

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

Факультет систем управления и робототехники

Лабораторная работа № 6
по дисциплине
“Теория автоматического управления”

Выполнил: студент группы R33353

Дюжев В.Д.

Преподаватель: Пашенко А.В.

Санкт-Петербург 2023

Предисловие

При выполнении лабораторной работы была использована библиотека Python control library. Полный листинг расчетной программы приведен в [репозитории](#) GitHub.

$$p = 5, q = 0, n = 4, m = 1$$

Задание 1. Годограф Найквиста.

Рассмотрим передаточную функцию системы в общем виде:

$$W(s) = \frac{N_{sys}}{D_{sys}}. \text{ За устойчивость открытой системы отвечают корни}$$

D_{sys} . Передаточная функция замкнутой системы: $\frac{N_{sys}}{D_{sys} + N_{sys}}$. Таким образом выбрав желаемые корни для открытой (D_{sys}) и замкнутой

(D_{closed}) системы можем найти $N_{sys} = D_{closed} - D_{sys}$.

Выберем 3 функции, удовлетворяющие условиям:

$$W_1 = \frac{33s^4 + 242s^3 - 297s^2 - 9218s - 30360}{s^5 - 5s^4 - 15s^3 + 125s^2 - 226s + 120}$$
$$W_2 = \frac{13s^4 + 142s^3 - 397s^2 - 9718s - 30360}{s^5 + 15s^4 + 85s^3 + 225s^2 + 274s + 120}$$
$$W_3 = \frac{45s^4 + 650s^3 + 4875s^2 + 19750s + 30120}{s^5 - 5s^4 - 15s^3 + 125s^2 - 226s + 120}$$

Проведем моделирование для получения переходных характеристик систем, а также построим годографы Найквиста:

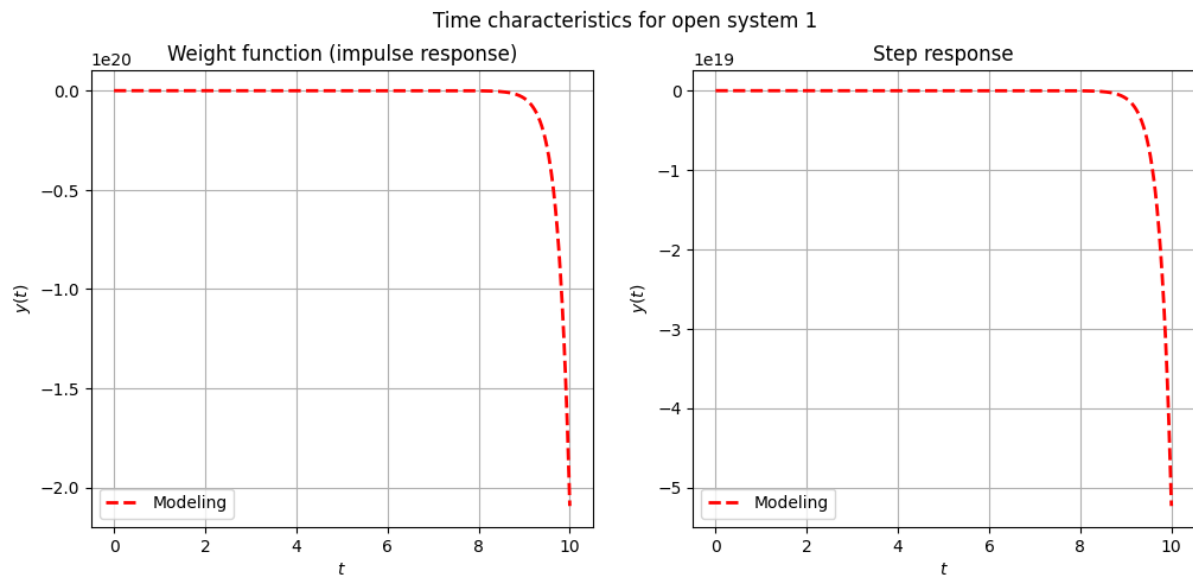


рис.1

Открытая система 1 имеет 4 неустойчивых полюса.

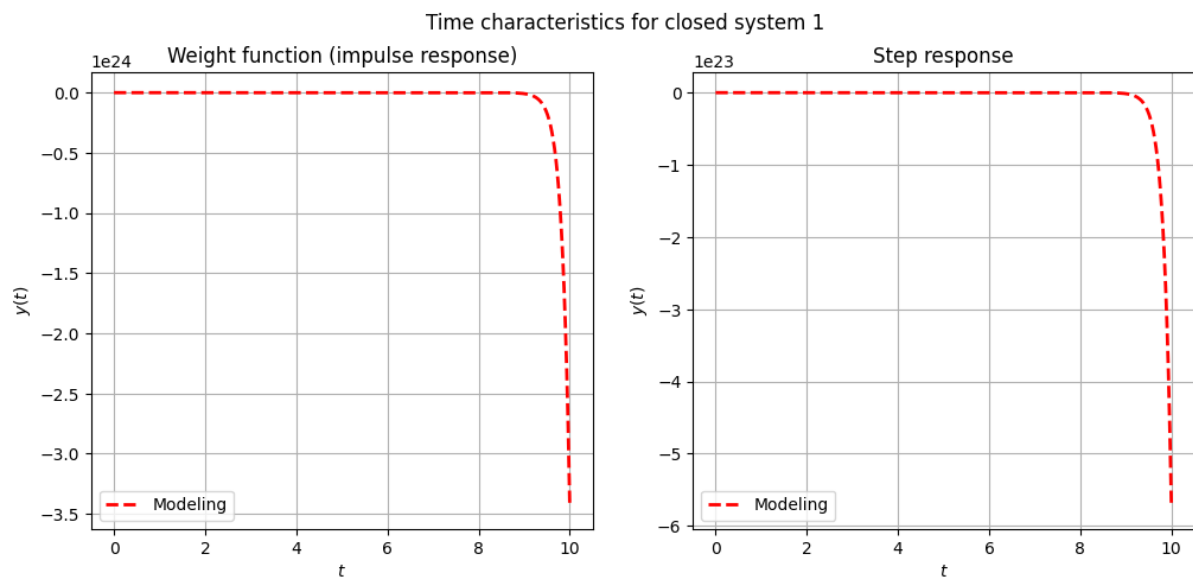


рис.2

Замкнутая система 1 имеет 1 неустойчивый полюс.

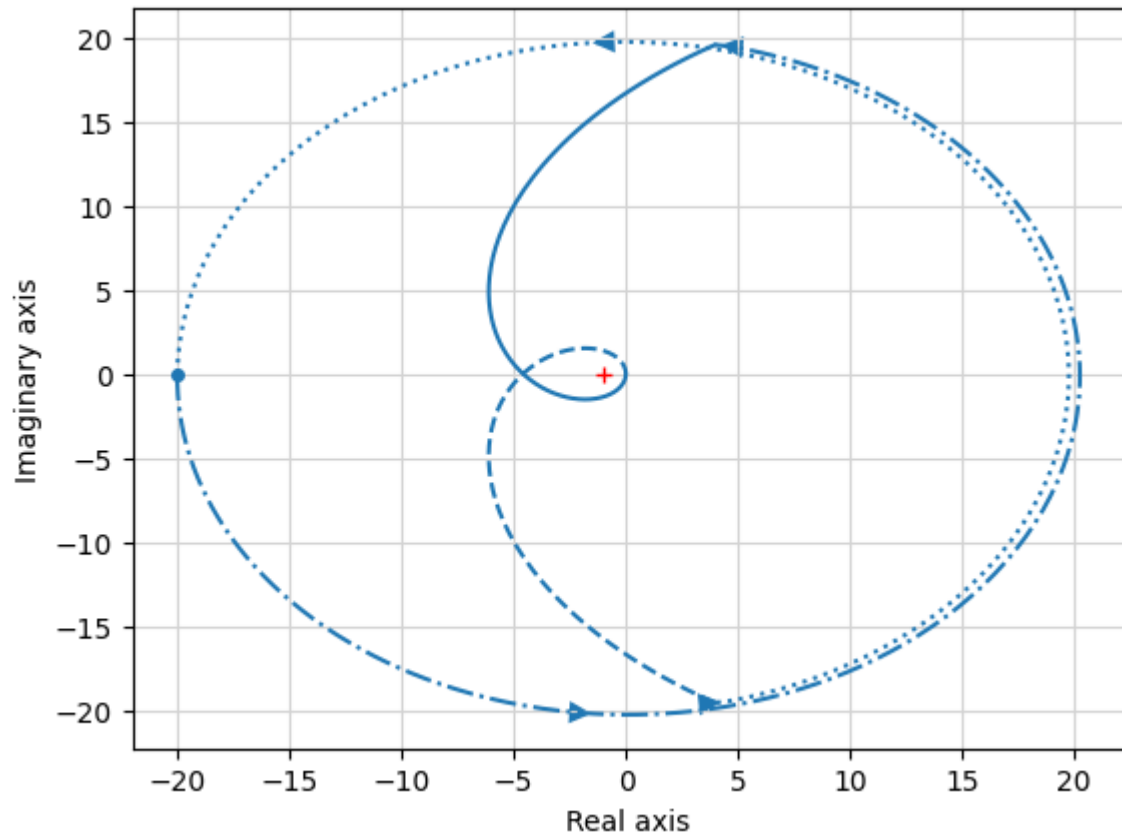


рис. 3

Количество оборотов в годографе Найквиста по часовой стрелке для системы 1: -3.

