



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ

ИУ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА

ИУ-1 «Системы автоматического управления»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №1

по дисциплине

«Основы теории линейных систем управления»

Выполнили: Шевченко А.Д.

Уткин Т.О.

Шемят А.В.

Группа: ИУ1-52Б (51Б)

Проверил: Вереникин С. Н.

Работа выполнена: 28.11.2023

Отчет сдан: 28.11.2023

Оценка:

Москва 20

Содержание

Цель работы:	3
Исследование типовых динамических звеньев.....	3
Типовые динамические звенья	4
• Усилительное (пропорциональное или безинерционное) звено	4
• Идеальное интегрирующее звено	5
• Аperiodическое звено 1-го порядка (с разным усилением).....	6
• Аperiodическое звено 1-го порядка (с разной постоянной времени)7	
• Аperiodическое звено 2-го порядка	8
• Консервативное звено	9
• Колебательное звено (с разным коэффициентом демпфирования) .	10
• Колебательное звено (с разной собственной частотой)	11
• Идеальное дифференцирующее звено	12
• Форсирующее звено 1-го порядка	13
• Форсирующее звено 2-го порядка	14
• Звено чистого запаздывания.....	15
Устойчивость динамических систем.....	16
Один действительный полюс $p = -5$	17
Один действительный полюс $p = +5$	19
Пара комплексных полюсов $p = -5 \pm 2j$	21
Пара комплексных полюсов $p = 0 \pm 5j$	23
Пара комплексных полюсов $p = +5 \pm 2j$	25
Вывод:.....	27

Цель работы:

Исследование типовых динамических звеньев и устойчивости динамических систем.

Исследование типовых динамических звеньев

Для каждого из описанной ниже комбинации динамических звеньев одного типа, но с разными параметрами, построены на одной канве три графика. График слева — график переходного процесса, построенного с использованием функции `step()`, для которой в явном виде задано время моделирования равное одной секунде. Справа график ЛАФЧХ (диаграмма Боде), построенный с использованием двух функций `semilogx()`, данные для которого получены из выходных параметров функции `freqresp()` (вычисление частотной характеристики). На графиках ЛАФЧХ частота отображена в Гц, ЛАЧХ в дБ, а ЛФЧХ в градусах.

Примечание. Частоты динамических звеньев ω , определяемые в точке в которой падение усиления в системе составляет 3 дБ, связаны с постоянными времени следующим соотношением:

$$\omega = \frac{1}{T}$$

Однако, постоянная времени T измеряется в секундах, следовательно величина $1/T$ измеряется в Гц, а как результат, значение ω , измеряемое в рад/с, должно вычисляться следующим образом:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Примечание. Ввиду того, что MATLAB не может моделировать во временной области системы в которых порядок полинома знаменателя меньше порядка полинома числителя, построение переходных процессов для соответствующих передаточных функций было пропущено, и было реализовано с использованием функции `isproper()`.

