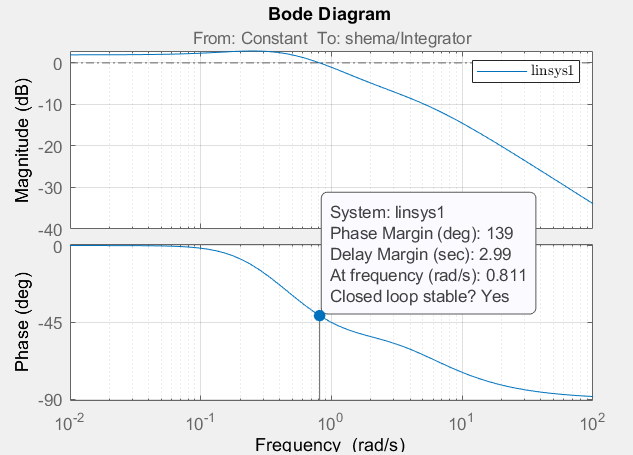


Рисунок 17 – ЛЧХ с ПИД-регулятором с наименьшим перерегулированием

Запас устойчивости по фазе = 139, запас устойчивости по амплитуде равен бесконечности.

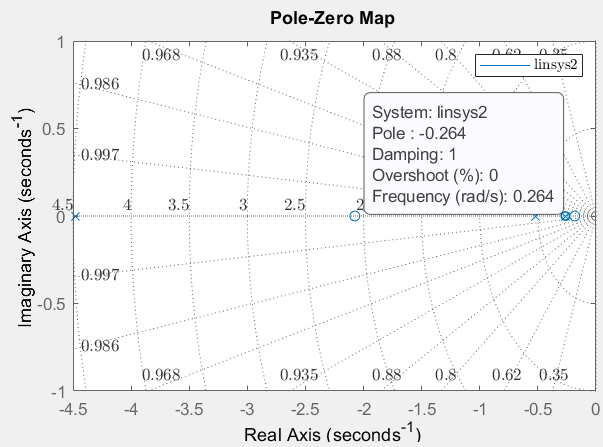


Рисунок 18 – Корневая плоскость ПИД-регулятора при наименьшем перерегулировании

Степень устойчивости , а степень колебательности равна (т.к. мнимые корни отсутствуют).

3. Определим параметры ПИД-регулятора при наименьшем времени регулирования в системе.

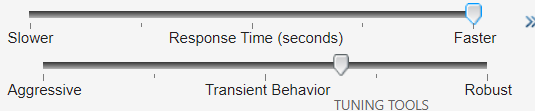


Рисунок 12 – Настройки ПИД-регулятора

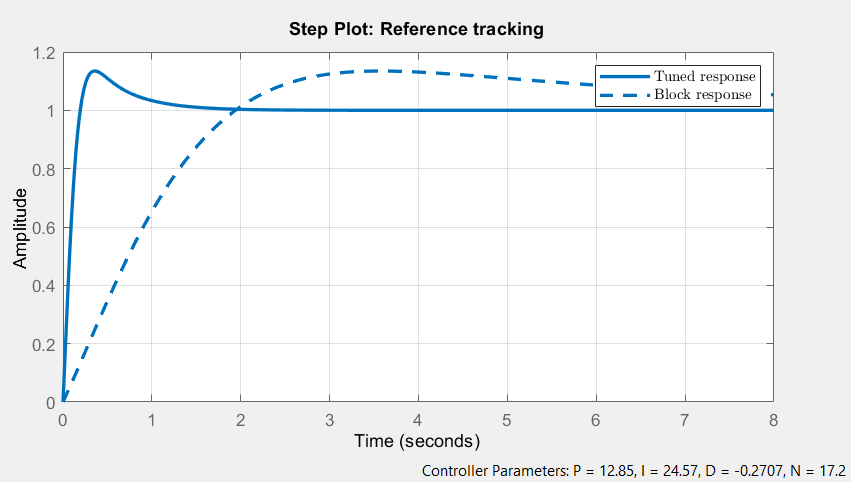


Рисунок 13 – Step Plot СУ с ПИД-регулятором при наименьшем времени регулирования в системе