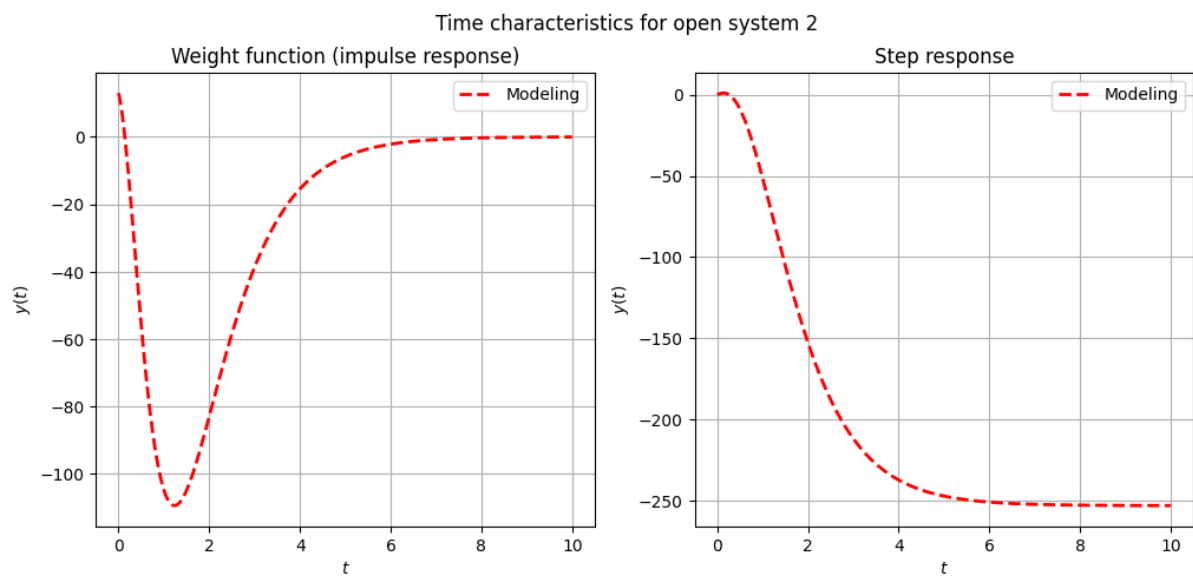


рис.4

Открытая система 2 имеет 0 неустойчивых полюсов.

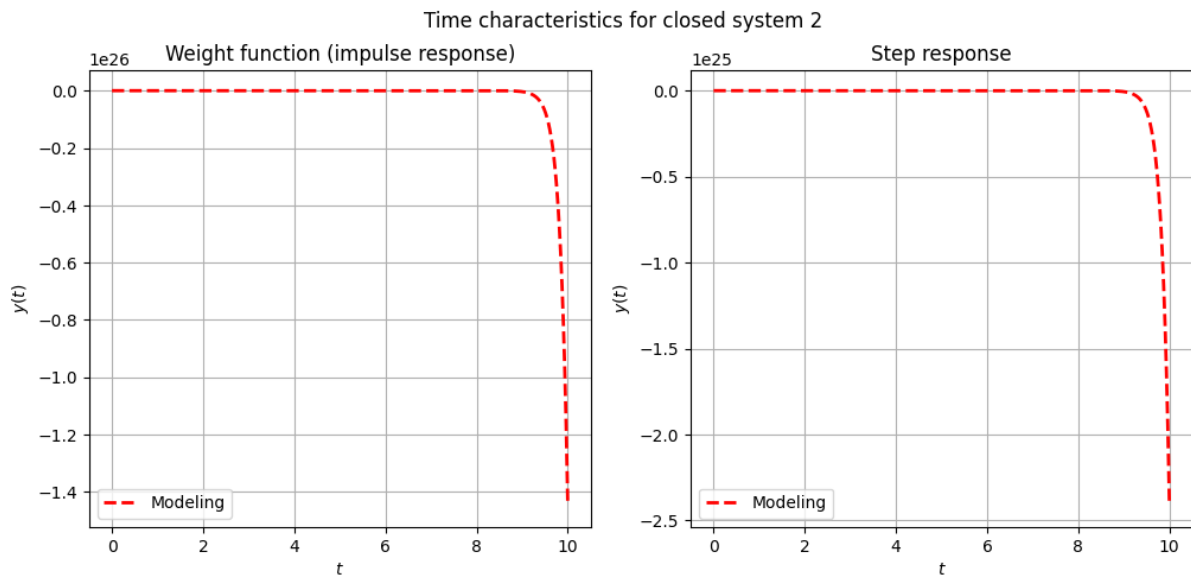


рис.5

Замкнутая система 2 имеет 1 неустойчивый полюс.

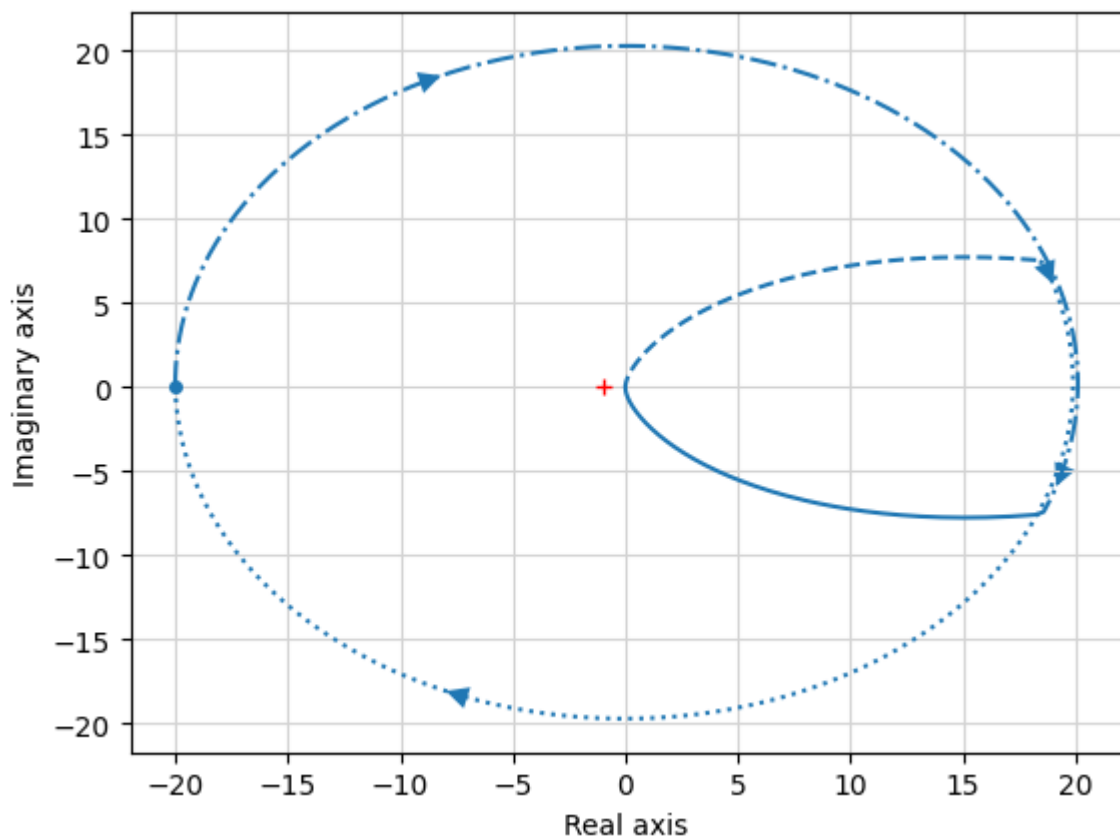


рис. 6

Количество оборотов в годографе Найквиста по часовой стрелке для системы 2: 1.

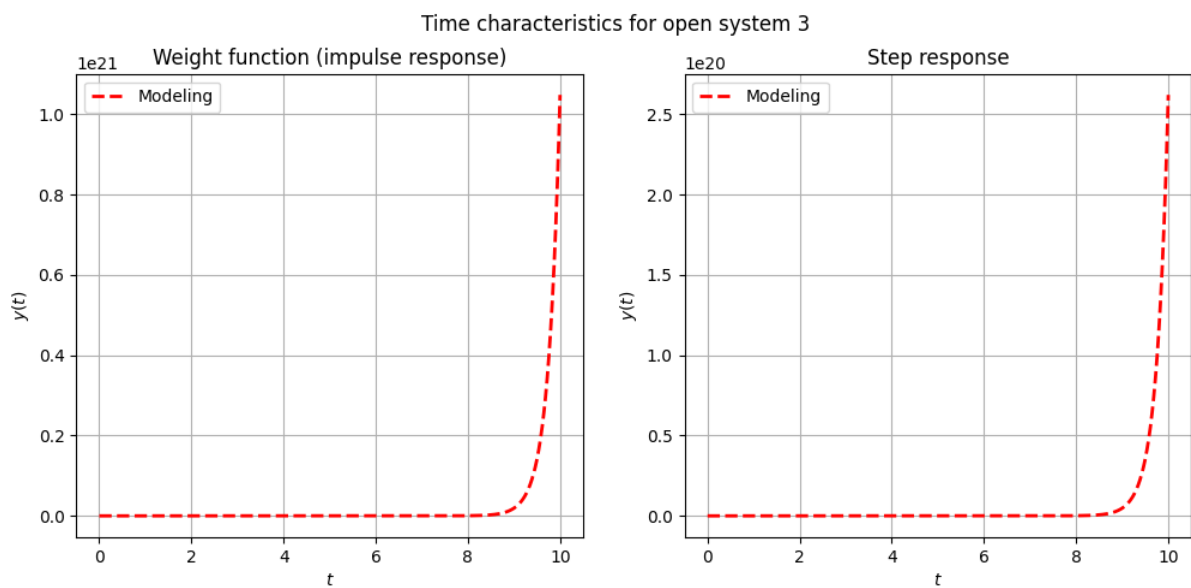


рис.7

Открытая система 3 имеет 4 неустойчивых полюсов.

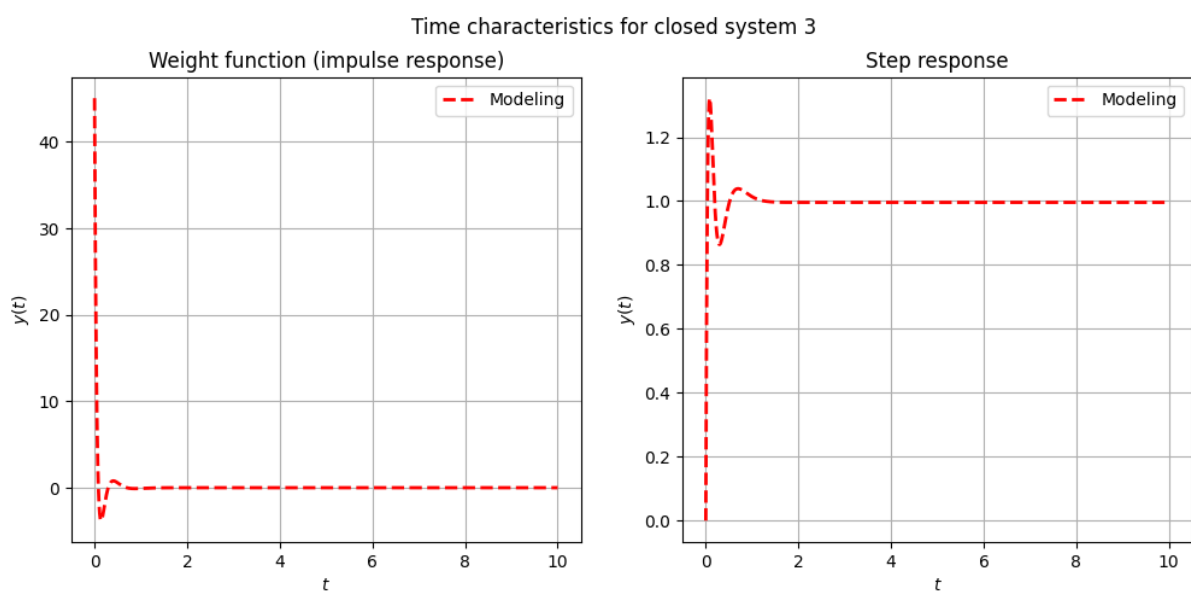


рис.8

Замкнутая система 3 имеет 0 неустойчивых полюсов.