Типовые динамические звенья

- Усилительное (пропорциональное или безинерционное) звено

$$W(s) = K$$

для $K = 10$

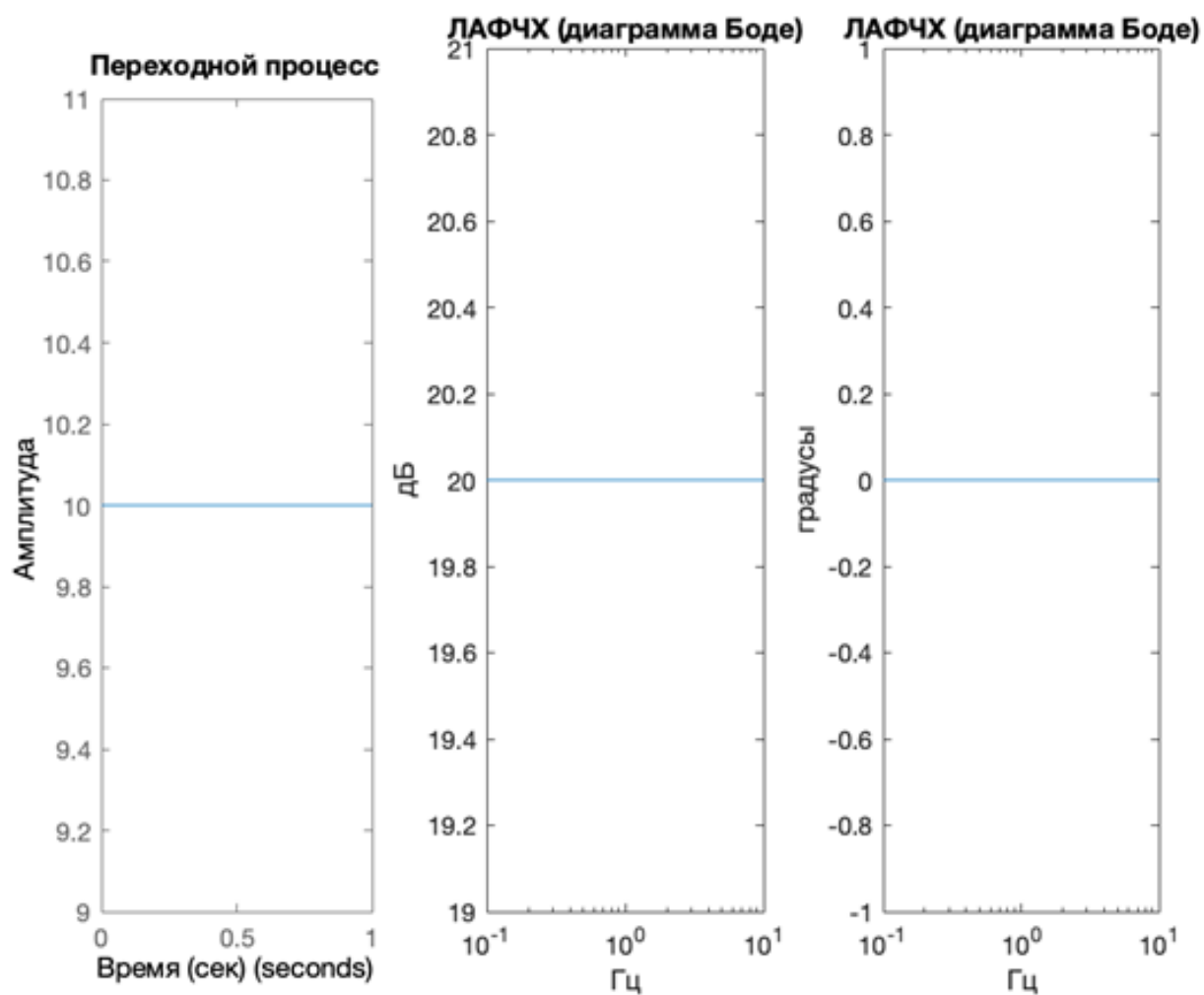


Рис. 1 Характеристики Усилительного звена

- Идеальное интегрирующее звено

$$W(s) = \frac{K}{s}$$

для $K = \{1, 10\}$.

