

Задание 1. Годограф Найквиста. В соответствии с вариантом задания (см. таблицу 1) придумайте три такие передаточных функции, которые имеют 5 полюсов, p из которых вещественные, а q - комплексно сопряженные.

- Первая передаточная функция должна иметь n неустойчивых полюсов у разомкнутой системы и m неустойчивых полюсов у замкнутой.¹
- 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 полученных систем:

- 1.1. Опишите алгоритм, который вы использовали для составления передаточных функций с необходимыми параметрами, приведите изображения размещения нулей и полюсов разомкнутой и замкнутой систем на комплексной координатной плоскости.
- 1.2. Выполните моделирование и приведите переходные характеристики для замкнутой и разомкнутой систем.
- 1.3. Постройте годограф Найквиста (АФЧХ). Найдите число оборотов годографа по часовой стрелке вокруг точки $(-1; 0)$ и через критерий Найквиста. Сравните результаты.

Примечание: для составления передаточных функций путем размещения нулей и полюсов в рамках данной работы можно воспользоваться следующим вспомогательным веб-инструментом. (<https://web.mit.edu/jorloff/www/jmoapplets/nyquist/nyquistCrit.html>).

Задание 2. Коэффициент усиления. В соответствии с вариантом задания возьмите значение i (см. таблицу 1) и соответствующие ему передаточные функции $W_1(s)$ и $W_2(s)$ (см. таблицу 2). Добавьте к каждой функции коэффициент усиления k . Для полученных систем:

- 2.1. Постройте годограф Найквиста для значения коэффициента усиления $k = 1$.
- 2.2. Рассмотрите, как влияет коэффициент усиления k на кривую годографа.
- 2.3. Найдите зависимость количества неустойчивых полюсов замкнутой системы относительно значений коэффициента усиления k . Определите значение запаса устойчивости по амплитуде. Найдите пределы значений коэффициента усиления k относительно которых система устойчива.

¹Под замкнутой системой подразумевается система, охваченная единичной отрицательной ОС.

- 2.4. Выполните моделирование и приведите переходные характеристики замкнутой системы при значениях коэффициента k для устойчивого и неустойчивого случаев.

Задание 3. Запаздывание. В соответствии с вариантом задания возьмите значение j (см. таблицу 1) 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:

- 3.1. Постройте годограф Найквиста для значения коэффициента запаздывания $\tau = 0$ и $\tau = 0.5$.
- 3.2. Рассмотрите, как влияет коэффициент запаздывания τ на кривую годографа.
- 3.3. Найдите зависимость неустойчивости замкнутой системы относительно значений коэффициента запаздывания τ . Определите значение запаса устойчивости по фазе. Найдите пределы значений коэффициента запаздывания τ относительно которых система устойчива.
- 3.4. Выполните моделирование и приведите переходные характеристики замкнутой системы при значениях коэффициента τ для устойчивого и неустойчивого случаев.

Задание 4. (Дополнительное) Творческое. Придумайте четыре системы, которые будут удовлетворять следующим условиям:

- 4.1. Система, имеющая бесконечный запас по амплитуде.
- 4.2. Система, имеющая бесконечный запас по фазе.
- 4.3. Система, которая теряет асимптотическую устойчивость при появлении любого запаздывания.
- 4.4. Система, которая теряет асимптотическую устойчивость при появлении любого запаздывания, но остаётся устойчивой по Ляпунову.

Для каждой найденной системы постройте годограф Найквиста и переходную характеристику.

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

Номер варианта	p	q	n	m	i	j	Номер варианта	p	q	n	m	i	j
Вариант 1	3	2	3	3	1	1	Вариант 11	3	2	3	1	11	5
Вариант 2	1	4	4	1	2	2	Вариант 12	5	0	3	2	12	6
Вариант 3	3	2	2	1	3	3	Вариант 13	3	2	1	4	13	1
Вариант 4	3	2	4	2	4	4	Вариант 14	5	0	4	2	14	2
Вариант 5	5	0	1	3	5	5	Вариант 15	5	0	3	1	1	3
Вариант 6	3	2	4	3	6	6	Вариант 16	5	0	4	1	2	4
Вариант 7	1	4	4	4	7	1	Вариант 17	1	4	4	3	3	5
Вариант 8	3	2	4	1	8	2	Вариант 18	1	4	1	3	4	6
Вариант 9	3	2	2	3	9	3	Вариант 19	1	4	3	3	5	1
Вариант 10	3	2	2	4	10	4	Вариант 20	1	4	2	3	6	2

Номер варианта	p	q	n	m	i	j	Номер варианта	p	q	n	m	i	j
Вариант 21	1	4	1	1	7	3	Вариант 31	1	4	3	4	3	1
Вариант 22	1	4	2	4	8	4	Вариант 32	1	4	4	2	4	2
Вариант 23	3	2	3	4	9	5	Вариант 33	1	4	2	1	5	3
Вариант 24	5	0	3	3	10	6	Вариант 34	1	4	3	1	6	4
Вариант 25	5	0	2	3	11	1	Вариант 35	3	2	4	4	7	5
Вариант 26	5	0	1	4	12	2	Вариант 36	1	4	1	2	8	6
Вариант 27	3	2	2	2	13	3	Вариант 37	5	0	3	4	9	1
Вариант 28	3	2	1	2	14	4	Вариант 38	3	2	3	2	10	2
Вариант 29	5	0	2	4	1	5	Вариант 39	5	0	4	3	11	3
Вариант 30	3	2	1	3	2	6	Вариант 40	5	0	4	4	12	4

Таблица 2: Исходные данные для задания 2

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

i	$W_1(s)$	$W_2(s)$
10	$\frac{s-4}{s^2+5s+4}$	$\frac{10s^3-10s^2+50s-38}{10s^3+3s^2+12s+8}$
11	$\frac{s-2}{s^2+2s+s}$	$\frac{10s^3-2s^2+15s-23}{10s^3+12s^2+20s+58}$
12	$\frac{s-3}{s^2+3s+1}$	$\frac{100s^3+110s^2+10s+0.3}{100s^3-60s^2+6s-1}$
13	$\frac{s-1}{s^2+3s+1}$	$\frac{10s^3-3s^2+13s-2}{10s^3+8s^2+5s+4}$
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	$W_3(s)$	$W_4(s)$
1	$\frac{s+7}{s^2+2s+10}$	$\frac{10s^2-5s-15}{10s^3+5s^2+10s+38}$
2	$\frac{7s+5}{s^2+4s}$	$\frac{20s^2+1.6s+2}{10s^3-10s^2-0.1s+0.1}$
3	$\frac{2s+9}{s^2+s+9}$	$\frac{10s^2-10s+13}{10s^3+37s+25}$
4	$\frac{5s+10}{s^2+4}$	$\frac{8s^2+4s-12}{10s^2-10s+18}$
5	$\frac{9s+2}{s^2+6s+1}$	$\frac{8s^2+4s+2.4}{10s^2-5s+11}$
6	$\frac{9s+3}{s^2+3s+5}$	$\frac{10s^2-6s+11}{10s^3-s^2+38s+20}$