

**Задание 1. Годограф Найквиста**

В соответствии с вариантом задания (см. Таблицу 1) придумать три объекта пятого порядка  $p$  полюсов передаточных функций которых вещественные, а  $q$  – комплексно-сопряженные.

- Первая передаточная функция должна иметь  $n$  неустойчивых полюсов у разомкнутой системы и  $m$  неустойчивых полюсов у замкнутой.
- Вторая передаточная функция должна иметь 0 неустойчивых полюсов у разомкнутой системы и  $m$  у замкнутой.
- Третья передаточная функция должна иметь  $n$  неустойчивых полюсов у разомкнутой системы и 0 у замкнутой.

Для каждого объекта:

1. Привести карты (изображения размещения на комплексной координатной плоскости) нулей и полюсов разомкнутой и замкнутой систем на комплексной координатной плоскости.
2. Выполнить моделирование и привести переходные характеристики для разомкнутой и замкнутой систем.
3. Построить годограф Найквиста (АФЧХ). Найти число оборотов годографа по часовой стрелке вокруг точки  $(-1; 0)$  и через критерий Найквиста. Сравнить результаты.
4. Построить ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы. Определить суммарное количество переходов ЛФЧХ через критические отрезки при положительном значении ЛАЧХ, сравнить с результатами (количеством оборотов), полученными в предыдущем пункте. Проанализировать связь устойчивости с видом ЛАФЧХ разомкнутых систем используя логарифмический критерий Найквиста.

*Ожидаемые результаты (для каждого объекта):*

- Математическая модель (передаточная функция), описание способа ее составления под условия варианта.
- Карты нулей и полюсов для разомкнутой и замкнутой систем.
- Переходные характеристики для разомкнутой и замкнутой систем.
- Годограф Найквиста, число оборотов вокруг точки  $(-1; 0)$ , сравнение с результатом полученным по критерию Найквиста.
- ЛАФЧХ, количество переходов, анализ на основании логарифмического критерия Найквиста.

---

## **Задание 2. Коэффициент усиления**

В соответствии с вариантом задания (см. Таблицу 1) взять значение  $i$  и соответствующие ему передаточные функции  $W_1(s)$  и  $W_2(s)$  (см. Таблицу 2). Добавить к каждой функции коэффициент усиления  $k$ . Считать  $k$  положительным. Для полученных систем:

1. Построить годограф Найквиста для значения коэффициента усиления  $k = 1$ .
2. Рассмотреть, как влияет коэффициент усиления  $k$  на кривую годографа, взяв не менее трех значений  $k$ .
3. Найти зависимость количества неустойчивых полюсов замкнутой системы относительно значений коэффициента усиления  $k$ . Найти пределы значений коэффициента усиления  $k$  относительно которых замкнутая система устойчива.
4. Определить значение запаса устойчивости по амплитуде (*если применимо*).
5. Выполнить моделирование и привести переходные характеристики замкнутой системы при значениях коэффициента  $k$  для каждой из определенных областей значений, соответствующих как устойчивой системе, так и неустойчивой.

*Ожидаемые результаты (для каждого объекта):*

- Математическая модель (передаточная функция).
- Годографы Найквиста для различных величин  $k$ .
- Зависимость количества неустойчивых полюсов замкнутой системы относительно значений коэффициента усиления  $k$ .
- Пределы значений коэффициента усиления  $k$ , соответствующие устойчивой замкнутой системе.
- Запас устойчивости по амплитуде (если применимо).
- Листинги аналитических расчетов.
- Переходные характеристики для коэффициентов  $k$ , соответствующих различным областям значений коэффициента.

---

### **Задание 3. Запаздывание**

В соответствии с вариантом задания (см. Таблицу 1) взять значение  $j$  и соответствующие ему передаточные функции  $W_3(s)$  и  $W_4(s)$  (см. таблицу 3). Добавьте к каждой функции звено чистого запаздывания  $e^{-\tau s}$ . Для полученных систем:

1. Построить годограф Найквиста для значений коэффициента запаздывания  $\tau = 0$  и  $\tau = 0.5$ .
2. Рассмотреть, как влияет коэффициент запаздывания  $\tau$  на кривую годографа, взяв не менее трех значений  $\tau$ .
3. Найти границы значений коэффициента запаздывания  $\tau$  относительно которых замкнутая система устойчива.
4. Определите значение запаса устойчивости по фазе (*если применимо*).
5. Выполнить моделирование и привести переходные характеристики замкнутой системы при значениях коэффициента  $\tau$  для каждой из определенных областей значений, соответствующих как устойчивой системе, так и неустойчивой.

***Ожидаемые результаты (для каждого объекта):***

- Математическая модель (передаточная функция).
- Годографы Найквиста для различных величин  $\tau$ .
- Пределы значений коэффициента запаздывания  $\tau$ , соответствующие устойчивой замкнутой системе.
- Запас устойчивости по фазе (если применимо).
- Листинги аналитических расчетов.
- Переходные характеристики для коэффициентов  $\tau$ , соответствующих различным областям значений коэффициента.

