1 Цель работы

Оценка устойчивости системы методом Найквиста.

2 Структурная схема исследуемой системы

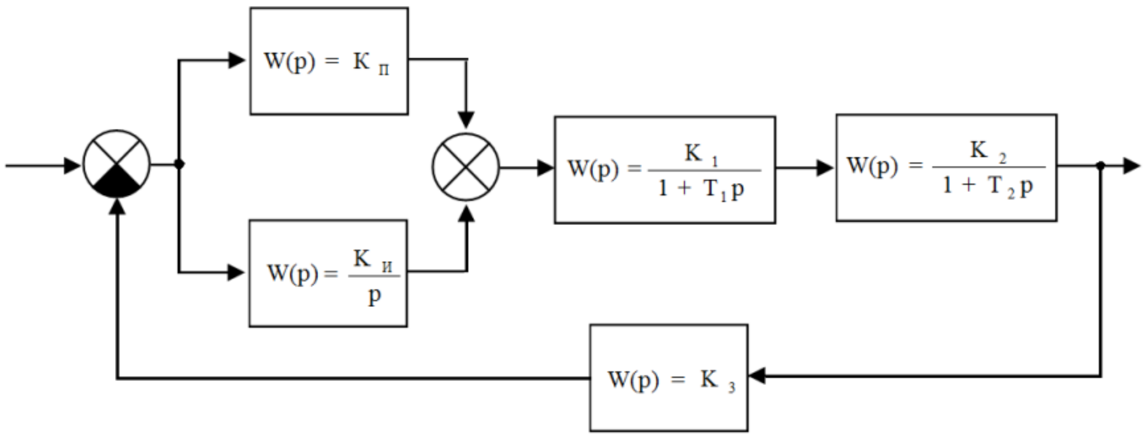

Рисунок 1 – Структурная схема исследуемой системы

Таблица 1 – Параметры характеристического полинома исследуемой системы

№ п/п	$K_п$	$K_и$	K_1	T_1	K_2	T_2	K_3
1	0,5	0,05	2	0,2	1,5	1,5	0,5
2	0,4	0,04	3	0,3	1,4	2	0,1
3	0,6	0,03	4	0,4	1,6	1,5	0,2
4	0,7	0,04	2	0,5	1,7	2	0,3
5	0,3	0,05	3	0,2	1,4	1,5	0,4
6	0,2	0,07	4	0,3	1,8	2	0,6
7	0,5	0,06	2	0,4	1,9	1,5	0,2
8	0,8	0,08	3	0,2	1,1	4	0,3
9	0,4	0,02	4	0,7	1,2	5,5	0,5
10	0,8	0,03	5	0,6	1,5	6	0,4