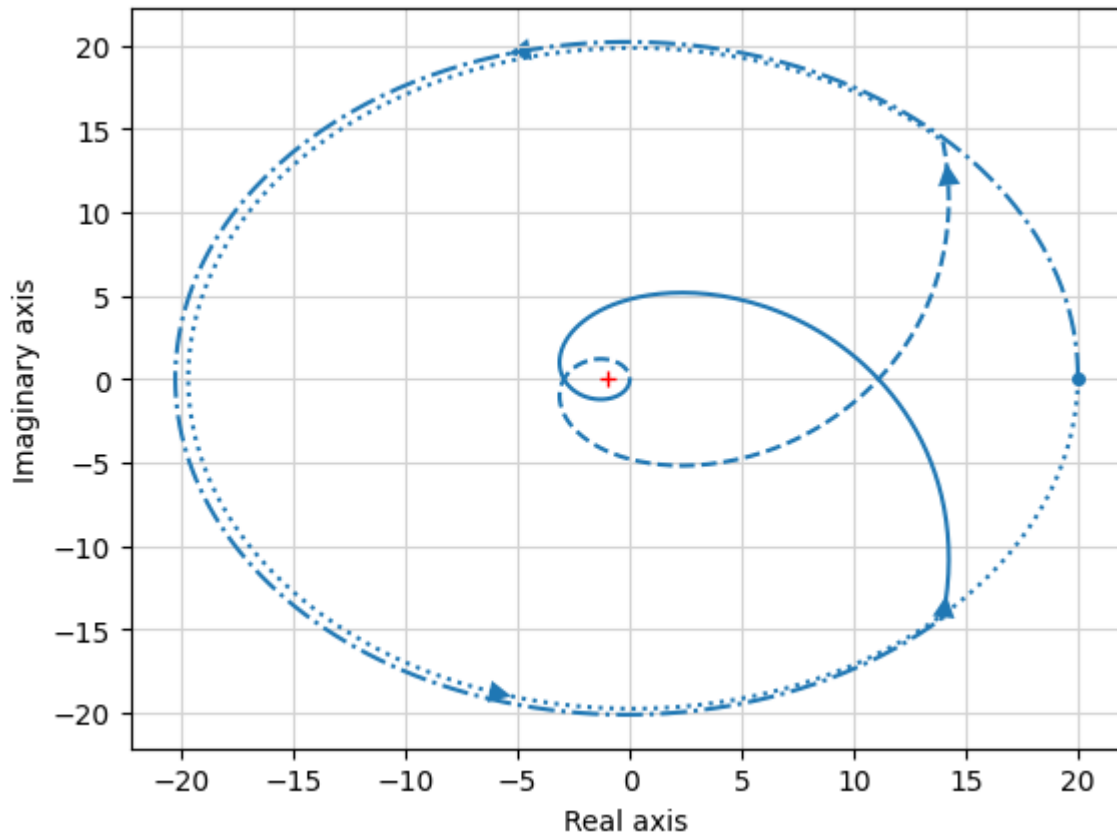


рис. 9

Количество оборотов в годографе Найквиста по часовой стрелке для системы 3: -4.

Задание 2. Коэффициент усиления.

$$W_1 = \frac{s-1}{s^2+6s+5}, W_2 = \frac{-9s^3+16s^2-6s}{10s^3+12s^2+5s+1}$$

Изначально обе системы не имеют неустойчивых полюсов.

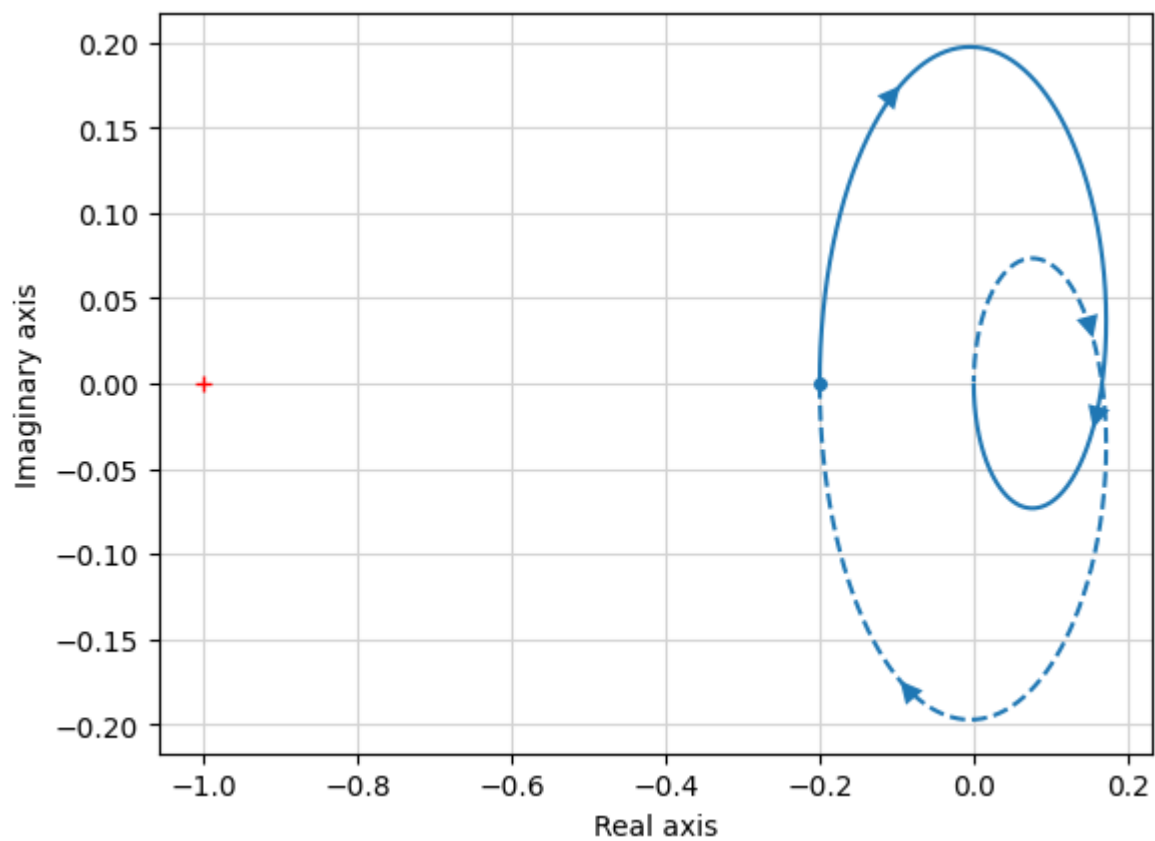


рис. 10. Годограф Найквиста 1 системы для $k = 1$ (количество оборотов: 0)

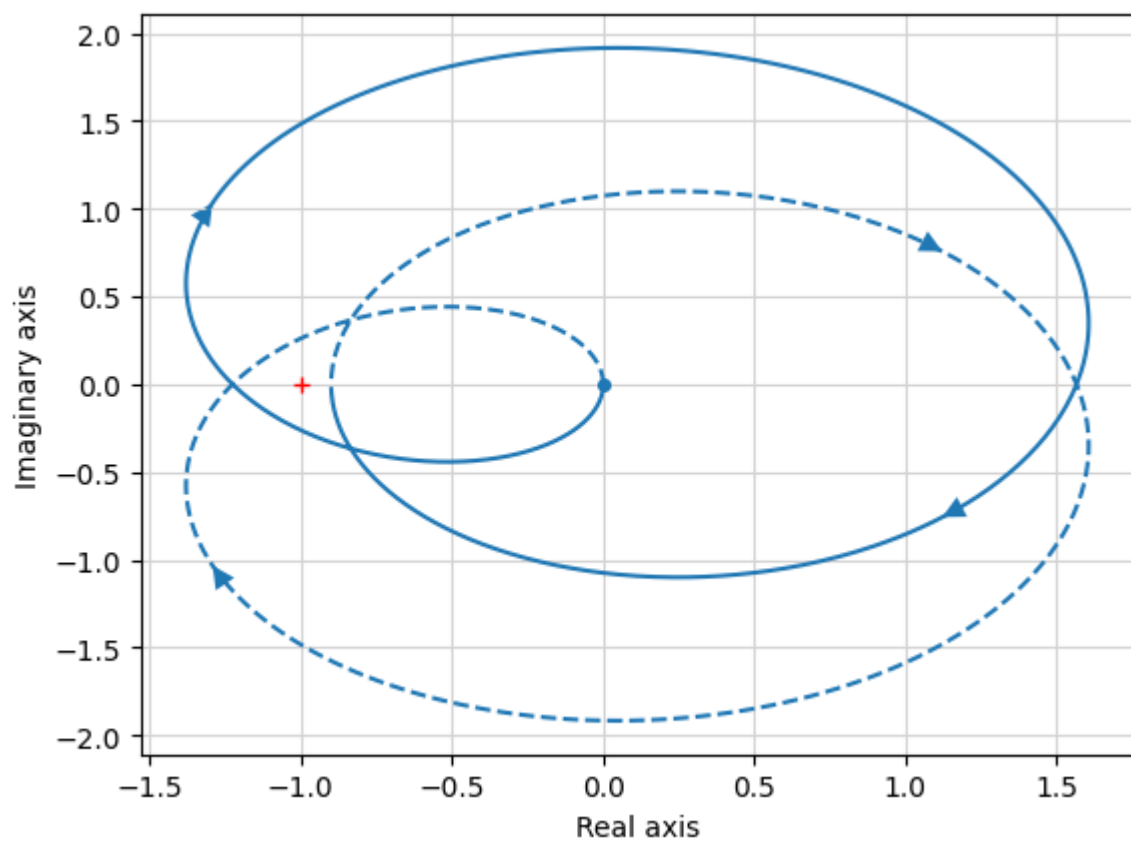


рис. 11. Годограф Найквиста 2 системы для $k = 1$ (количество оборотов: 2)

