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 - 7

Выполнил ______________________________________ (подпись)
(фамилия, и.о.)

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

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

Работа выполнена с оценкой __________________________________

Дата защиты "___" __________ 20___г.

Задача

Целью работы является исследование динамических и частотных характеристик, анализ структурных свойств и устойчивости линейных непрерывных систем с помощью прикладного пакета matlab.

В качестве объекта исследования выбраны линейные непрерывные динамические стационарные системы. Исходная модель разомкнутой системы представляется в форме вход-выход и описывается передаточной функцией вида:

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

Значения коэффициентов a_0, a_1, a_2, b_0, b_1 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты передаточной функции

a_0	a_1	a_2	b_0	b_1
4	3	2	1	2

1 Анализ разомкнутой системы

Передаточная функция разомкнутой системы представлена ниже:

$$W(s) = \frac{2s+1}{2s^3+3s^2+4s} \tag{2}$$

Из исходной системы можем найти нули и полюса.

$$p_1 = -0.5$$
$$z_1 = 0 \qquad\qquad z_{2,3} = -0.7321 \pm j1.249$$

где p - полюса, z - нули. Графическое изображение найденых решений представлено на рисунке 1.

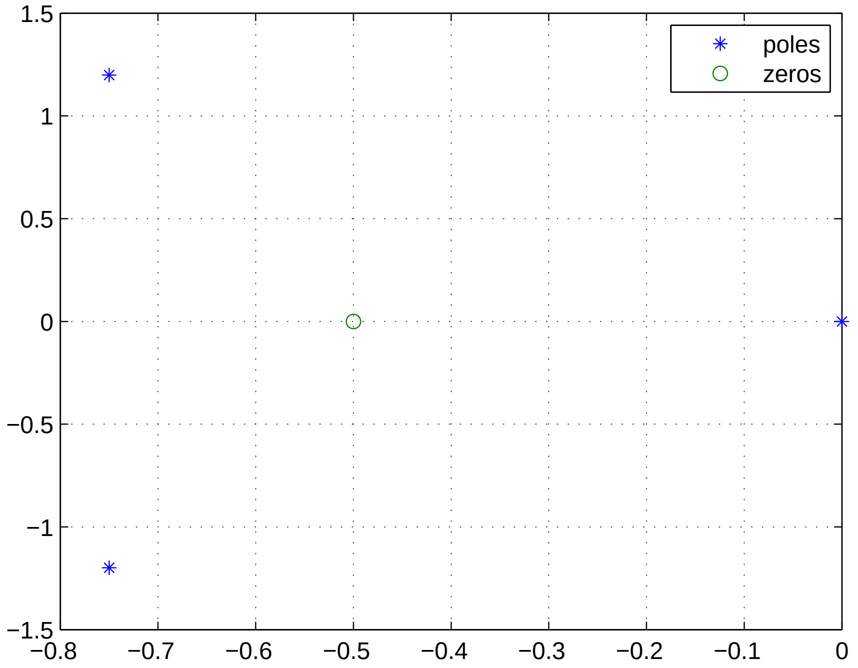

Рисунок 1 – Нули и полюса

Далее построим логарифмические амплитудночастотные и фазочастотные характеристики. Они представлены на рисунке 2.

