Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Кафедра Систем Управления и Информатики Группа P3340

Лабораторная работа №12 Анализ линейных непрерывных систем с использованием прикладного пакета Matlab Control System Toolbox

Вариант - 9

Выполнила Сорокина Т. В. ____________ (подпись)
(фамилия, и.о.)

Проверил ____________ (подпись)
(фамилия, и.о.)

"___" _________ 20___г. Санкт-Петербург, 20___г.

Работа выполнена с оценкой ____________________

Дата защиты "___" _________ 20___г.

Цель работы: исследование динамических и частотных характеристик, анализ структурных свойств и устойчивости линейных непрерывных систем, с помощью прикладного пакета Matlab Control System Toolbox.

Исходные данные

Исходная модель разомкнутой системы представляется в форме вход-выход и описывается передаточной функцией вида:

$$W(s) = \frac{b_1 s + b_0}{s \cdot (a_2 s^2 + a_1 s + a_0)}. \tag{1}$$

Значения коэффициентов a_0, a_1, a_2, b_0, b_1 в числителе и знаменателе передаточной функции для выполнения лабораторной работы выбираются самостоятельно произвольно из условия $a_2 \neq 0, b_1 \neq 0$.

Выбранные значения коэффициентов: $a_0 = 4, a_1 = 2, a_2 = 1, b_0 = -3, b_1 = 6$. Тогда передаточная функция будет выглядеть следующим образом:

$$W(s) = \frac{6s - 3}{s \cdot (s^2 + 2s + 4)}. \tag{2}$$

1 Анализ исходной разомкнутой системы

Найдём нули и полюса передаточной функции разомкнутой системы (используя функцию Pole-Zero map), результат представим в виде графика, который изображен на рисунке 1.

Нули передаточной функции (корни числителя): z=0.5.

Полюса передаточной функции (корни знаменателя): $p_1 = 0$, $p_2 = -1 - i\sqrt{3}$, $p_3 = -1 + i\sqrt{3}$

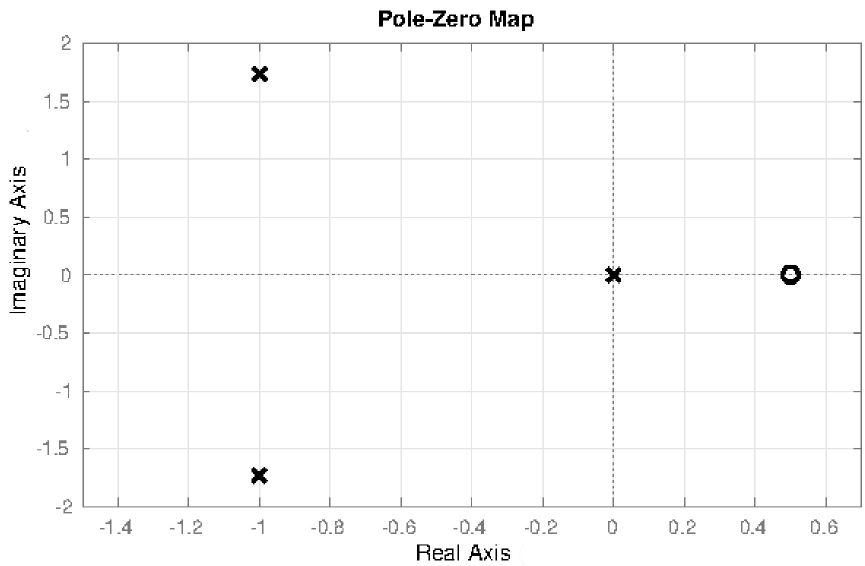

Рисунок 1 – Нули и полюса разомкнутой системы

Система находится на нейтральной границе устойчивости, так как имеет нулевой полюс, но не имеет полюсов с положительной вещественной частью.

Воспользуемся функцией Bode для нахождения ЛАЧХ и ЛФЧХ. Графики ЛАЧХ и ЛФЧХ изображены на рисунке 2.