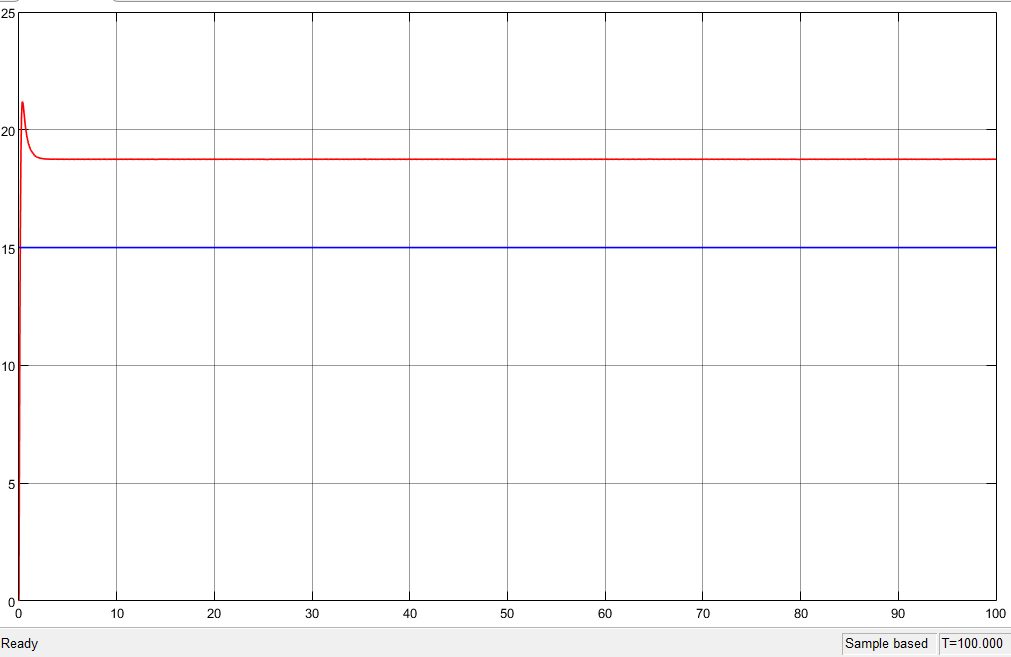


Рисунок 21 – ПХ СУ с ПИД-регулятором при наименьшем времени регулирования в системе

Посмотрим параметры регулятора после настройки, где запасы по амплитуде – Gain margin, по фазе – Phase margin, Overshoot – перерегулирование в системе, Setting time – время регулирования:

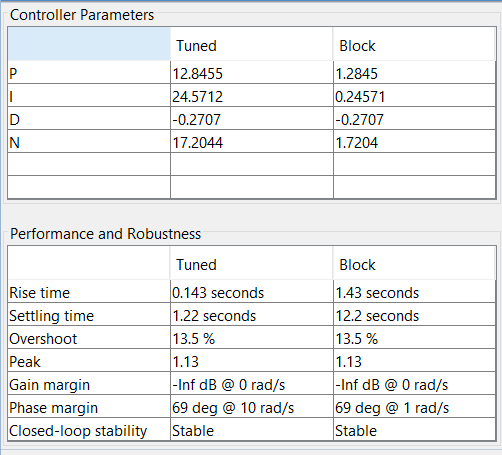


Рисунок 22 – Параметры ПИД-регулятора при наименьшем времени регулирования в системе

Определим запасы устойчивости по фазе и амплитуде с помощью ЛЧХ:

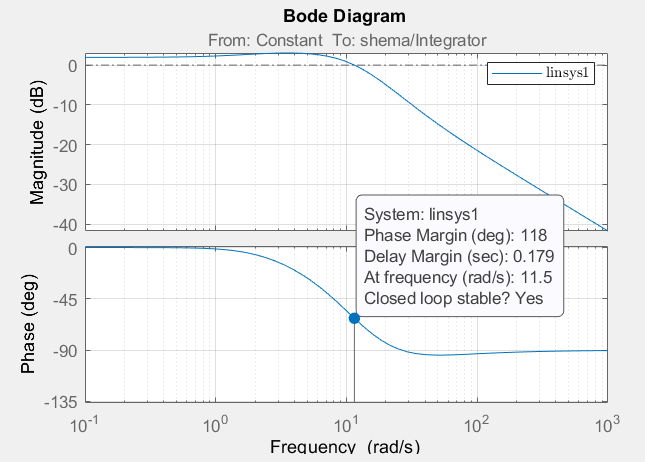


Рисунок 23 – ЛЧХ с ПИД-регулятором при наименьшем времени регулирования в системе

Запас устойчивости по фазе = 118, запас устойчивости по амплитуде равен бесконечности.

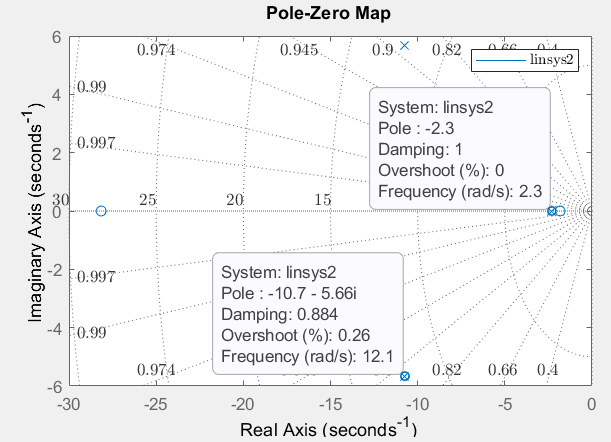


Рисунок 24 – Корневая плоскость ПИД-регулятора при наименьшем времени регулирования в системе

Степень устойчивости , а степень колебательности равна значит, следовательно .

Выводы: с помощью ЛЧХ систем были определены запасу устойчивости по амплитуде и фазе, с помощью корневой плоскости были определены степени устойчивости и колебательности.

4. Вычислить операторным методом параметры регулятора.

Dж = s3 + d2жs2 + d1жs + d0ж

=

s3 + d2жs2 + d1жs + d0ж =

b1 = 1

b0 = d2ж

d1ж

= d0ж

Dж = (s +1)(s + 4)(s + 3) = s3 + 8s2 + 19s +12

b1 = 1

b0 = 8

4a1 = 24

a1 = 6

4a0 = 52

a0 = 13

Полученная ПФ регулятора:

С помощью Simulink построим схемы с регулятором и без регулятора:

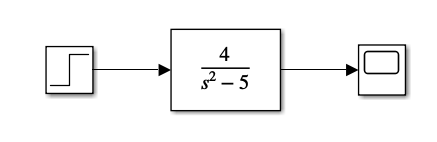


Рисунок 25 – Схема без регулятора

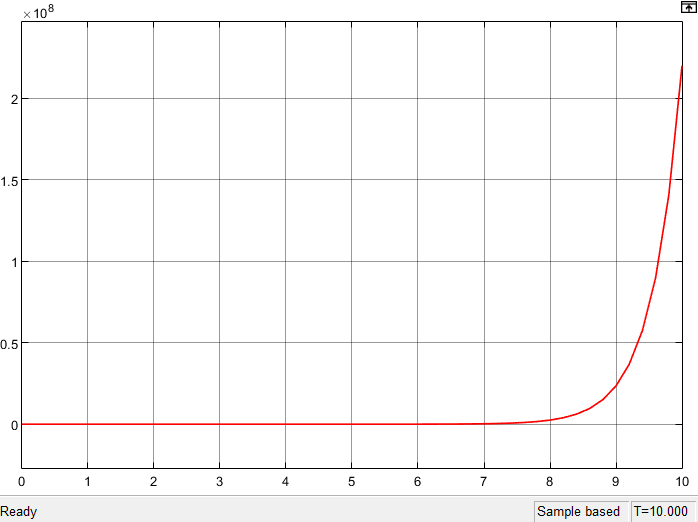


Рисунок 26 – ПХ схемы без регулятора

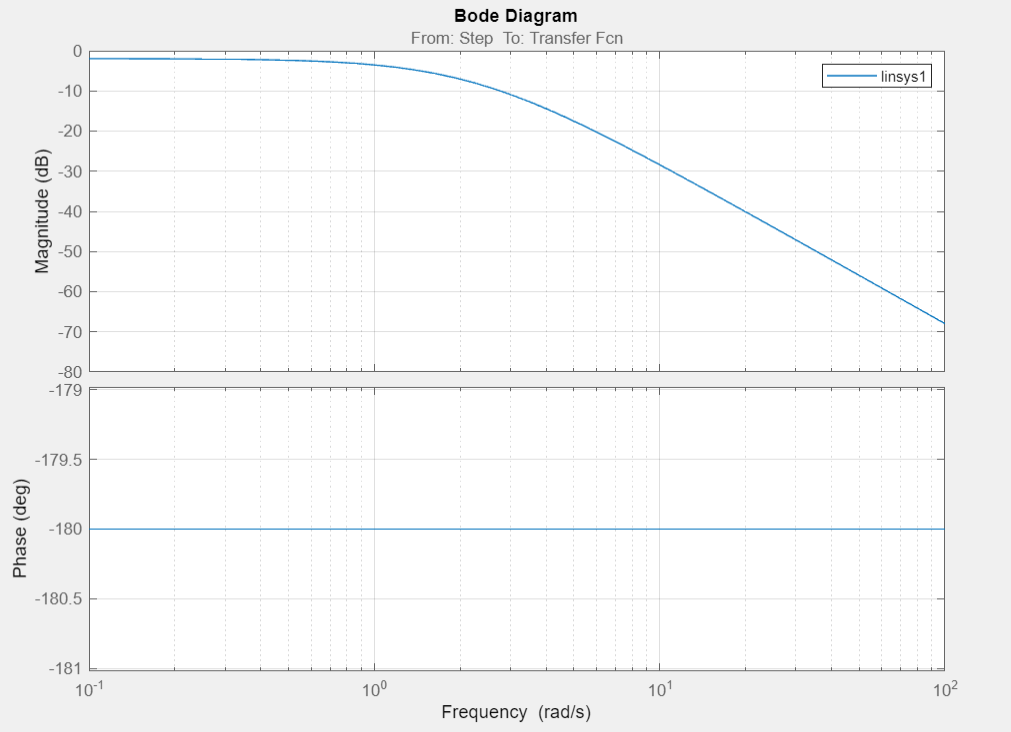


Рисунок 27 – ЛЧХ схемы без регулятора

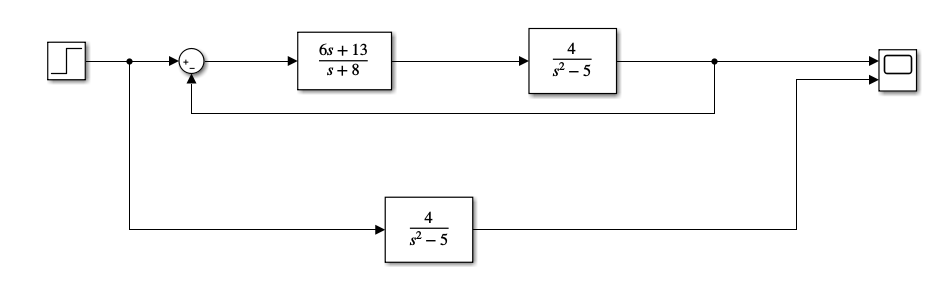


Рисунок 28 – Схема с регулятором

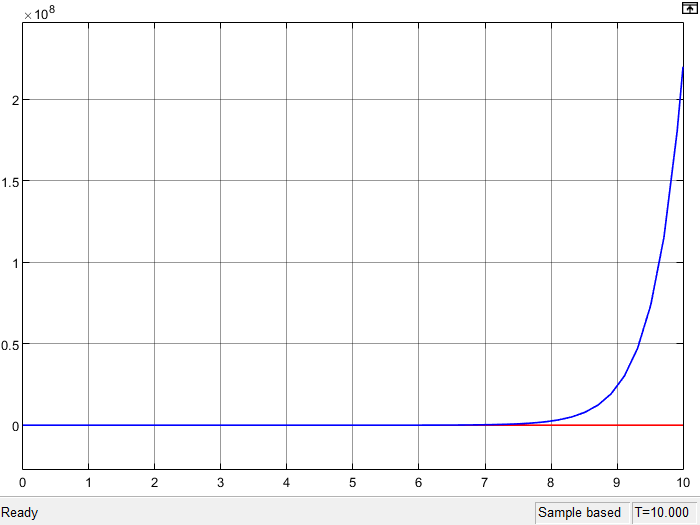


Рисунок 29 – ПХ для двух систем (синяя без регулятора, красная с регулятором)

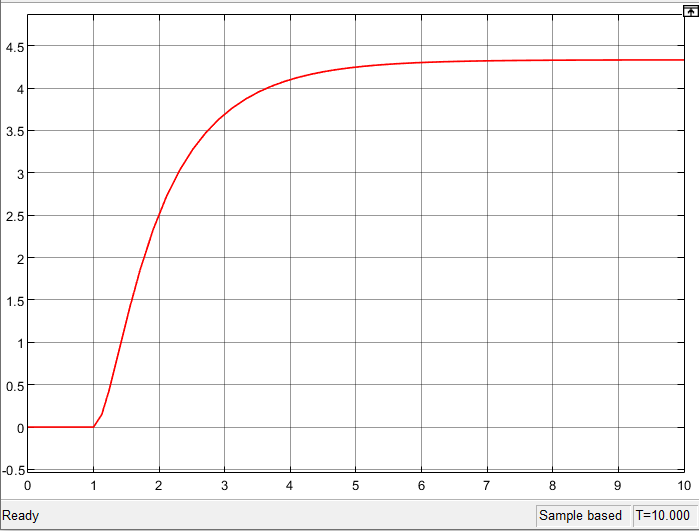


Рисунок 30 – ПХ системы с регулятором

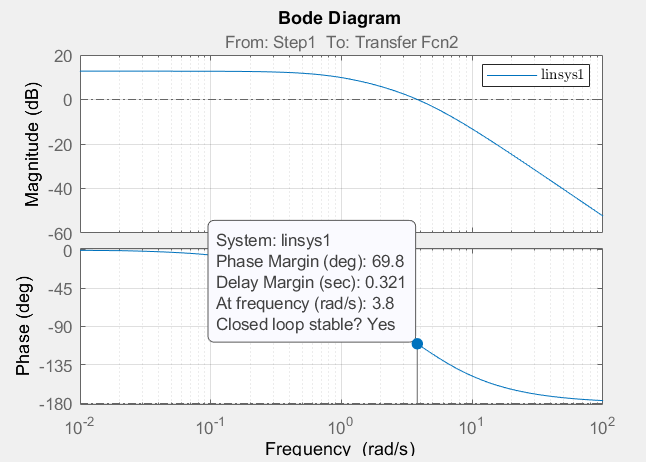


Рисунок 31 – ЛЧХ системы с регулятором, где запас устойчивости по фазе равен 69.8

Выводы: запас устойчивости в системе с регулятором больше 60, что видно из рисунка 31, также из рисунка 30 видно, что перерегулирование в системе не больше 18% т.к. крайне близко к . В результате выполнения были вычислены операторным методом параметры регулятора, с учетом заданных требований к процессу.

**Общие выводы**

В результате выполнения данной лабораторной работы мы ознакомились с регуляторами, их регулированием и синтезом регулятора с помощью операторного метода. В первом задании были построены схемы с ПИ и ПИД регуляторами и рассмотрены их переходные и частотные характеристики. С помощью второго и третьего задания мы поняли, что при наименьшем времени перерегулирования увеличивается степень устойчивости, в сравнении с процессом при наименьшем перерегулировании. В четвертом и пятом заданиях был рассмотрен операторный метод для расчета ПФ регулятора согласно заданным требованиям и построение переходной и частотной характеристик.