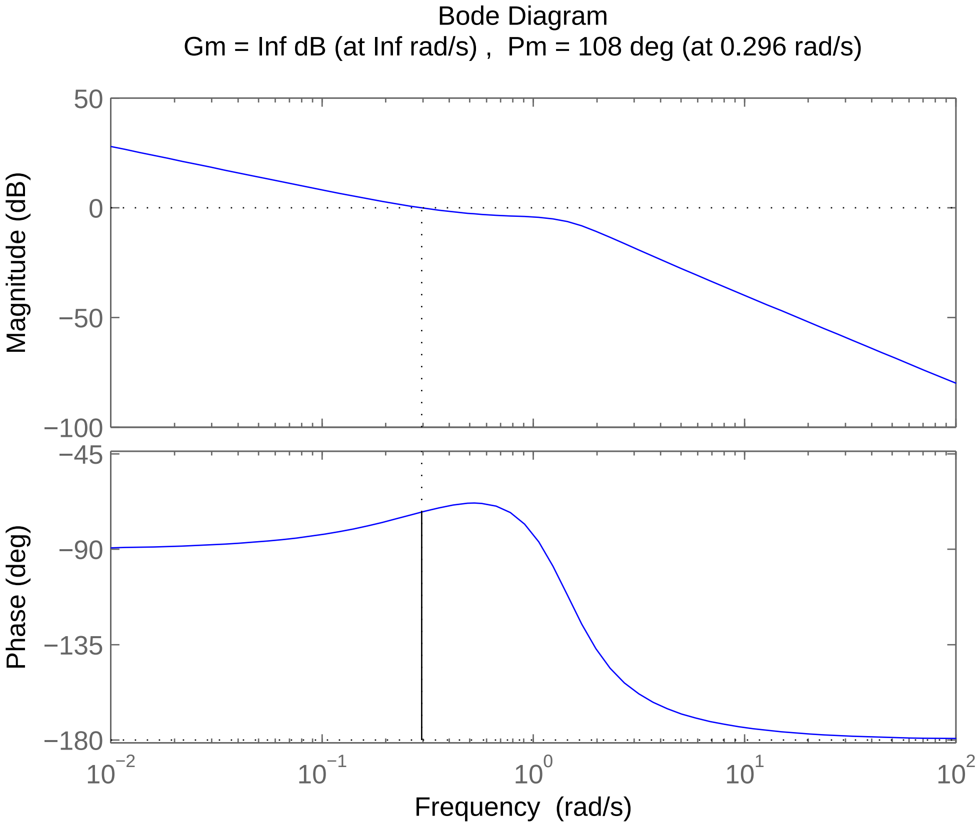

Рисунок 2 – ЛАЧХ и ЛФЧХ

График АФЧХ представлен на рисунке 3. По графику видно, что АФЧХ не охватывает точку $(-1; j0)$, а значит, является устойчивой по критерию Найквиста.

