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 - 11

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

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

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

Работа выполнена с оценкой ______________________________

Дата защиты "___" _________ 20___г.

1 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
5	4	3	2	1

Далее необходимо перейти от исходной разомкнутой системы к замкнутой системе с жесткой отрицательной обратной связью и провести ее анализ в соответствии с порядком выполнения работы.

2 Анализ разомкнутой системы

Передаточная функция разомкнутой системы представлена ниже:

$$W(s) = \frac{s+2}{3s^3+4s^2+5s} \tag{2}$$

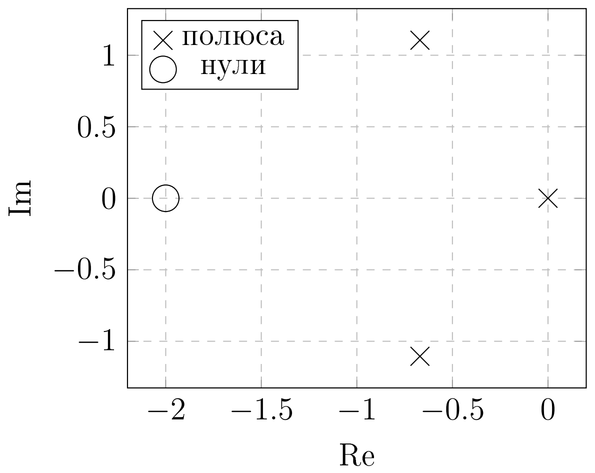

Рисунок 1 – Нули и полюса

Из исходной системы можем найти нули и полюса.