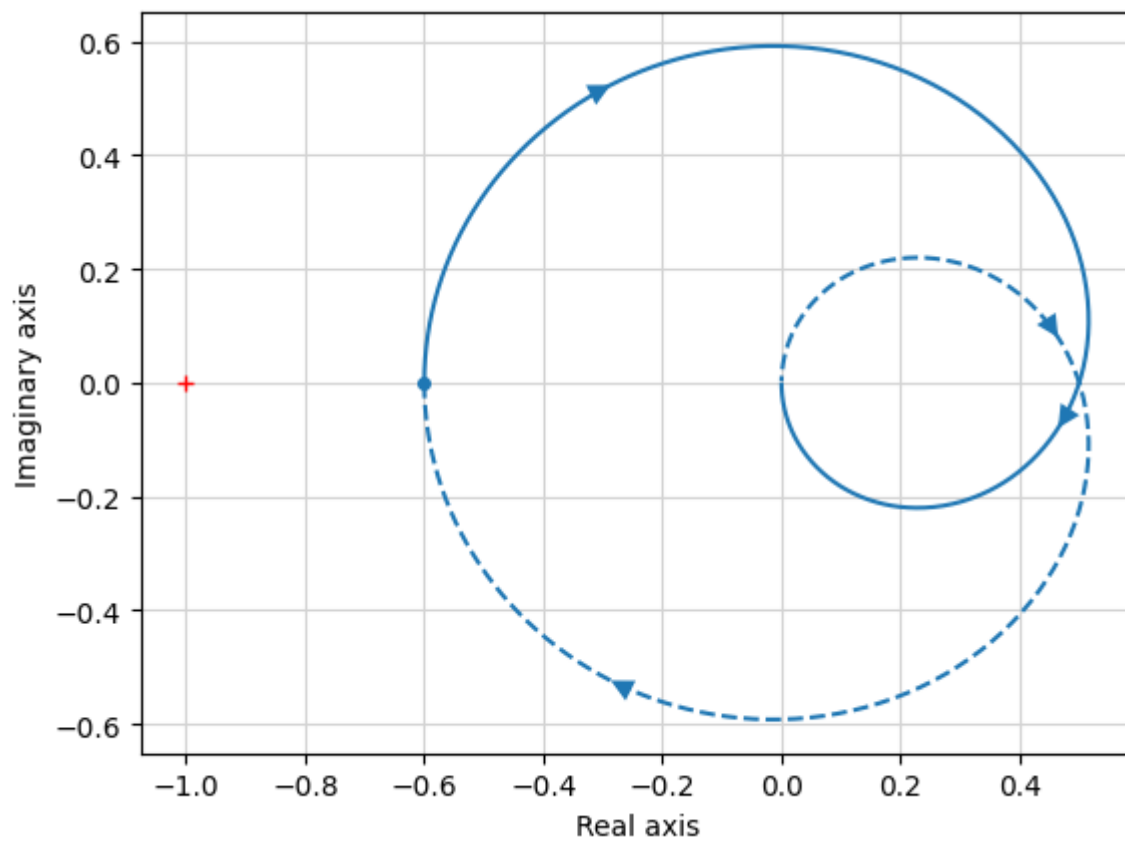


рис. 12. Годограф Найквиста 1 системы для $k = 3$ (количество оборотов: 0)

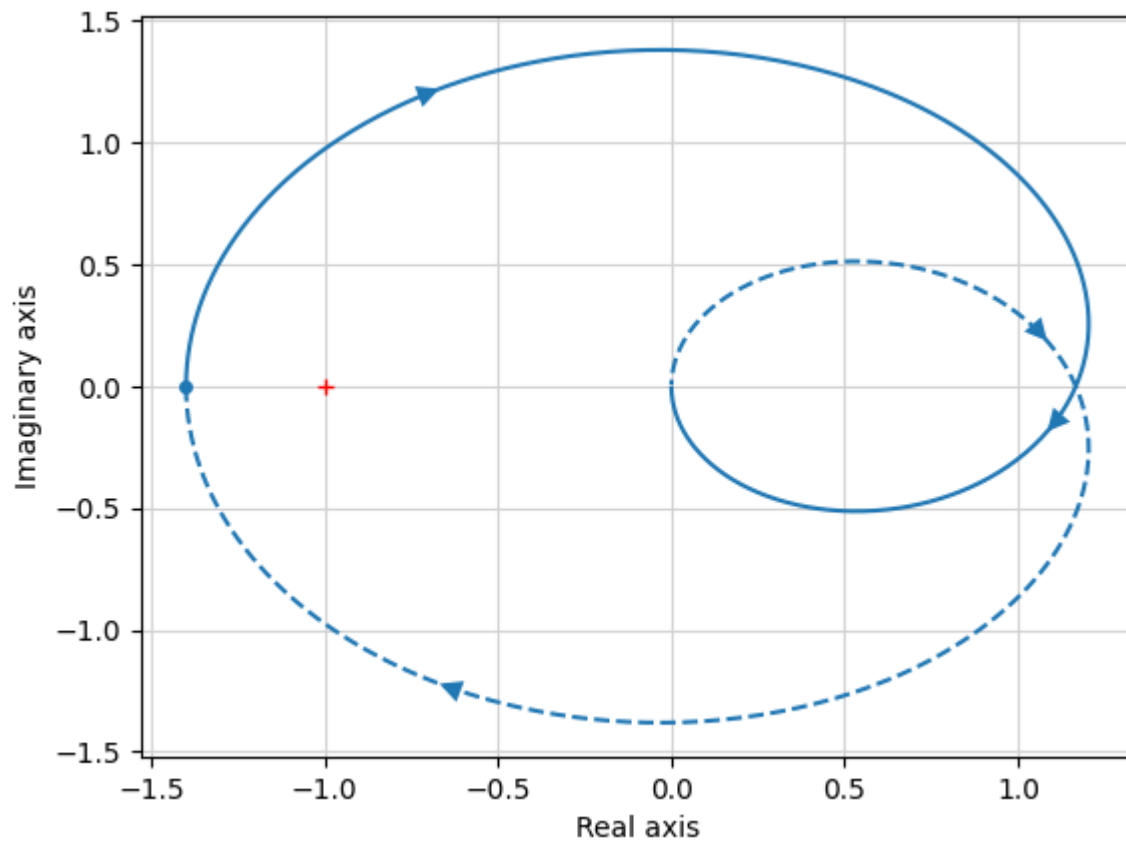


рис. 13. Годограф Найквиста 1 системы для $k = 7$ (количество оборотов: 1)