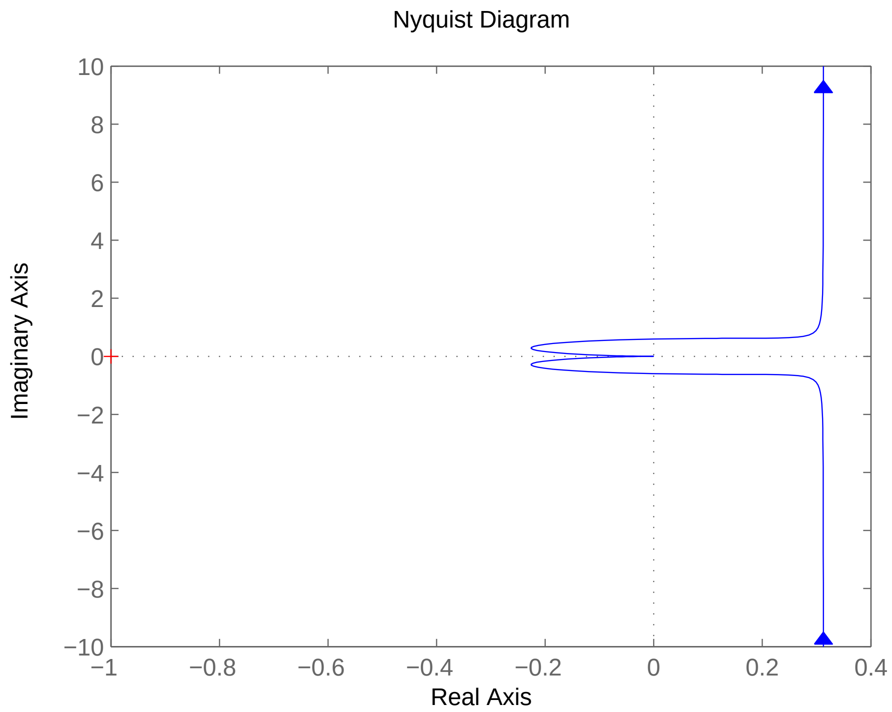

Рисунок 3 – АФЧХ

2 Анализ замкнутой системы

Передаточная функция с коэффициентом обратной связи K записана ниже.

$$W_{\text{замк.}}(s) = \frac{2s+1}{2s^3+3s^2+(4+2K)s+K} \tag{3}$$

Далее на рисунке 4 представлен графики корней и полюсов при разных коэффициентах обратой связи.

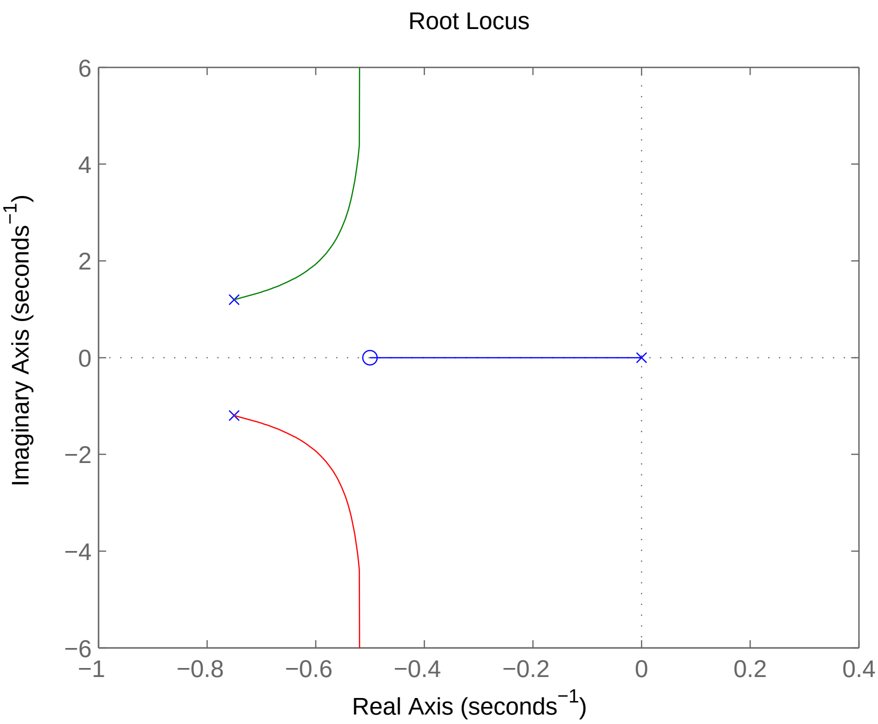

Рисунок 4 – Нули и полюса

Для нахождения коэффициента K, при котором система будет устойчивой, составим матрицу Гурвица:

$$\Gamma = \begin{vmatrix} 3 & K & 0 \\ 2 & 4+2K & 0 \\ 0 & 3 & K \end{vmatrix}. \tag{4}$$

По критерию Гурвица получаем, что система будет асимптотически устойчива при $K > 0$ и находиться на нейтральной границе устойчивости при $K = 0$. Выберем $K = 2.5$.