---

**Контрольные вопросы для подготовки к защите:**

1. Как звучит критерий устойчивости Найквиста для АФЧХ? Для ЛАФЧХ?
2. Как формулируется Принцип аргумента?
3. Почему в критерии Найквиста фигурирует точка (-1;0)?
4. Как применять критерий Найквиста для систем с полюсами, лежащими на мнимой оси?
5. Что такое запас устойчивости по амплитуде? Когда система может иметь бесконечный запас по амплитуде?
6. Что такое запас устойчивости по фазе? Когда система может иметь бесконечный запас по фазе?

Таблица 1: Исходные данные для Заданий 1, 2, 3

Вариант	$p$	$q$	$n$	$m$	$i$	$j$	Вариант	$p$	$q$	$n$	$m$	$i$	$j$
1	3	2	3	3	1	1	16	3	2	3	1	2	4
2	1	4	4	1	2	2	17	5	0	3	2	3	5
3	3	2	2	1	3	3	18	3	2	1	4	4	6
4	3	2	4	2	4	4	19	5	0	4	2	5	1
5	5	0	1	3	5	5	20	5	0	3	1	6	2
6	3	2	4	3	6	6	21	5	0	4	1	7	3
7	1	4	4	4	7	1	22	1	4	4	3	8	4
8	3	2	4	1	8	2	23	1	4	1	3	9	5
9	3	2	2	3	9	3	24	1	4	3	3	10	6
10	3	2	2	4	10	4	25	1	4	2	3	11	1
11	1	4	1	1	11	5	26	1	4	3	4	12	2
12	1	4	2	4	12	6	27	1	4	4	2	13	3
13	3	2	3	4	13	1	28	1	4	2	1	14	4
14	5	0	3	3	14	2	29	1	4	3	1	1	5
15	5	0	2	3	1	3	30	3	2	4	4	2	6

Таблица 2: Исходные данные для Задания 2

$i$	$W_1(s)$	$W_2(s)$	$i$	$W_1(s)$	$W_2(s)$
1	$\frac{s-3}{s^2+7s+4}$	$\frac{100s^2+40s+4}{100s^3-15s^2-8s-0.6}$	8	$\frac{s-3}{s^2+2s+6}$	$\frac{10s^3-13s^2+10s-2}{10s^3+14s^2+5s+0.5}$
2	$\frac{s-2}{s^2+6s+5}$	$\frac{-9s^3+16s^2-6s}{10s^3+12s^2+5s+1}$	9	$\frac{s-1}{s^2+4s+5}$	$\frac{10s^3+5s^2+s-7}{10s^3+2s^2+8s+6}$
3	$\frac{s-4}{s^2+8s+2}$	$\frac{10s^2+9s-1}{10s^3-12s^2-s+4}$	10	$\frac{s-4}{s^2+5s+4}$	$\frac{10s^3-10s^2+50s-38}{10s^3+3s^2+12s+8}$
4	$\frac{s-3}{s^2+9s+3}$	$\frac{10s^2-2s+0.1}{10s^3-20s^2+8s}$	11	$\frac{s-2}{s^2+2s+1}$	$\frac{10s^3-2s^2+15s-23}{10s^3+12s^2+20s+58}$
5	$\frac{s-9}{s^2+s+8}$	$\frac{-80s^3+80s^2+3s-0.04}{100s^3-20s^2-2s+0.3}$	12	$\frac{s-3}{s^2+3s+1}$	$\frac{100s^3+110s^2+10s+0.3}{100s^3-60s^2+6s-1}$
6	$\frac{s-2}{s^2+3s+9}$	$\frac{10s^2+10s+3}{10s^3+s^2}$	13	$\frac{s-1}{s^2+3s+1}$	$\frac{10s^3-3s^2+13s-2}{10s^3+8s^2-5s+4}$
7	$\frac{s-1}{s^2+6s+7}$	$\frac{10s^3+15s^2+18s+6}{10s^3-10s^2}$	14	$\frac{s-0.5}{s^2+s+1}$	$\frac{10s^3+0.6s^2+s-1}{10s^3+7.5s^2+5s+4}$

Таблица 3: Исходные данные для Задания 3

$j$	$W_3(s)$	$W_4(s)$	$j$	$W_3(s)$	$W_4(s)$
1	$\frac{s+7}{s^2+2s+10}$	$\frac{10s^2-5s-15}{10s^3+5s^2+10s+38}$	4	$\frac{5s+10}{s^2+4}$	$\frac{8s^2+4s-12}{10s^2-10s+18}$
2	$\frac{7s+5}{s^2+4s}$	$\frac{20s^2+1.6s+2}{10s^3-10s^2-0.1s+0.1}$	5	$\frac{9s+2}{s^2+6s+1}$	$\frac{8s^2+4s+2.4}{10s^2-5s+11}$
3	$\frac{2s+9}{s^2+s+9}$	$\frac{10s^2-10s+13}{10s^3+37s+25}$	6	$\frac{9s+3}{s^2+3s+5}$	$\frac{10s^2-6s+11}{10s^3-s^2+38s+20}$