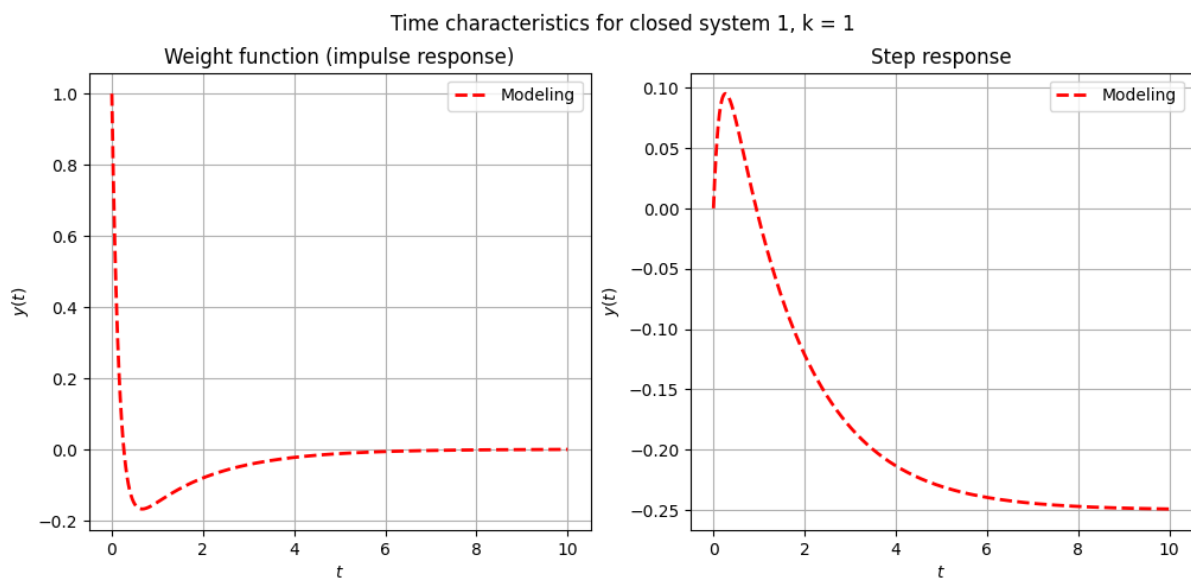


рис. 14. Устойчивая система 1

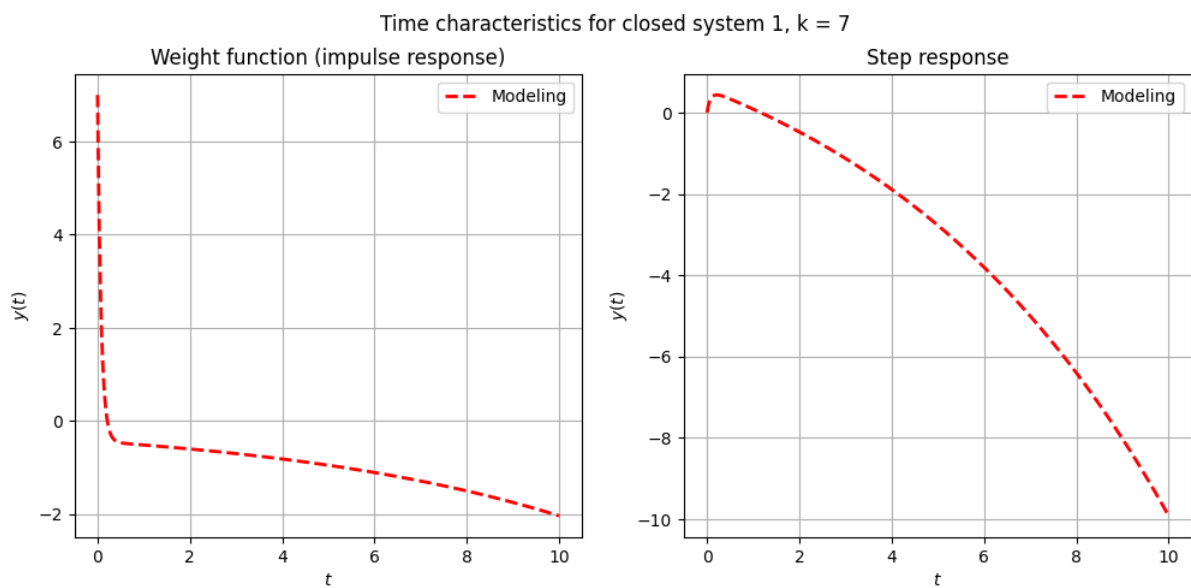


рис. 15. Неустойчивая система 1

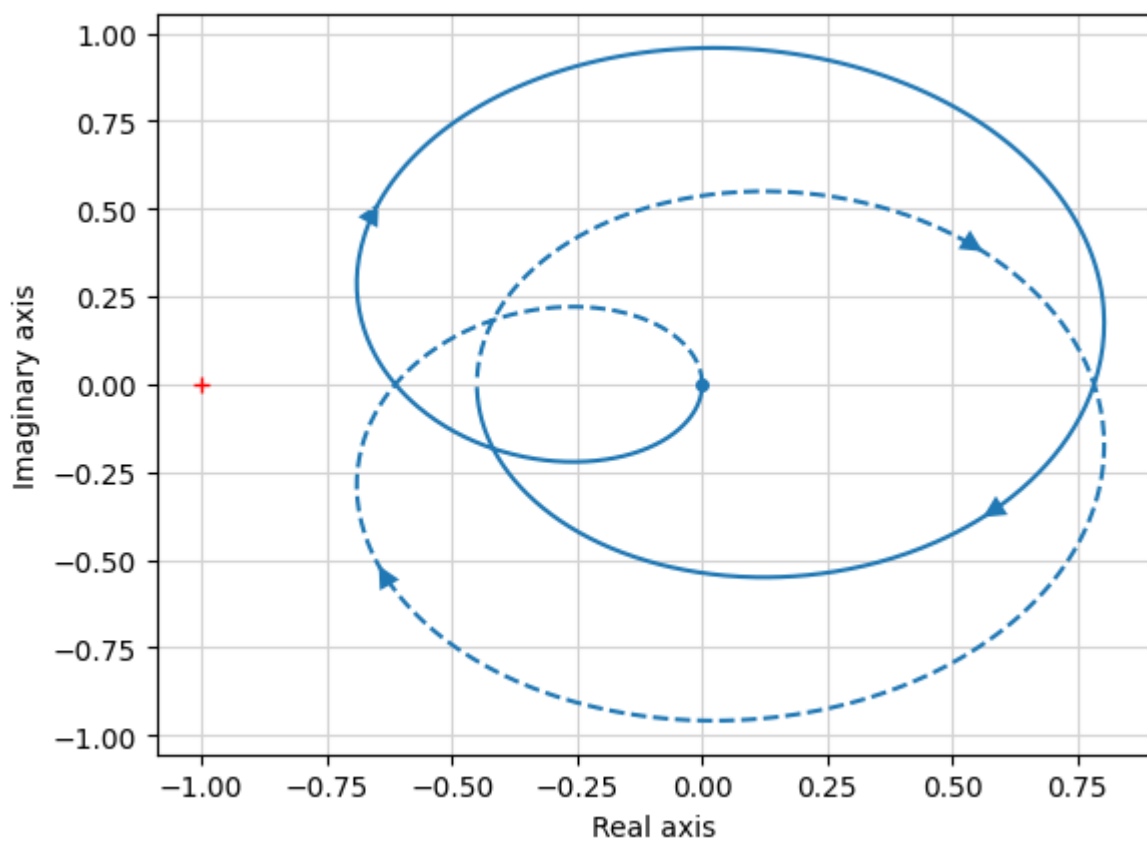


рис. 16. Годограф Найквиста 2 системы для $k = 0.5$ (количество оборотов: 0)

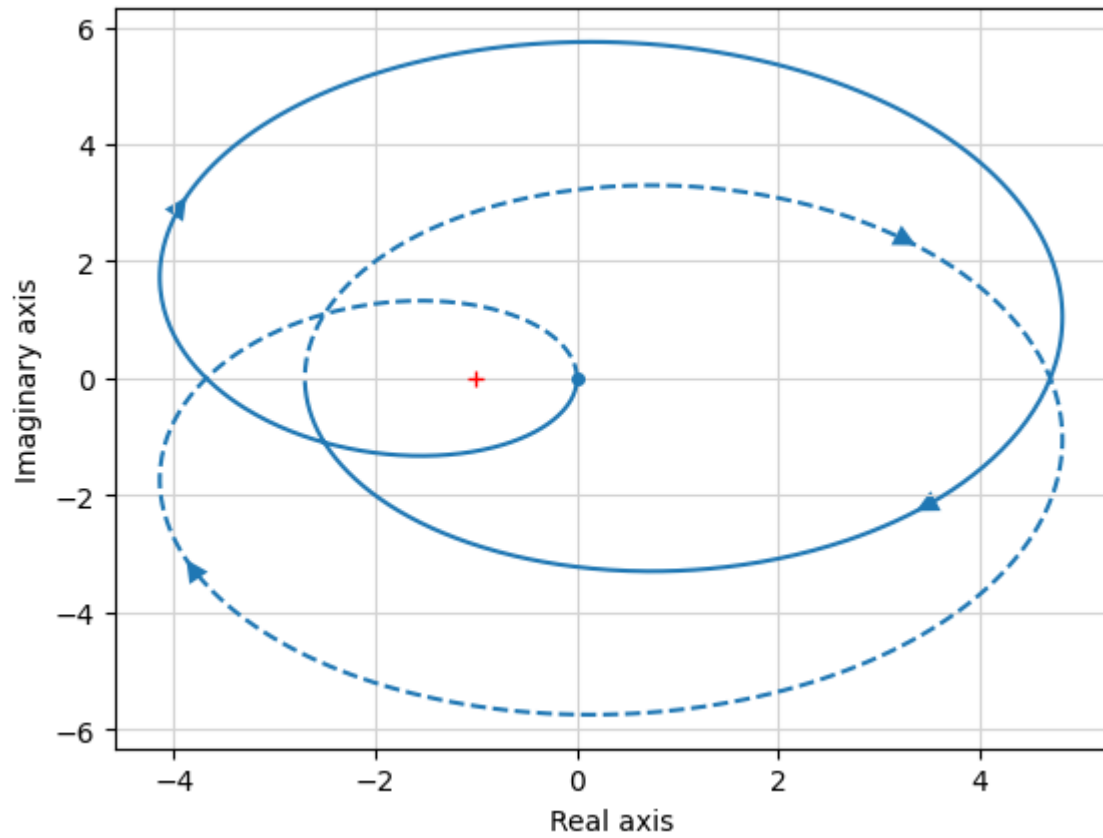


рис. 17. Годограф Найквиста 2 системы для $k = 3$ (количество оборотов: 3)