$$p_1 = -2$$

$$z_1 = 0 \qquad z_{2,3} = -\frac{2}{3} \pm i\frac{\sqrt{11}}{3}$$

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

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

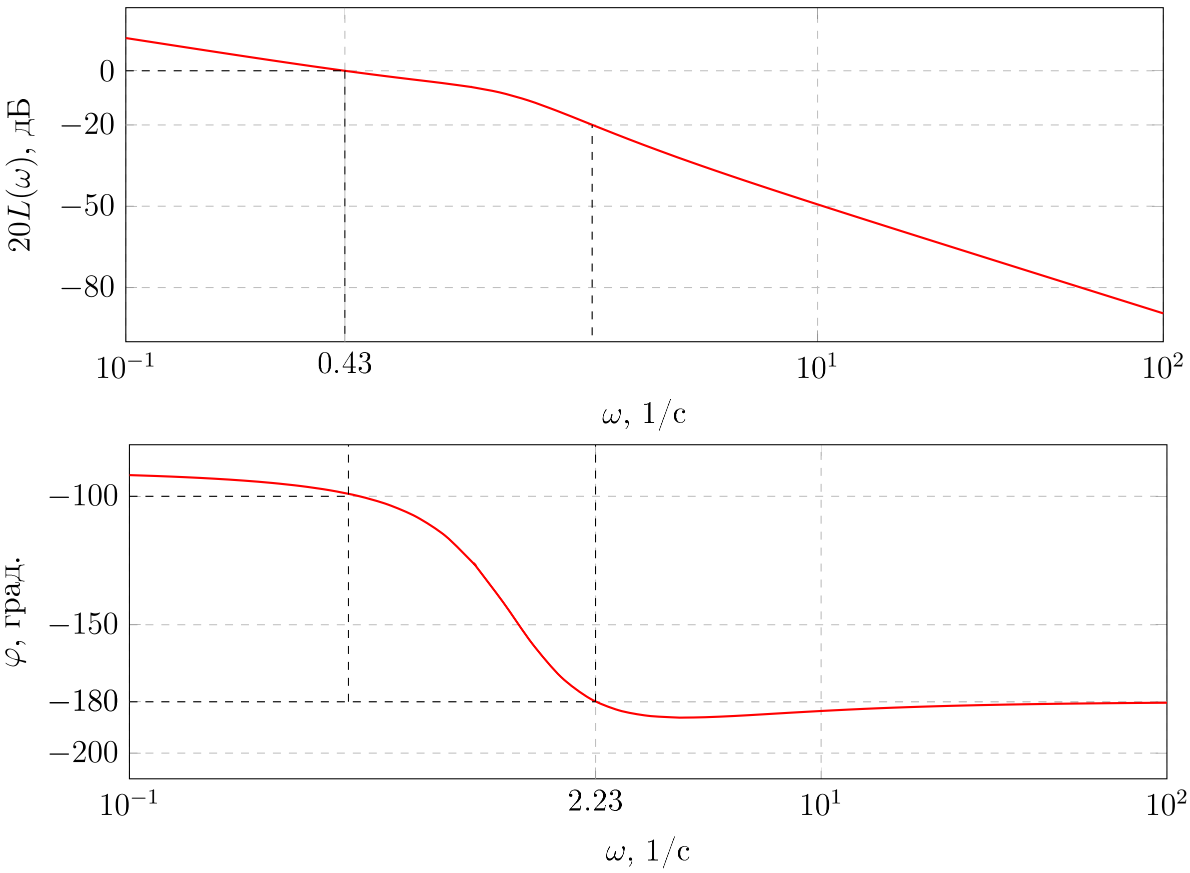

Рисунок 2 – ЛАЧХ и ЛФЧХ

По ЛАЧХ и ЛФЧХ можно найти частоту среза ω_c, запас устойчивости по амплитуде $A_з$ и по фазе $\varphi_з$.

$$\omega_c = 0.43 \qquad A_з = 0.1 \qquad \varphi_з = -100^\circ$$

Все эти точки отмечены соотвественно на рисунке 2. Далее на основании полученых характеристик можем посторoить амплитудночастотую характеристику. Она изображена на рисунке 3.

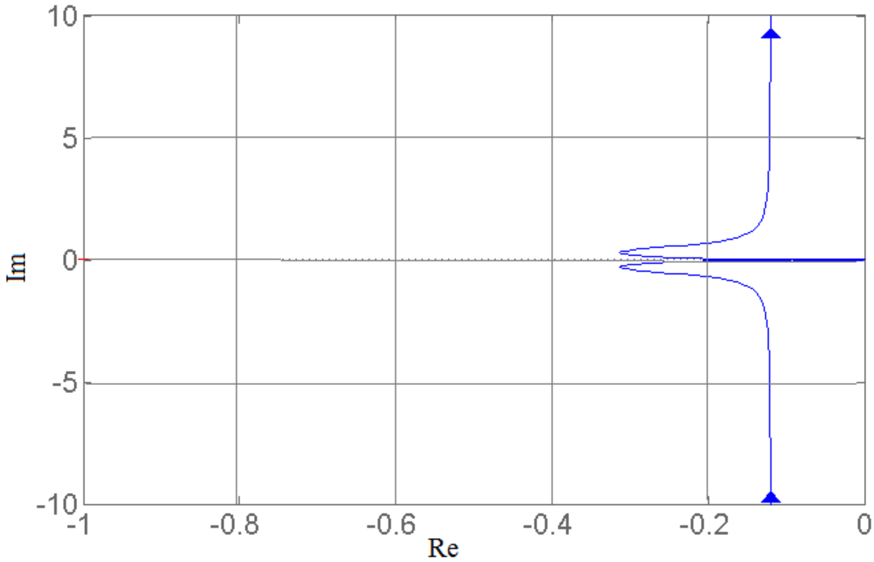

Рисунок 3 – АФЧХ

3 Анализ замкнутой системы

Передаточная функция с коэффициентом обратной связи K записана ниже.

$$W_{\text{замк.}}(s) = \frac{s+2}{3s^3 + 4s^2 + (5+K)s + 5K} \tag{3}$$

Далее на рисунке 4 представлен графики корней при разных коэффициентах обратой связи $K \in [0, 100]$.