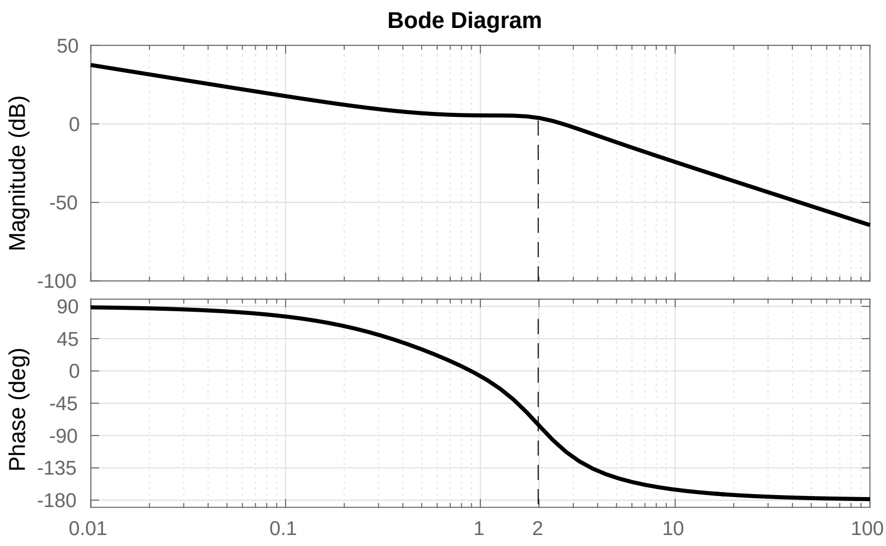

Рисунок 2 – Логарифмические характеристики разомкнутой системы

Используя функцию margin найдем запасы по амплитуде и частоте. Запас устойчивости системы по амплитуде - бесконечный, частота среза = 2 рад/с, запас устойчивости по фазе равен 70,95 градусов.

Используя функцию Nyquist plot построим АФЧХ исследуемой системы. АФЧХ исследуемой системы приведена на рисунке 3.

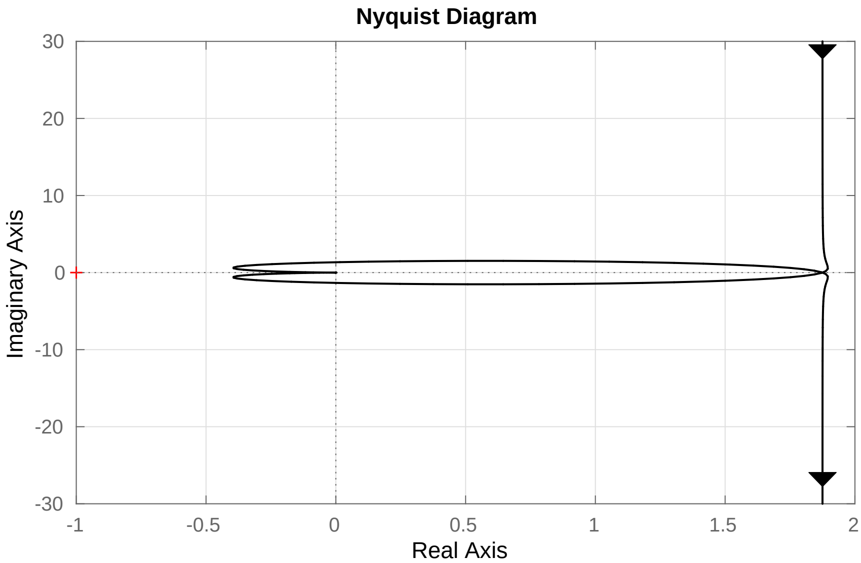

Рисунок 3 – АФЧХ разомкнутой системы

Система является устойчивой по критерию Найквиста, так как АФЧХ системы не охватывает точку (-1;0).

2 Анализ замкнутой системы

Передаточная функция системы с отрицательной обратной связью в нашем случае будет иметь вид:

$$\Phi(s) = \frac{\dfrac{6s-3}{s^3+2s^2+4s}}{1+\dfrac{6s-3}{s^3+2s^2+4s}\cdot K} = \frac{6s-3}{s^3+2s^2+(4+6K)s-3K} \tag{3}$$

Проанализируем влияние коэффициентов отрицательной обратной связи на расположение полюсов передаточной функции.Для этого будем использовать функцию rlocus. На рисунке 4 приведена зависимость расположения полюсов замкнутой системы от коэффициента обратной связи.