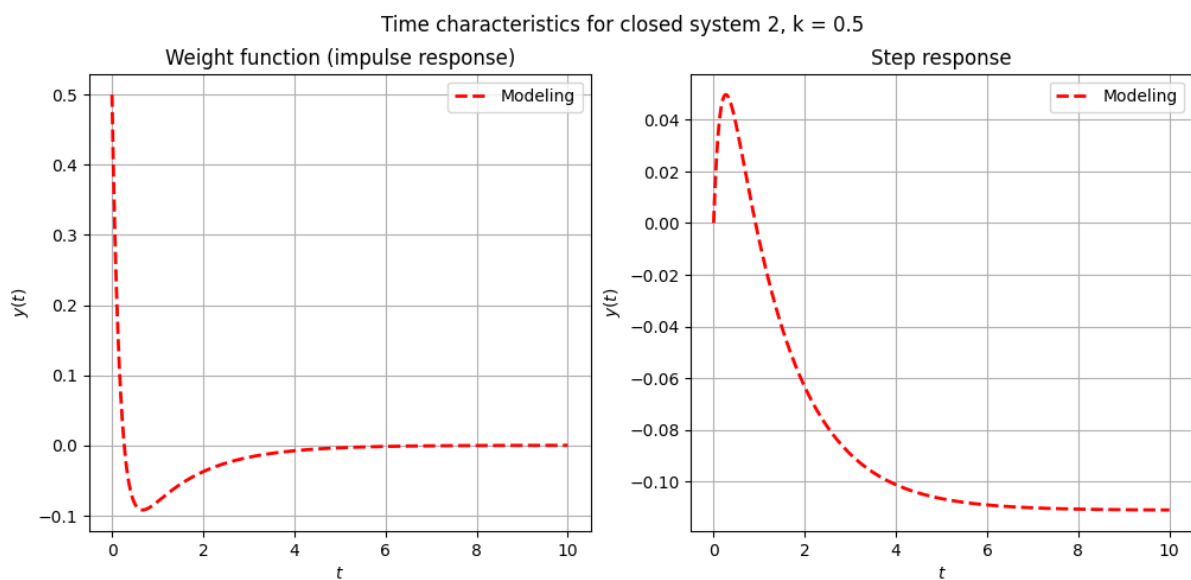


рис. 18. Устойчивая система 2

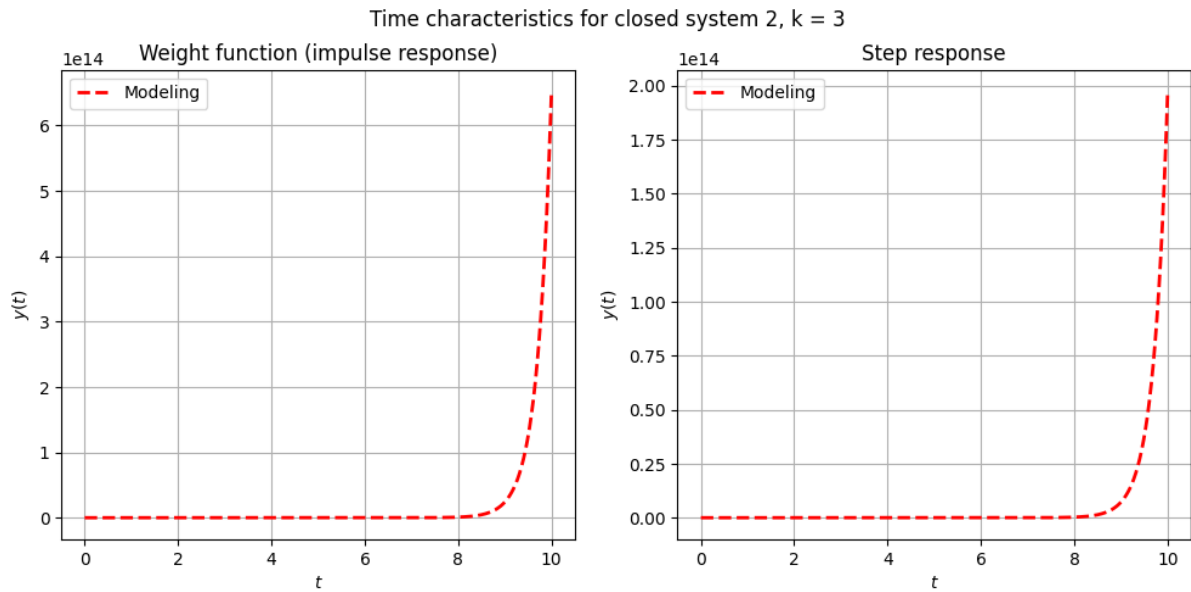


рис. 19. Неустойчивая система 2

Запас устойчивости по амплитуде для первой системы: 5 (при $k < 5$ система устойчива, т.к. не добавляются неустойчивые полюса при замыкании).

Запас устойчивости по амплитуде для второй системы: 0.81 (при $k < 0.81$ система устойчива, т.к. не добавляются неустойчивые полюса при замыкании).

Задание 3. Запаздывание.

$$W_3 = \frac{5s+10}{s^2+4}, \quad W_4 = \frac{8s^2+4s-12}{10s^2-10s+18}$$

Третья система имеет консервативные полюса, четвертая - 2 неустойчивых.

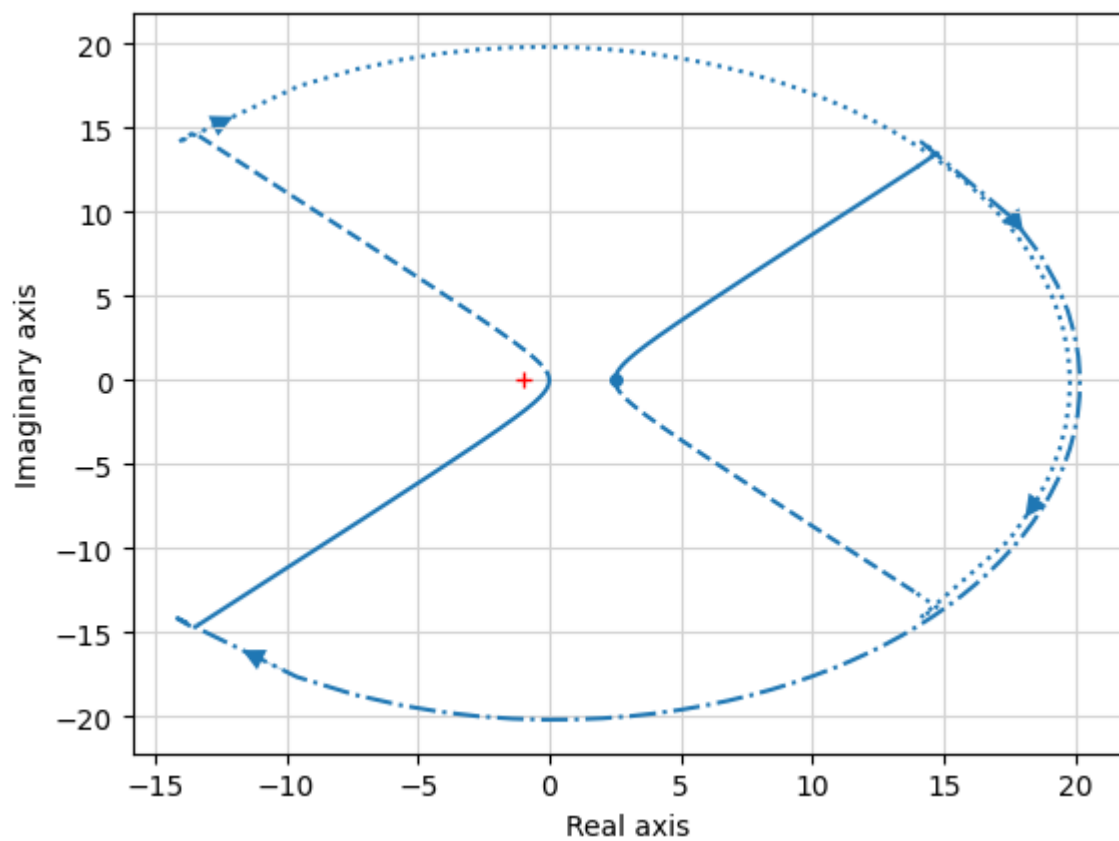


рис. 20. Годограф Найквиста 3 системы, $\tau = 0$ (обороты: 0)

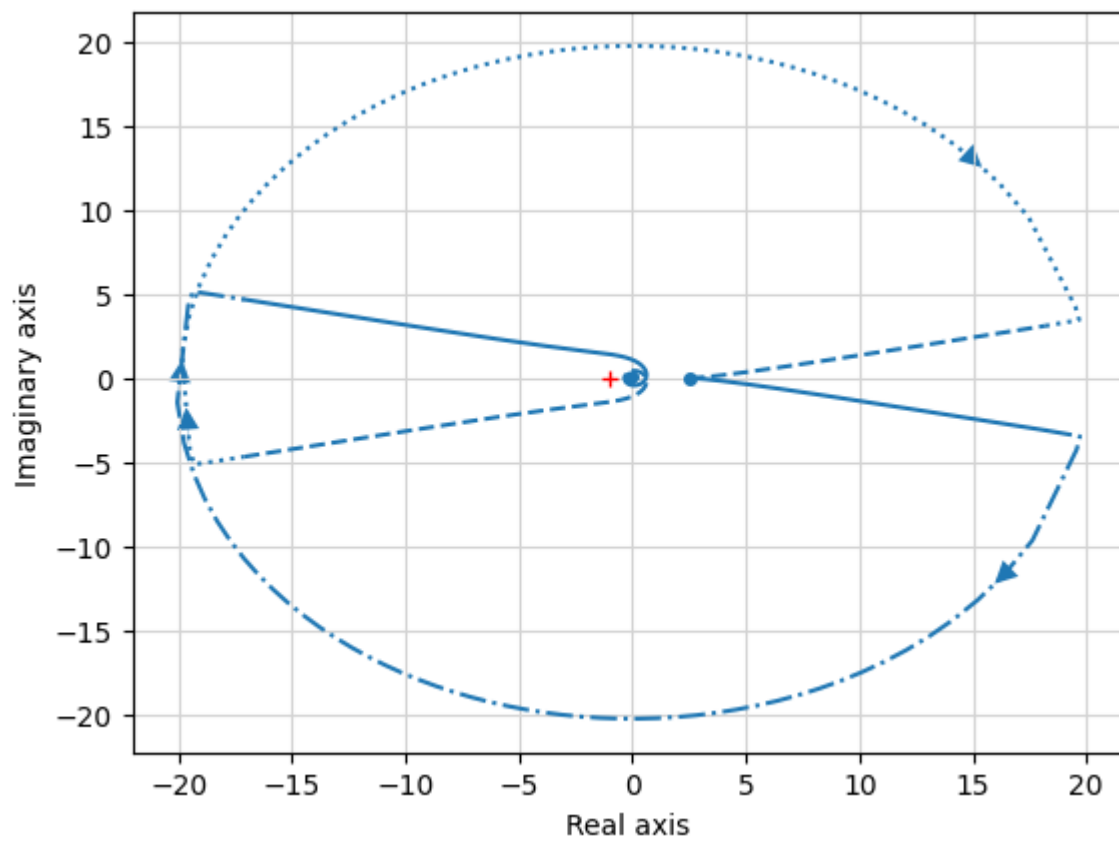


рис. 21. Годограф Найквиста 3 системы, $\tau = 0.5$ (обороты: 2)

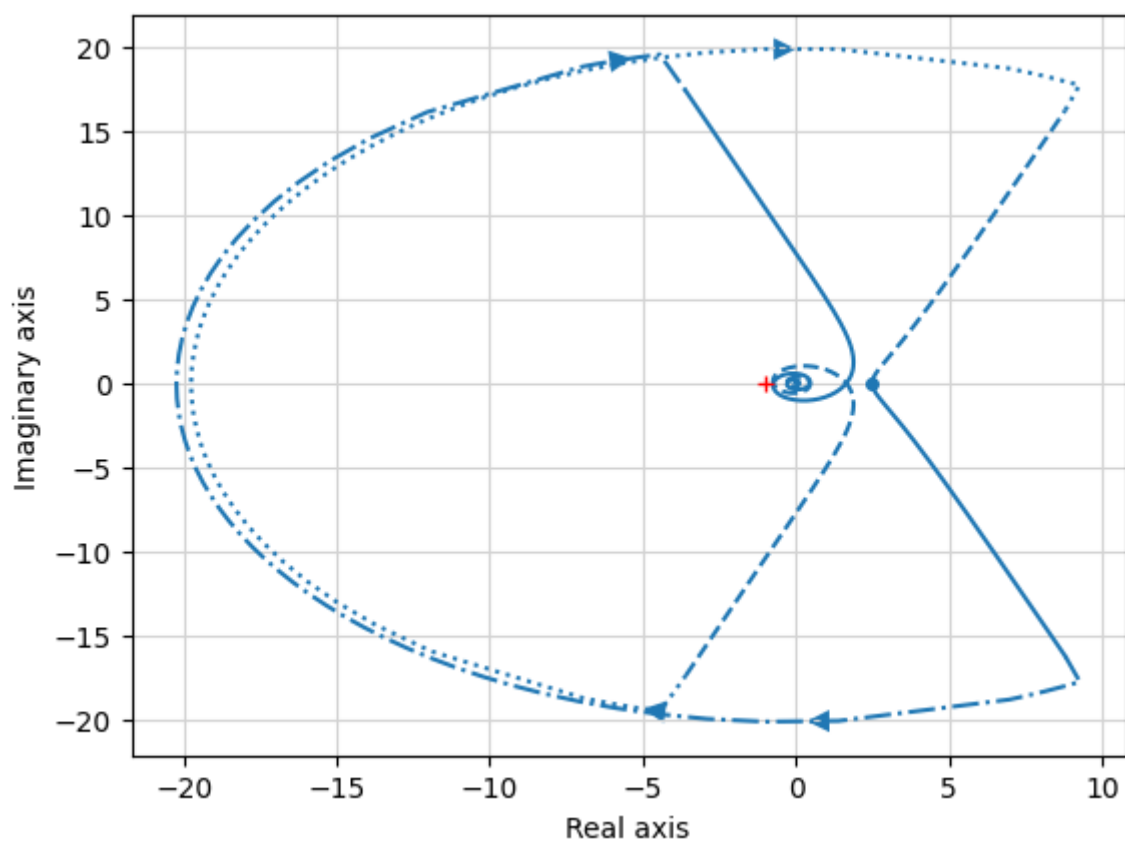


рис. 22. Годограф Найквиста 3 системы, 1 (обороты: 2)