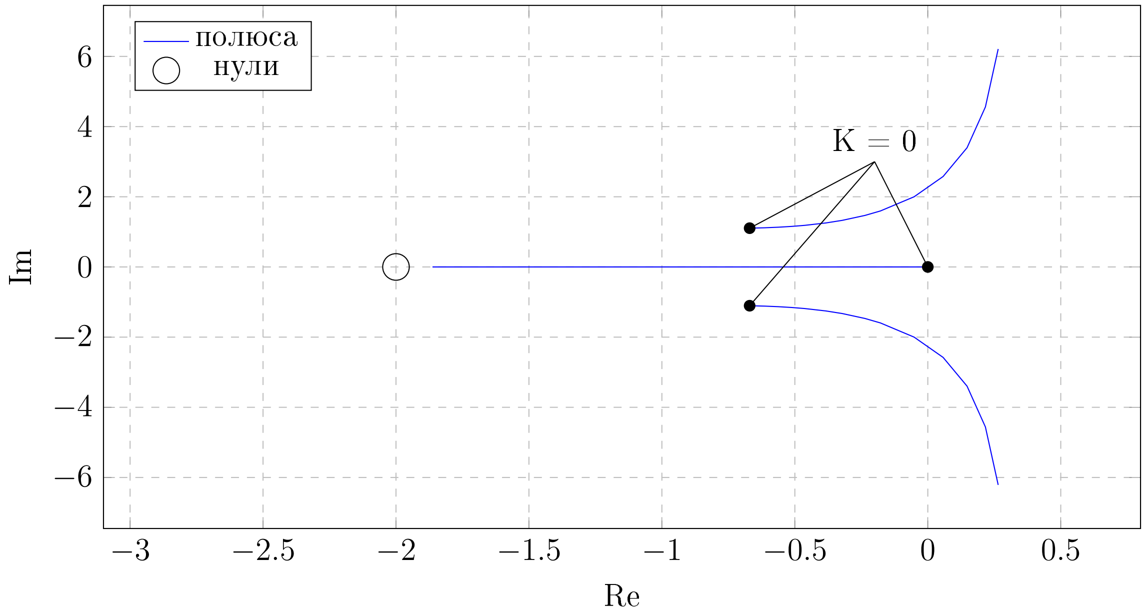

Рисунок 4 – Нули и полюса

Как видно, при $K = 0$ система имеет 1 нулевой корень и находится на границе устойчивости нейтрального типа, при увеличении K, система становится устойчивой, при этом вещественная часть комплексно сопряженных корней стемится в правую полуплоскость, что ведет к неустойчивости системы.

Пользуясь критерием Гурвица можно вывести, что система будет устойчива при следующих K:

$$0 < K < 0.82 \tag{4}$$

Это также соответствует рисунку 4. Выберем $K = 0.55$ и будем дальше с ним работать.

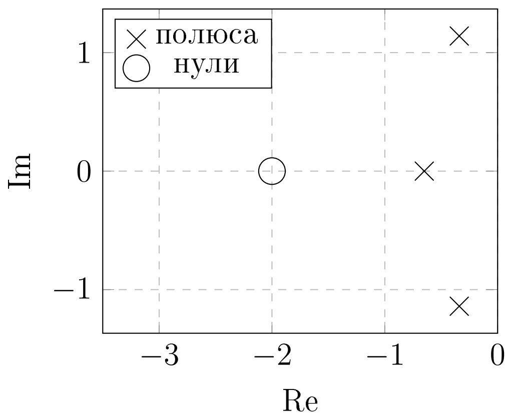

Рисунок 5 – Нули и полюса

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

$$p_1 = -2 \qquad z_1 = -0.65$$
$$z_{2,3} = -0.34 \pm 1.14i$$

Как видно из рисунка 5 система устойчива. Степень устойчивости системы равна $Re(z_2) = Re(z_3) = -0.34$.