3 Выполнение работы

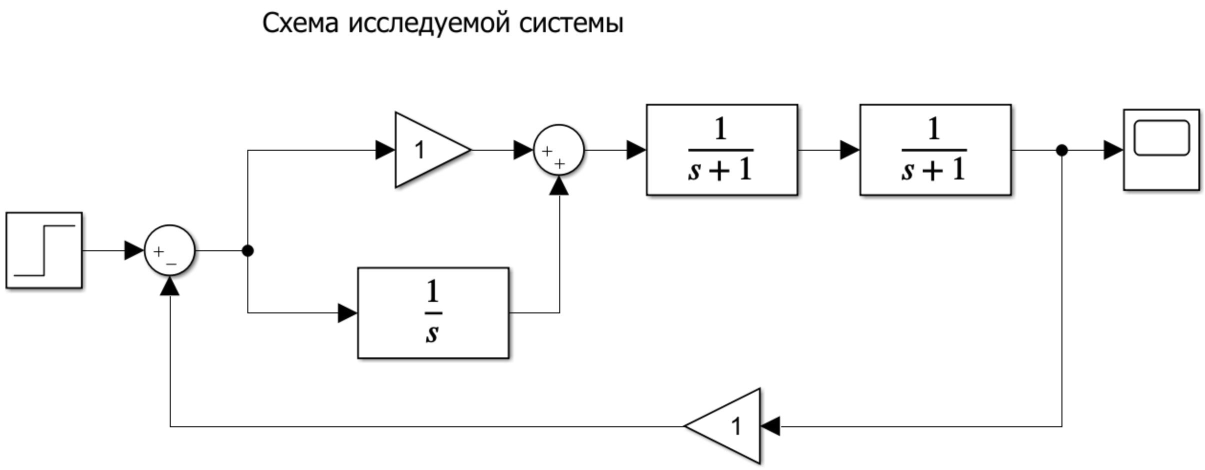

Рисунок 2 – Смоделированная схема исследуемой системы в Simulink

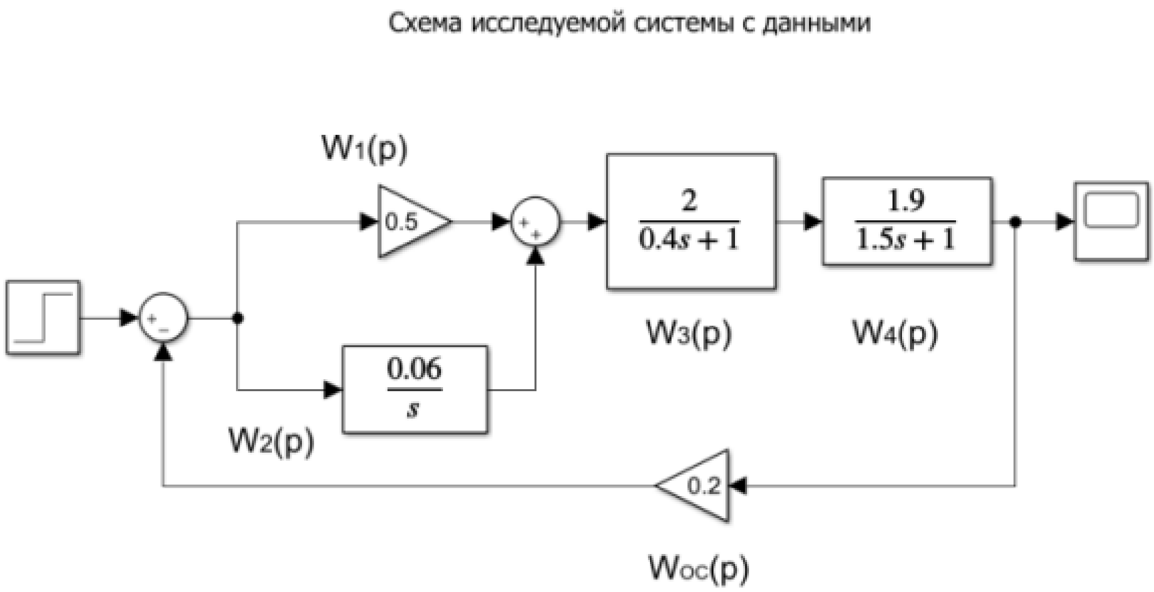

Рисунок 3 – Смоделированная схема исследуемой системы в Simulink с данными параметрами варианта