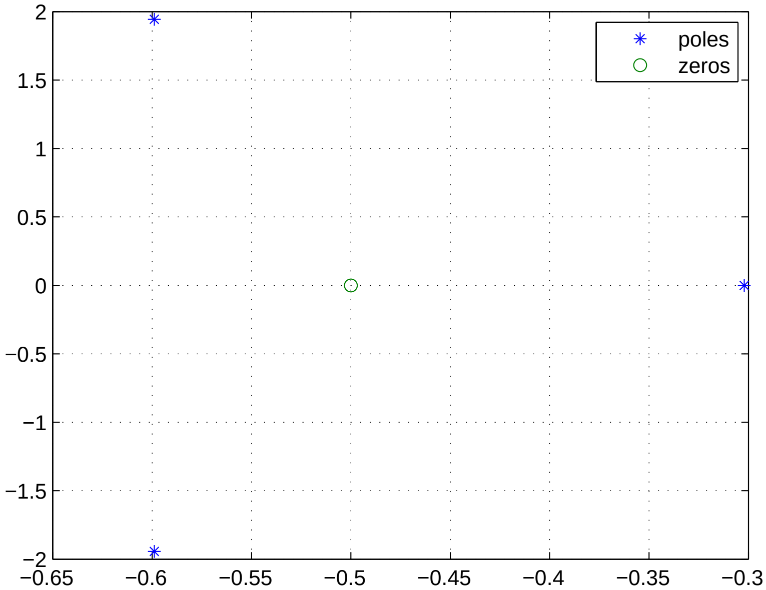

Рисунок 5 – Нули и полюса

В таком случае набор корней будет следующим (также корни изображены на рисунке 5):

$$p_1 = -0.5 \qquad z_1 = -0.3021$$
$$z_{2,3} = -0.599 \pm j1.9441$$

Как видно из рисунка 5 система устойчива. Степень устойчивости системы равна $Re(z_2) = Re(z_3) = -0.599$.

На рисунке 6 и 7 представлены графики переходной и весовой функций замкнутой системы.