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

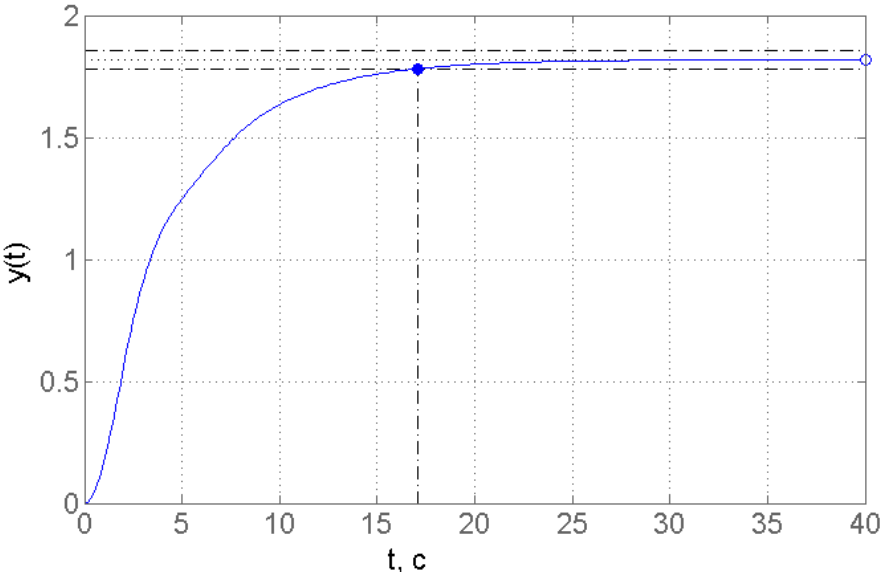

Рисунок 6 – Переходная функция

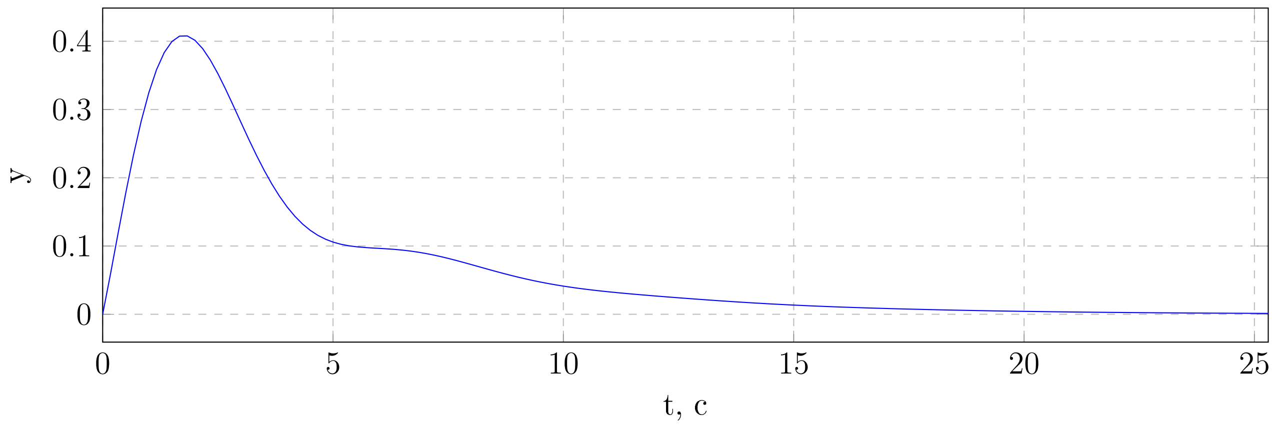

Рисунок 7 – Весовая функция

Время переходного процесса $t_п$ и перерегулирование σ угазаны ниже:

$$t_п = 17.1c \qquad\qquad \sigma = 0\%$$

Далее приведем модель 3 к модели ВСВ. Она выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{X} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -\frac{5}{3} & -\frac{4}{3} \end{bmatrix} X + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} U \\ y = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 \end{bmatrix} X \end{cases} \tag{5}$$

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

Теперь можно составить матрицы управляемости W_y и наблюдаемости $W_н$ для опредления управляемости и наблюдаемости модели.

$$W_y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -\frac{4}{3} \\ 1 & -\frac{4}{3} & \frac{1}{9} \end{bmatrix} \qquad W_н = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} \\ 0 & \frac{4}{3} & \frac{2}{3} \end{bmatrix}$$

Поскольку $rang\{W_y\} = 3$ система является управляемой. При этом система является не наблюдаемой, поскольку $rang\{W_н\} = 2$.

Выводы

В данной работы мы исследовали разомкнутую систему. Получили ее корни и сравнили коренной критерий и Найквиста. Неустойчивая система по Накйквисту является системой на нейтральной границе устойчивости по корневому критерию. Также мы построили ЛАЧХ и ЛФЧХ, и по ним определили запас устойчивости по амплитуде и фазе.

Также осуществили анализ замкнутой системы по размокнутой(рисунок 4). При К = 0 система становится разомкнутой. При увеличении К до 0,82 система будет устойчивой.

По полученной модели ВСВ мы проверили ее на управляемость и наблюдаемость.Система является управляемой и не наблюдаемой.