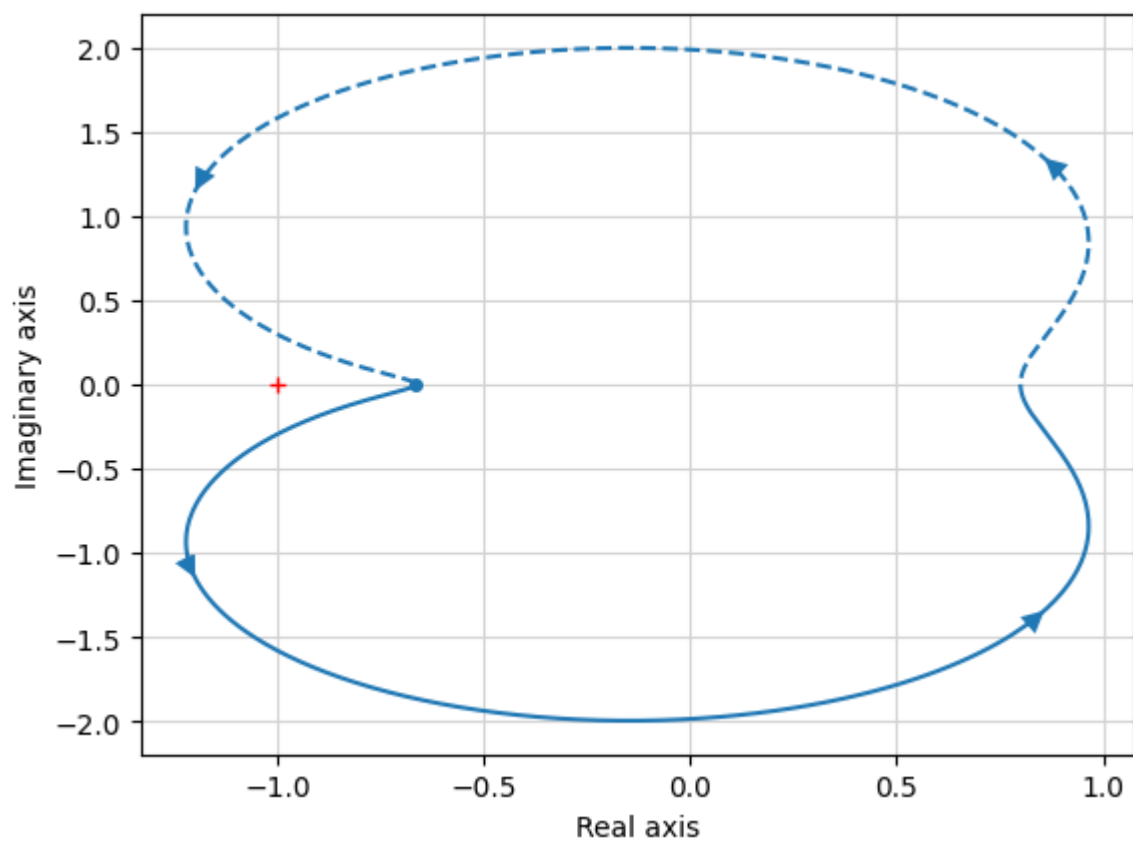


рис. 23. Годограф Найквиста 4 системы, $\tau = 0$ (обороты: 0)

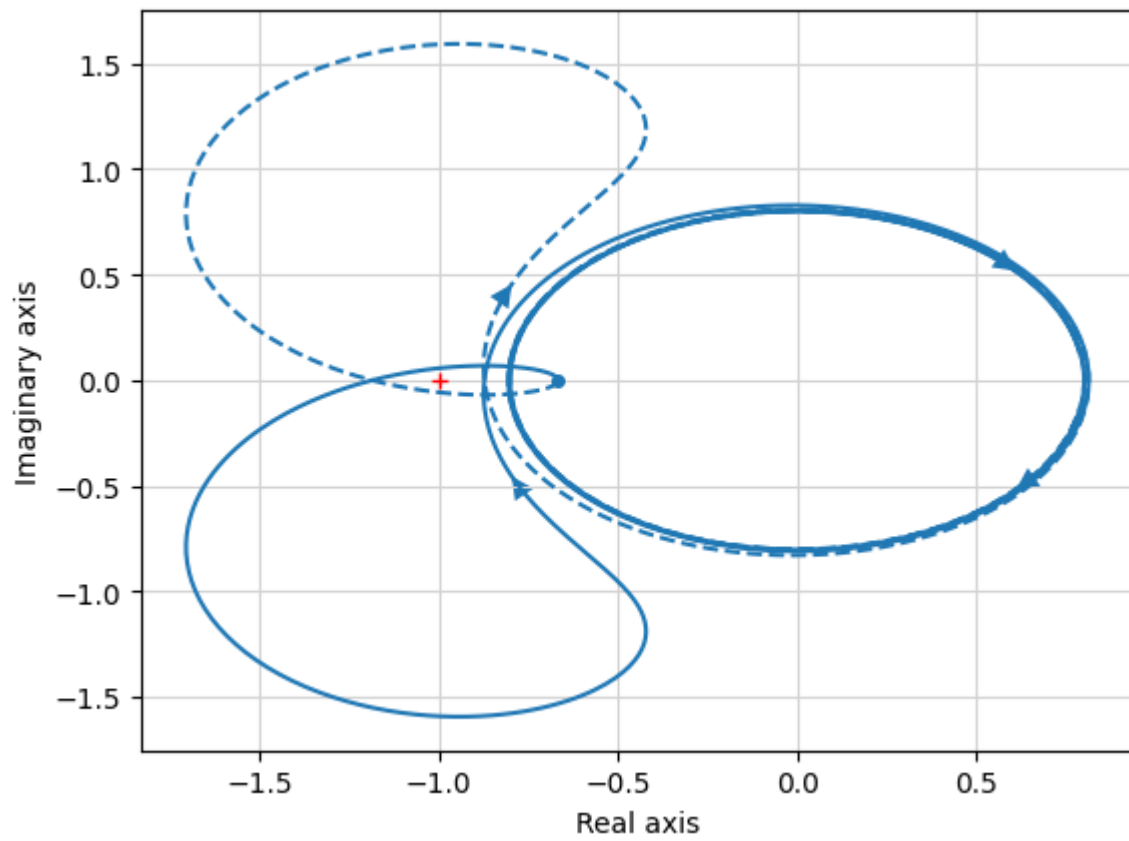


рис. 24. Годограф Найквиста 4 системы, $\tau = 0.5$ (обороты: -2)

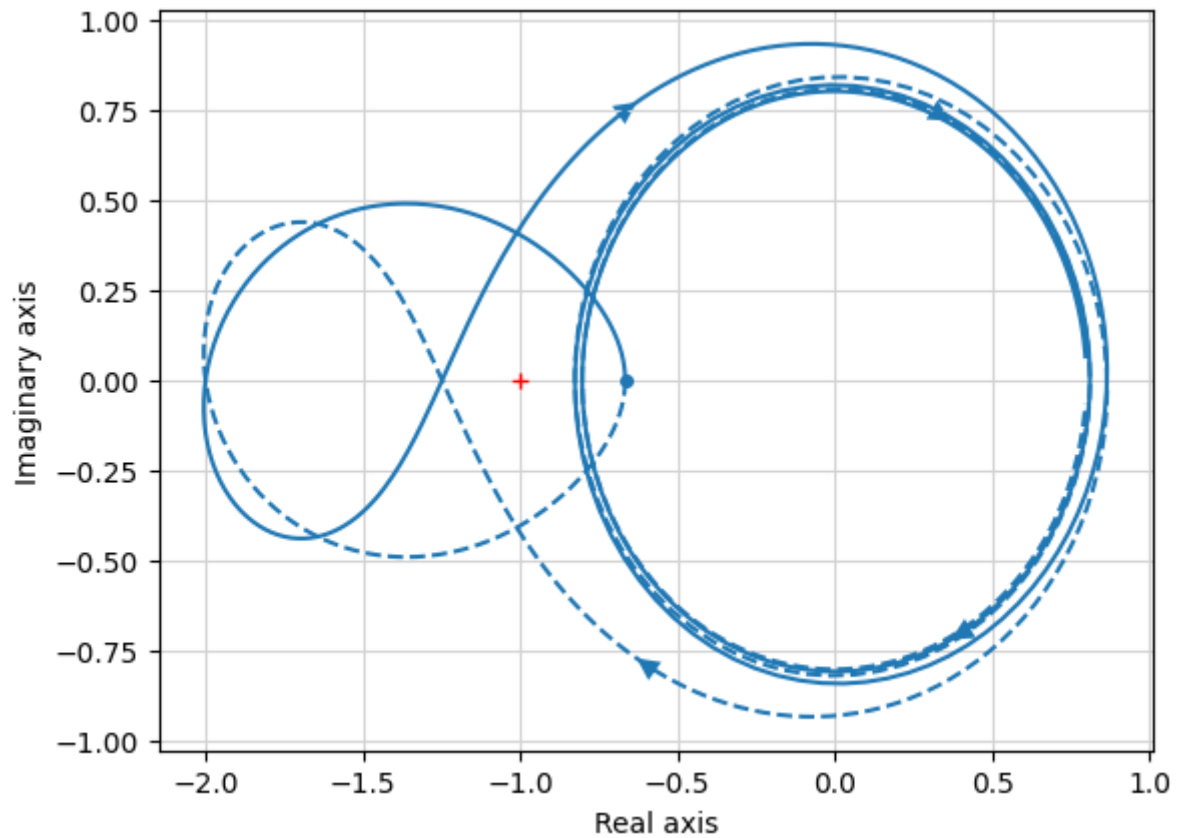


рис. 25. Годограф Найквиста 4 системы, $\tau = 0.5$ (обороты: 0)