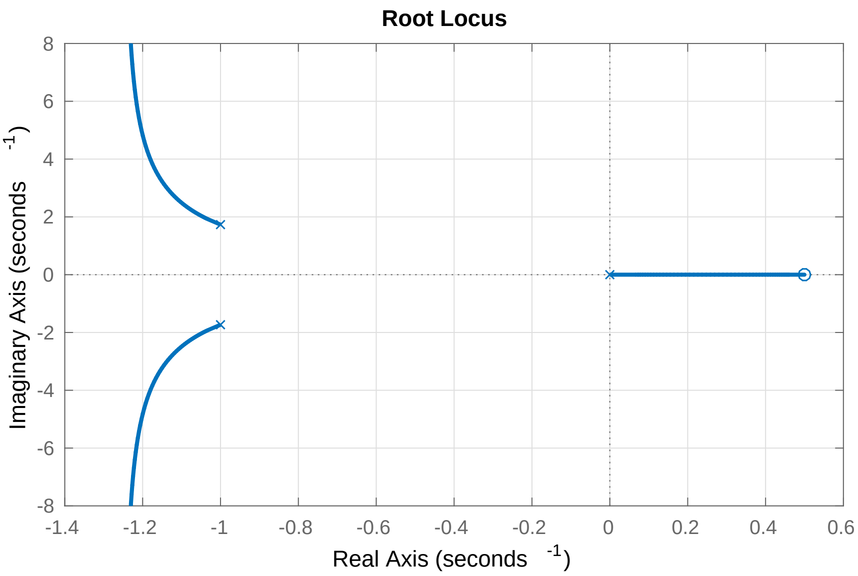

Рисунок 4 – Зависимость расположения полюсов замкнутой системы от коэффициента обратной связи

Для выбора коэффициента K воспользуемся корневым критерием устойчивости и составим матрицу Гурвица:

$$\begin{vmatrix} 2 & -3K & 0 \\ 1 & 4+6K & 0 \\ 0 & 2 & -3K \end{vmatrix}$$

Отсюда видно, что при K=0 система будет находится на нейтральной границе устойчивости. Система будет находится на колебательной границе устойчивости при K=-0,53. И система будет устойчива при K в диапозоне от -0,53 до 0.

Выберем коэффициент K=-0,4. Тогда система примет вид:

$$\Phi(s) = \frac{6s-3}{s^3+2s^2+1,6s+1,2} \tag{4}$$

Найдем значения нулей и полюсов для замкнутой системы. Графическое изображение нулей и полюсов замкнутой системы представлено на рисунке 5.
z=0.5, $p_1 = -1.467$
$p_2 = -0.266 - 0.864i$, $p_3 = -0.266 + 0.864i$.

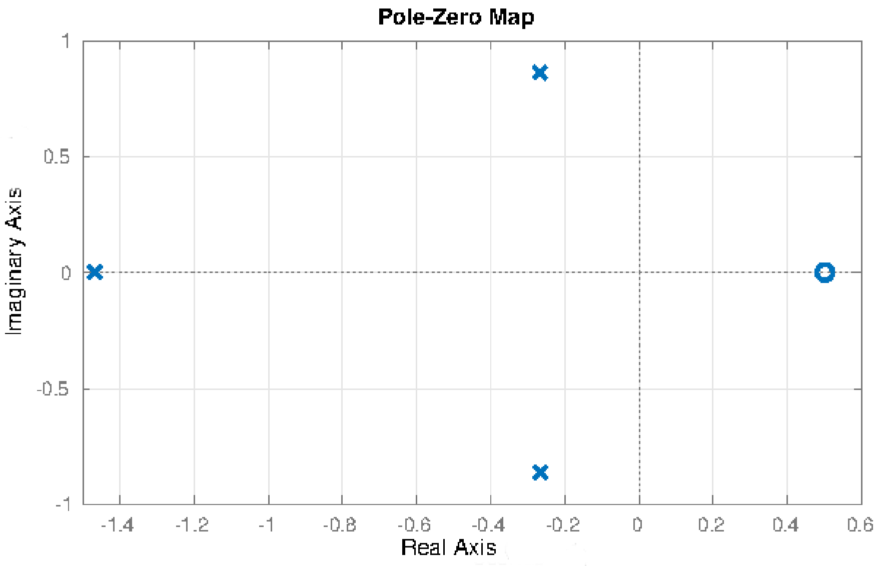

Рисунок 5 – Нули и полюса замкнутой системы

Система является устойчивой, т.к. не имеет корней с неотрицательной вещественной частью. Степень устойчивости в данном случае будет вычисляться как:

$$|Re(p_2)| = |Re(p_3)| = 0,266. \tag{5}$$

Выполним построение графиков переходной и весовой функции замкнутой системы, применив функции: step, impulse. Данные графики приведены на рисунках 6 и 7.