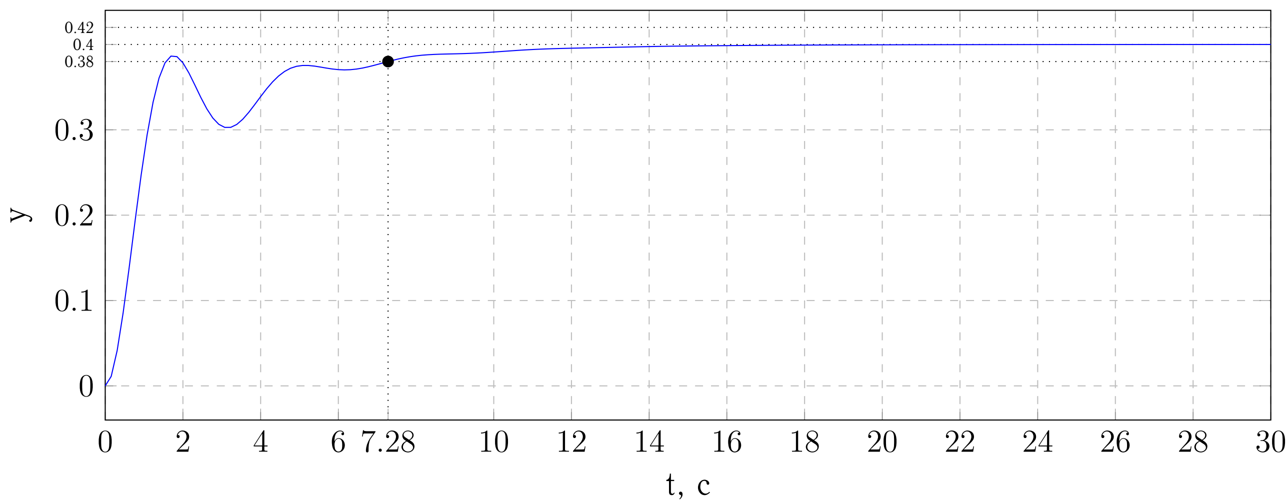

Рисунок 6 – Переходная функция

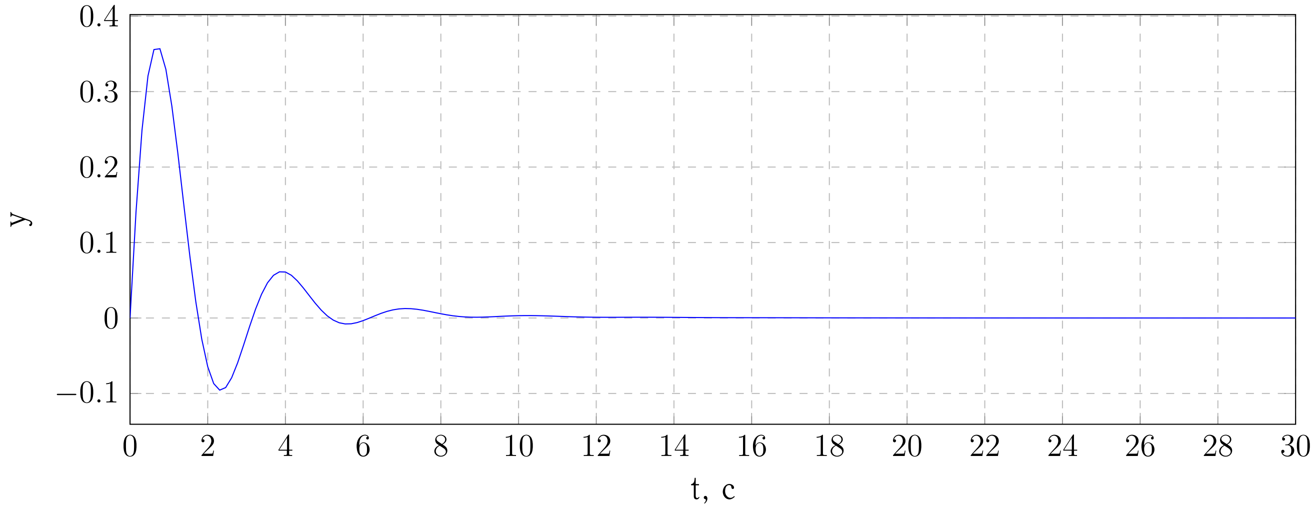

Рисунок 7 – Весовая функция

Время переходного процесса $t_п = 7.2797$. При выбранном коэффициенте $K = 2.5$ перерегулирование отсутствует.

Далее приведем модель (3) к модели ВСВ:

$$\begin{cases} \dot{X} = \begin{bmatrix} -1.5 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} X + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} U \\ y = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0.5 \end{bmatrix} X \end{cases} \tag{5}$$

где $x = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \end{bmatrix}^T$.

Составим матрицы управляемости и наблюдаемости:

$$W_y = \begin{bmatrix} 1 & -1.5 & 0.25 \\ 0 & 1 & -1.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad W_н = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0.5 \\ 1 & 0.5 & 0 \\ -1 & -2 & 0 \end{bmatrix}$$

Ранги матриц равны $rang\{W_y\} = rang\{W_н\} = 3$, значит, система полностью управляема и наблюдаема.

Выводы

В лабораторной работе была исследована система 3-го порядка. С помощью соответствующих функций пакета Matlab были получены характеристики системы.

Анализ разомкнутой системы показал, что система устойчива по корневому критерию. Исследовав АФЧХ, было выяснено, что система устойчива по критерию Найквиста.

При замыкании системы отрицательной обратной связью получили систему, устойчивость которой зависит от коэффициента K. С помощью критерия Гурвица определили допустимые значения K. В итоге был выбран $K = 2.5$. При данном коэффициенте система имеет наилучшие параметры переходного процесса. Время переходного процесса минимально, а перерегулирование отсутствует. Корневые показатели подтверждают устойчивость системы.

Далее система была приведена с модели ВСВ. Анализ матриц управляемости и наблюдаемости показал, что система полностью управляема и наблюдаема.