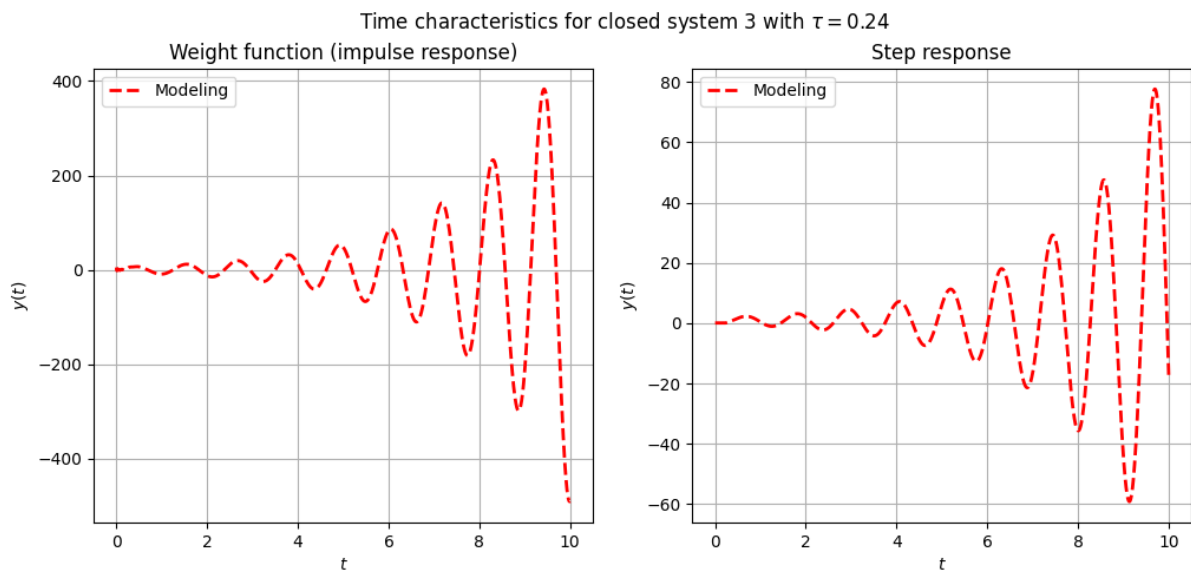


рис. 26. Устойчивая система 3

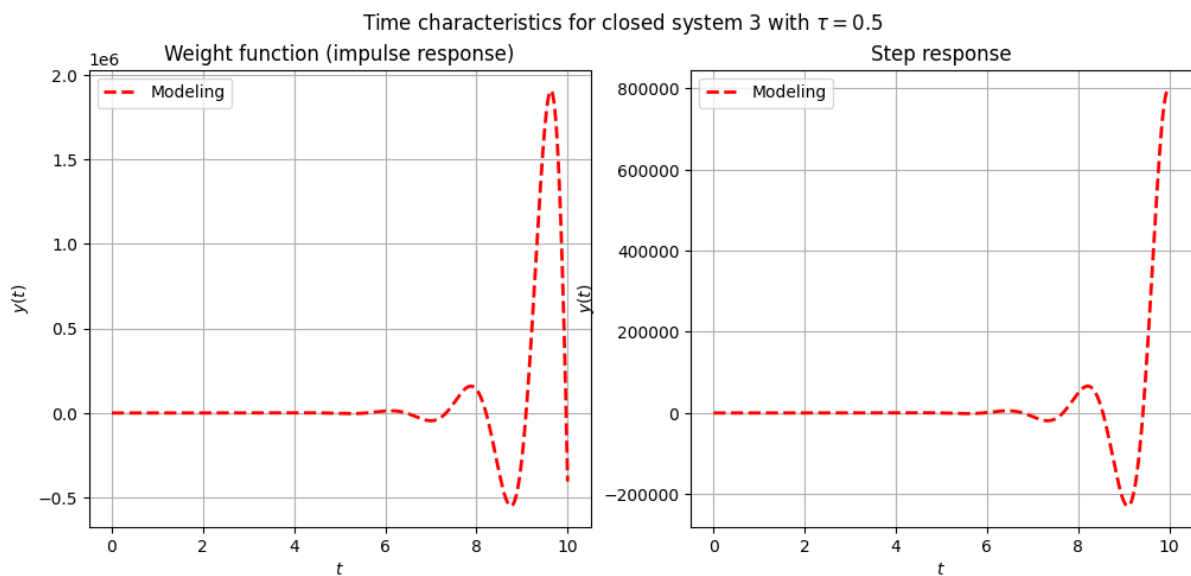


рис. 27. Неустойчивая система 3

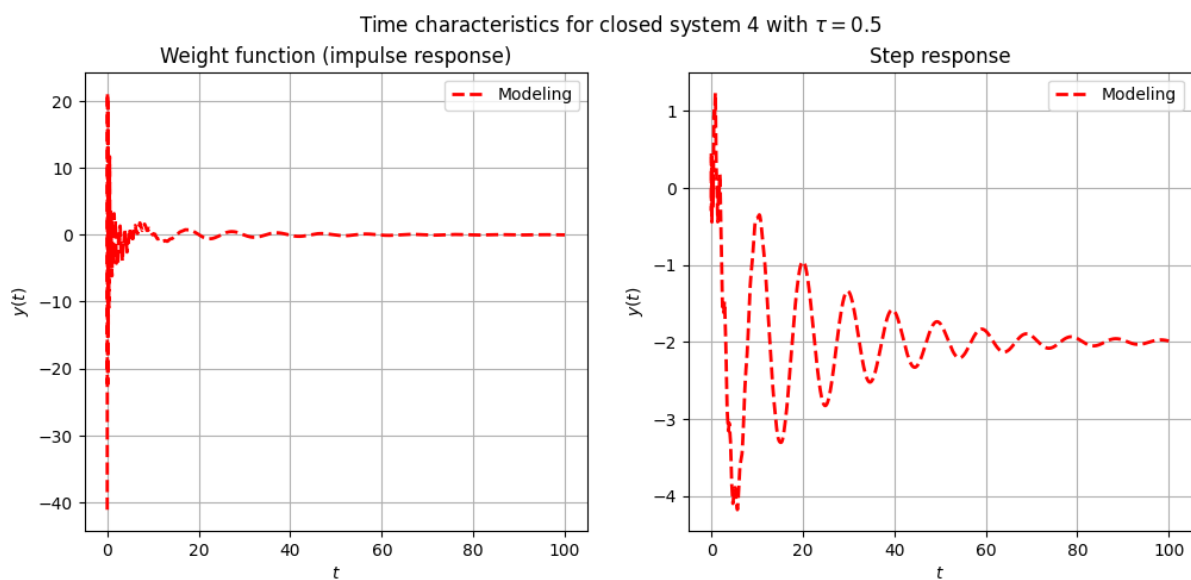


рис. 28. Устойчивая система 4

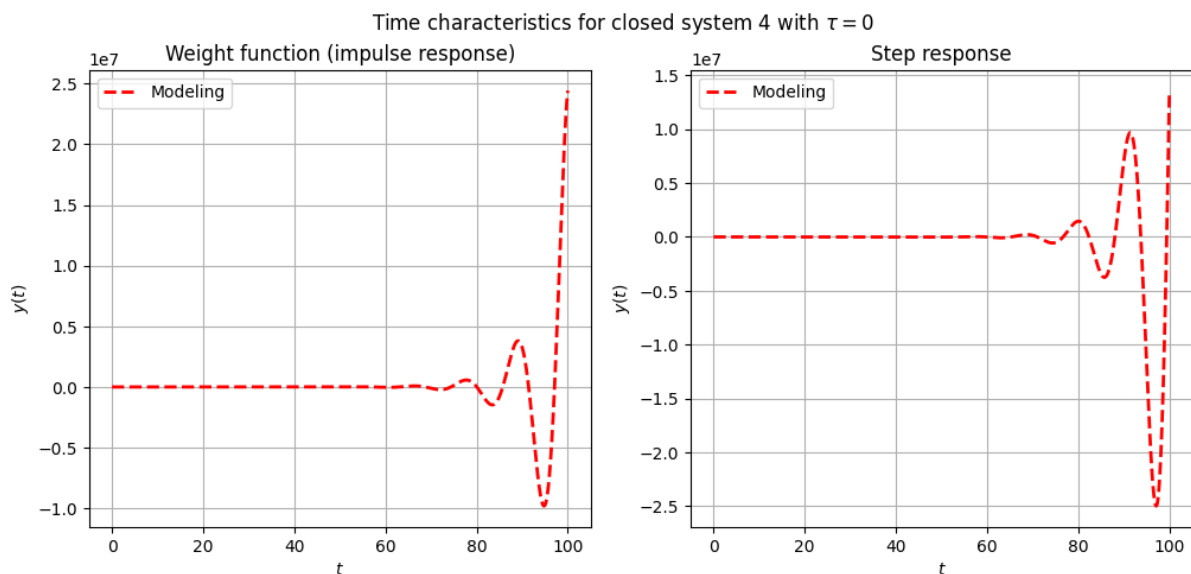


рис. 29. Неустойчивая система 4

Запас устойчивости по фазе для системы 3: 71.41 град.

Критическое значение запаздывания: 0.2097.

Запас устойчивости по фазе для системы 3: 14.74 град.

Критическое значение запаздывания: 0.4085.

Выводы

В ходе выполнения данной лабораторной работы ознакомились с анализом систем с помощью критерия Найквиста.

В зависимости от вида годографа удалось анализировать системы с различным запасом устойчивости по амплитуде и наглядно увидеть возможности приобретения как устойчивых так и неустойчивых полюсов при замыкании системы.

Удалось проанализировать системы на которые по разному влияет запаздывание (неустойчивые полюса могут как добавляться так и пропадать при замыкании).

Кроме того были рассчитаны запасы устойчивости и грубо оценены предельные значения пропорционального коэффициента и запаздывания для устойчивости систем.