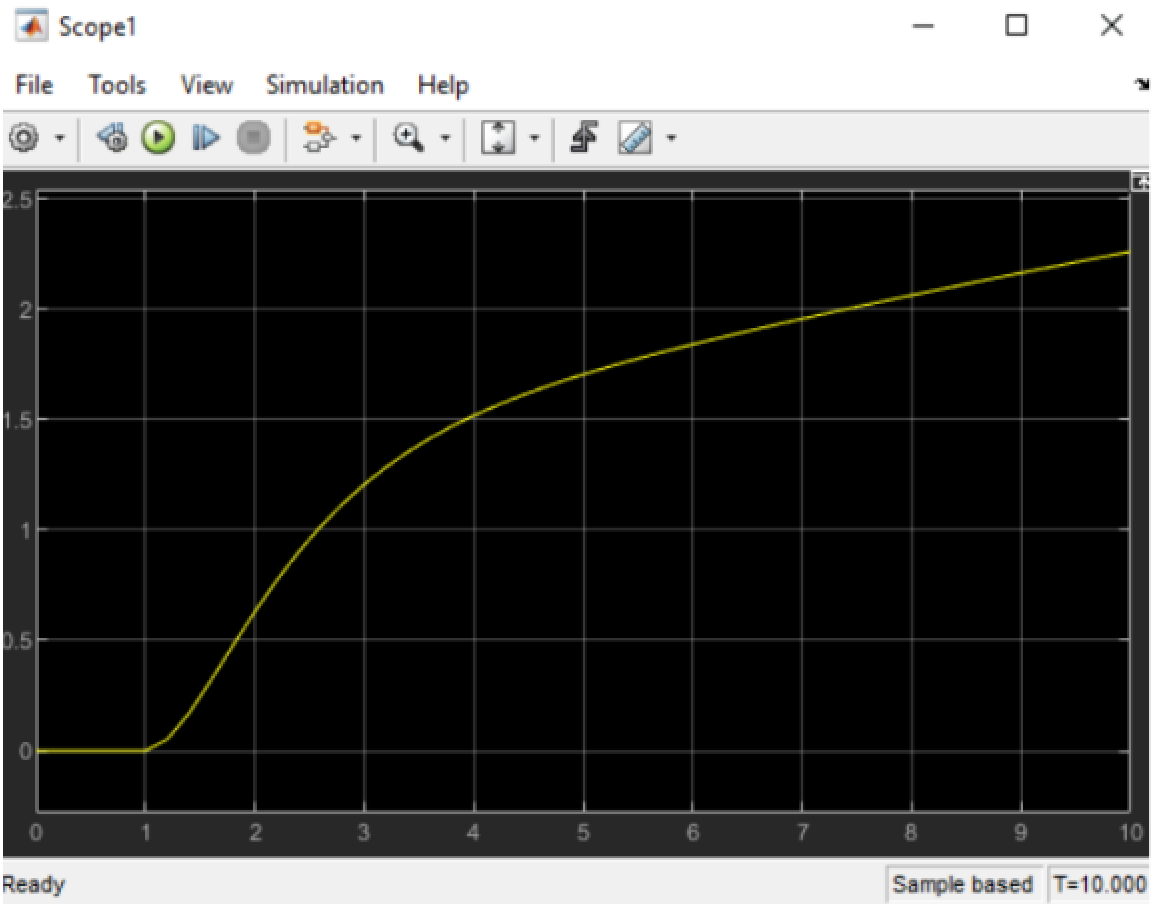

Рисунок 4 – Переходный процесс исследуемой системы

Определение с помощью критерия Найквиста устойчивость системы:

Критерий устойчивости не работает, если передаточная функция системы имеет запаздывание, то есть $W_{\infty}(p) = \frac{B(p)}{A(p)} e^{-p\tau}$. В этом случае характеристическое выражение замкнутой системы полиномом не является и его корни определить невозможно. Для определения устойчивости в данном случае используются частотные критерии Михайлова и Найквиста.

В данном случае используется критерий Найквиста или же этот критерий по – другому называется точечным критерием. Он позволяет судить об устойчивости замкнутой системы по частотным характеристикам разомкнутой системы.

Если разомкнутая САУ устойчива, то для замкнутой устойчивости САУ необходимо и достаточно, чтобы функция $W_{\infty}(j\omega)$ не охватывала критическую точку (-1; 0) при изменении ω от 0 до ∞.

Если АФХ проходит через точку (-1; 0), то замкнутая система находится на границе устойчивости.

Расчёт переходных процессов системы:

$$W_{1-2} = W_1 + W_2 = K_П + \frac{K_И}{p} = \frac{K_П p + K_И}{p}$$

$$W_{3-4} = W_3 \cdot W_4 = \frac{K_1}{1+T_1 p} \cdot \frac{K_2}{1+T_2 p} = \frac{K_1 K_2}{1+T_2 p + T_1 p + T_1 T_2 p^2}$$

$$W_{1-4} = W_{1-2} \cdot W_{3-4} = \frac{K_П p + K_И}{p} \cdot \frac{K_1 K_2}{1+T_2 p + T_1 p + T_1 T_2 p^2} = \frac{K_П p K_1 K_2 + K_И K_1 K_2}{T_1 T_2 p^3 + T_1 p^2 + T_2 p^2 + p}$$

$$W_{1-5} = \frac{W_{1-4}}{1 + W_{1-4} \cdot W_5} = \frac{\frac{K_П p K_1 K_2 + K_И K_1 K_2}{T_1 T_2 p^3 + T_1 p^2 + T_2 p^2 + p}}{1 + \frac{K_П p K_1 K_2 + K_И K_1 K_2}{T_1 T_2 p^3 + T_1 p^2 + T_2 p^2 + p} \cdot K_3} =$$

$$= \frac{\frac{K_П p K_1 K_2 + K_И K_1 K_2}{T_1 T_2 p^3 + T_1 p^2 + T_2 p^2 + p}}{1 + \frac{K_П p K_1 K_2 K_3 + K_И K_1 K_2 K_3}{T_1 T_2 p^3 + T_1 p^2 + T_2 p^2 + p}} =$$

$$= \frac{p(K_П K_1 K_2) + K_И K_1 K_2}{T_1 T_2 p^3 + (T_1 + T_2) p^2 + p(1 + K_П K_1 K_2 K_3) + K_И K_1 K_2 K_3}$$

Расчёт характеристического полинома разомкнутой системы:

$D_{раз}(p) = T_1 T_2 p^3 + (T_1 + T_2) p^2 + p$ – уравнение полинома третьего порядка

Подставляем p = jω в характеристический полином разомкнутой системы:

$$D_{раз}(j\omega) = T_1 T_2 (j\omega)^3 + (T_1 + T_2)(j\omega)^2 + (j\omega)$$

Упрощаем характеристический полином разомкнутой системы с учётом свойств мнимой единицы ($j^2 = -1$; $j^3 = -j$):

$$D_{раз}(j\omega) = -(T_1 + T_2)\omega + j(\omega - T_1 T_2 \omega^3) = A(\omega) + jB(\omega), \quad (1)$$