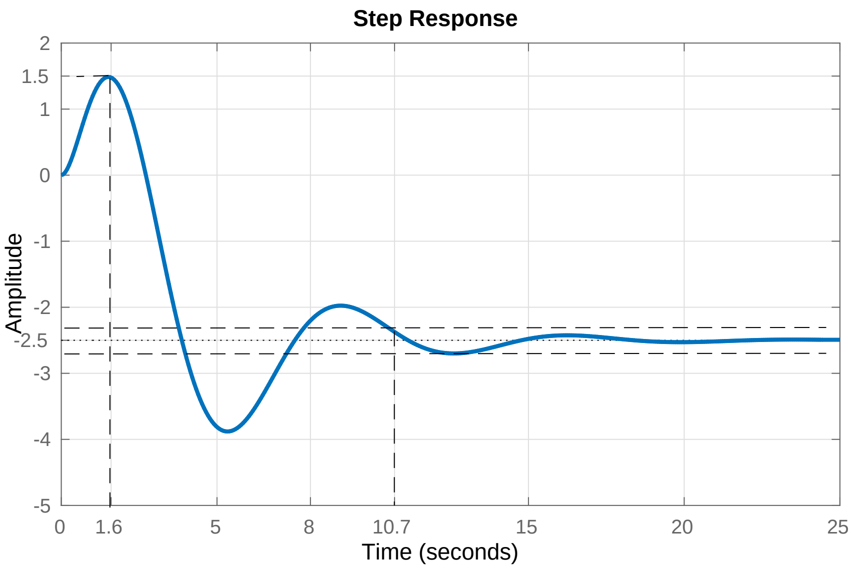

Рисунок 6 – График переходной функции замкнутой системы

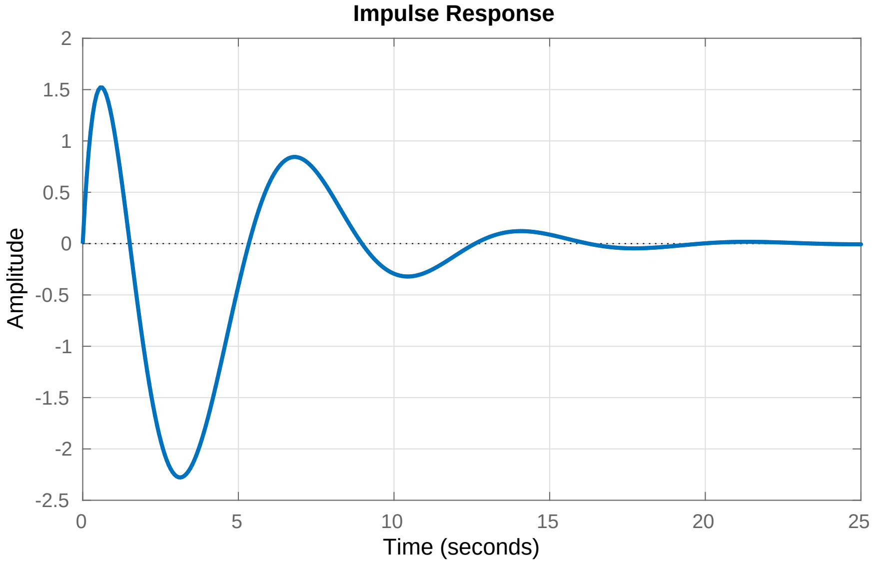

Рисунок 7 – График весовой функции замкнутой системы

Определим по графику время переходного процесса: $t_п$=10,7 с.

Значение перерегулирования: $\sigma = \dfrac{1,5+2,5}{-2,5} \cdot 100\% = 160\%$

Затухание равно 0.

Перейдем к представлению замкнутой системе в форме Вход-Состояние-Выход. С помощью функции [A,B,C,D] = tf2ss(b,a), получим матрицы:

$$A = \begin{bmatrix} -2 & -1,6 & -1,2 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 6 & -3 \end{bmatrix}$$

Найдем матрицы управляемости и наблюдаемости, используя команды: ctrb(A,B) и obsv(A,C).

$$U_y = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 2,4 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$U_n = \begin{bmatrix} 0 & 6 & -3 \\ 6 & -3 & 0 \\ -15 & 9,6 & -7,2 \end{bmatrix}$$

Так как ранги матриц U_y и U_n равны порядку системы (ранг матриц = 3), то можно заключить, что система является полностью управляемой и наблюдаемой.

Вывод

В данной лабораторной работе был использован прикладной пакет Matlab Control System Toolbox. С его помощью было проведено исследование динамических и частотных характеристик, анализ структурных свойств и устойчивости линейных непрерывных систем.

Используя функцию pzmap были найдены полюса и нули передаточной функции как разомкнутой системы, так и замкнутой.

При использовании функции Bode были построены ЛАЧХ и ЛФЧХ, по которым были найдены: частота среза и запасы устойчивости по амплитуде и фазе.

Так же при выполнении лабораторной работы была применена функция Nyquist plot,которая строит АФЧХ исследуемой системы.

С помощью функций step и impulse были получены графики переходных функций, по которым были найдены: время переходного процесса, значение перерегулирования и затухание замкнутой системы.

С помощью функции [A,B,C,D]=tf2ss(b,a) получили матрицы ВСВ. Используя команды: ctrb (A,B) и obsv (A,C) получили матрицы управляемости и наблюдаемости.