где A(ω) – действительная (вещественная) часть вектора; jB(ω) – мнимая часть вектора

```
Kp = 0.5
Ki = 0.06
K1 = 2
T1 = 0.4
K2 = 1.9
T2 = 1.5
K3 = 0.2
```

```
W(s) = (1.9·s + 0.228) / (0.6000000000000001·s³ + 1.9·s² + 1.38·s + 0.0456)

Re(ω) = [B·(F - D·ω²) + A·ω²·(E - C·ω²)] / [(F - D·ω²)² + ω²·(E - C·ω²)²]
      = [0.228·(0.046 - 1.9·ω²) + 1.9·ω²·(1.38 - 0.6000000000000001·ω²)] / [(0.046 - 1.9·ω²)² +
ω²·(1.38 - 0.6000000000000001·ω²)²]

Im(ω) = ω·[A·(F - D·ω²) - B·(E - C·ω²)] / [(F - D·ω²)² + ω²·(E - C·ω²)²]
      = ω·[1.9·(0.046 - 1.9·ω²) - 0.228·(1.38 - 0.6000000000000001·ω²)] / [(0.046 - 1.9·ω²)² +
ω²·(1.38 - 0.6000000000000001·ω²)²]
```

Рисунок 5 – Условия для построения годографа Найквиста

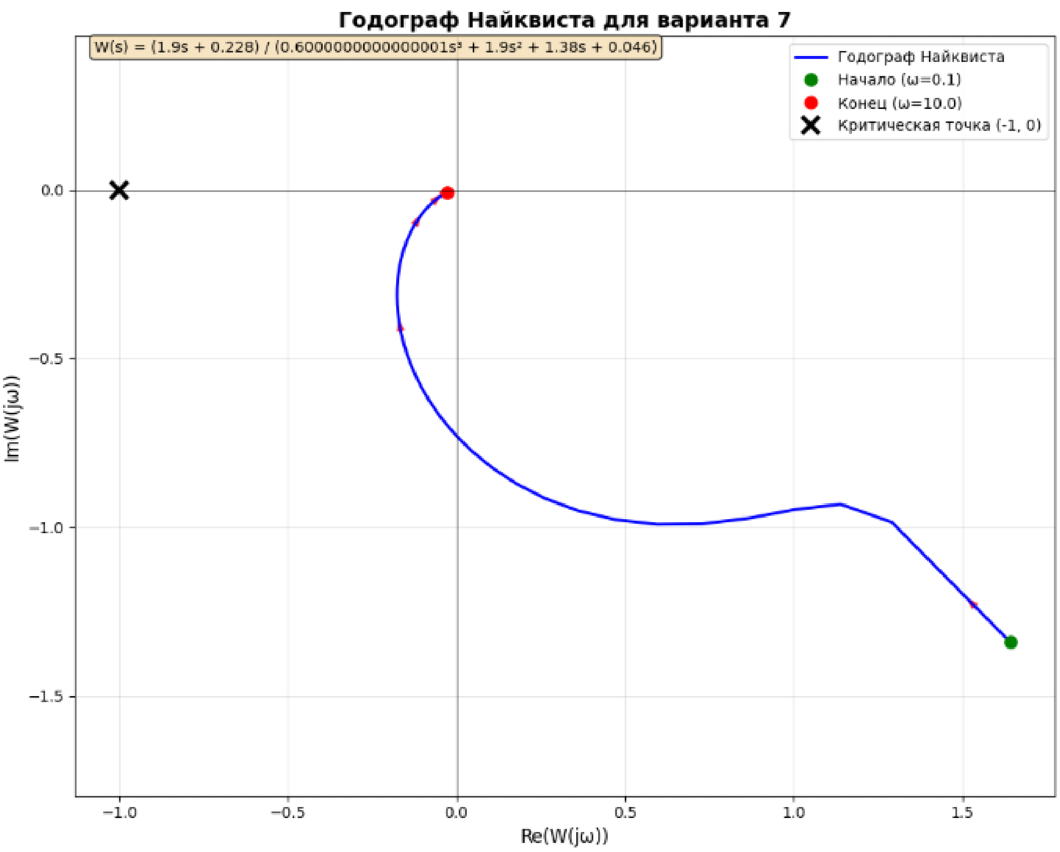

Рисунок 6 – Годограф Найквиста

Согласно критерию Найквиста, система считается устойчивой, если годограф начинается на положительной вещественной полуоси и движется по часовой стрелке не охватывая точку (-1; 0). Годограф исследуемой системы удовлетворяет данные условия, поэтому она является устойчивой.

4 Выводы по работе

В ходе лабораторной работы был изучен критерий устойчивости Найквиста. Для заданной системы был определен характеристический полином разомкнутой системы, который представляет собой уравнение третьей степени, а также построен годограф. При проверке условий получен результат устойчивости системы при заданных параметрах, то есть исследуемая система устойчива.