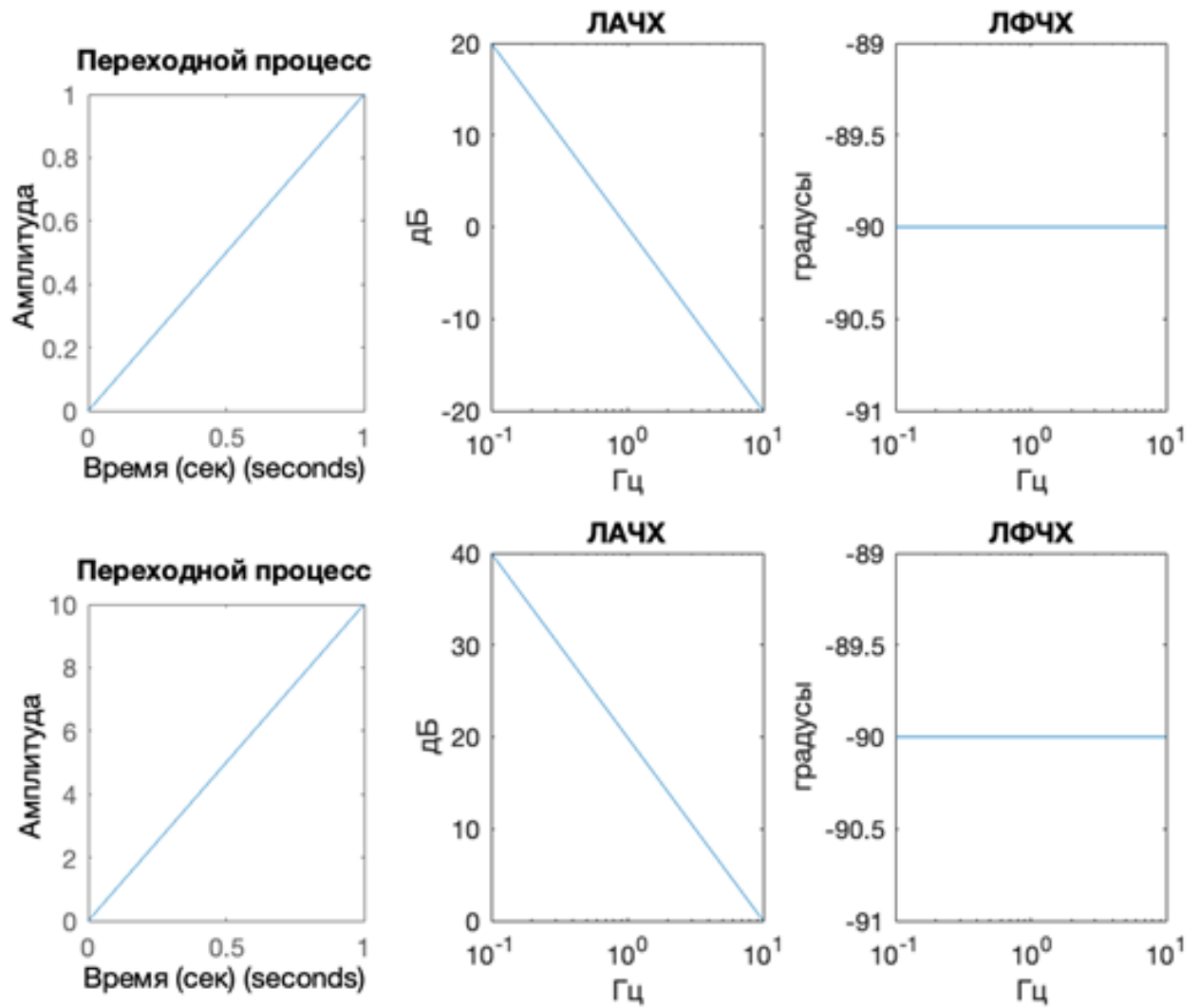


Рис. 2 Характеристики Идеального интегрирующего звена

- Аperiodическое звено 1-го порядка (с разным усилением)

$$W(s) = \frac{1}{Ts + 1}$$

для $K = \{1, 10\}$ при $T = 0.1$.

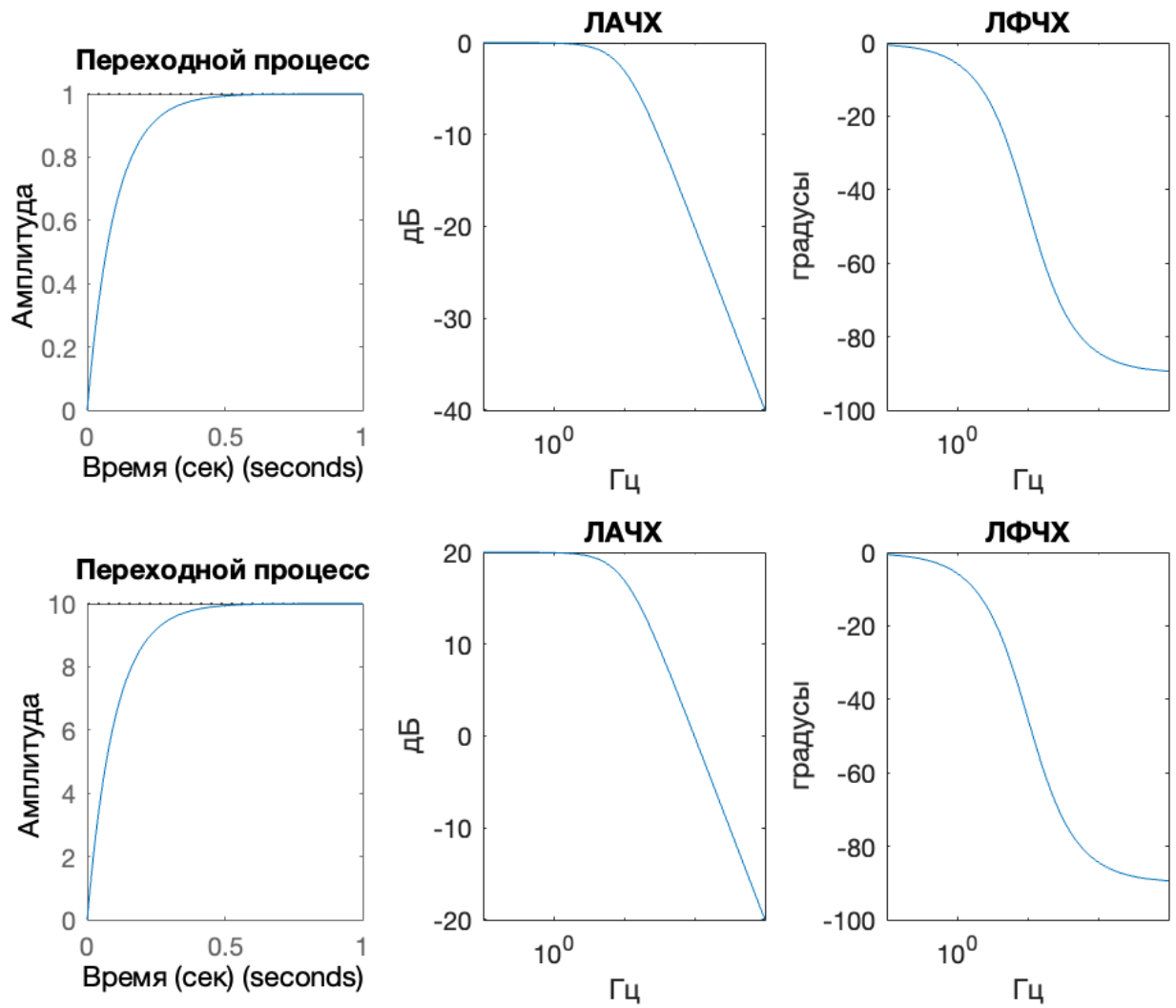


Рис. 3 Характеристики Аperiodического звена 1-го порядка (с разным усил.)

- Апериодическое звено 1-го порядка (с разной постоянной времени)

$$W(s) = \frac{1}{Ts + 1}$$

для $T = \{0.1, 0.01\}$.

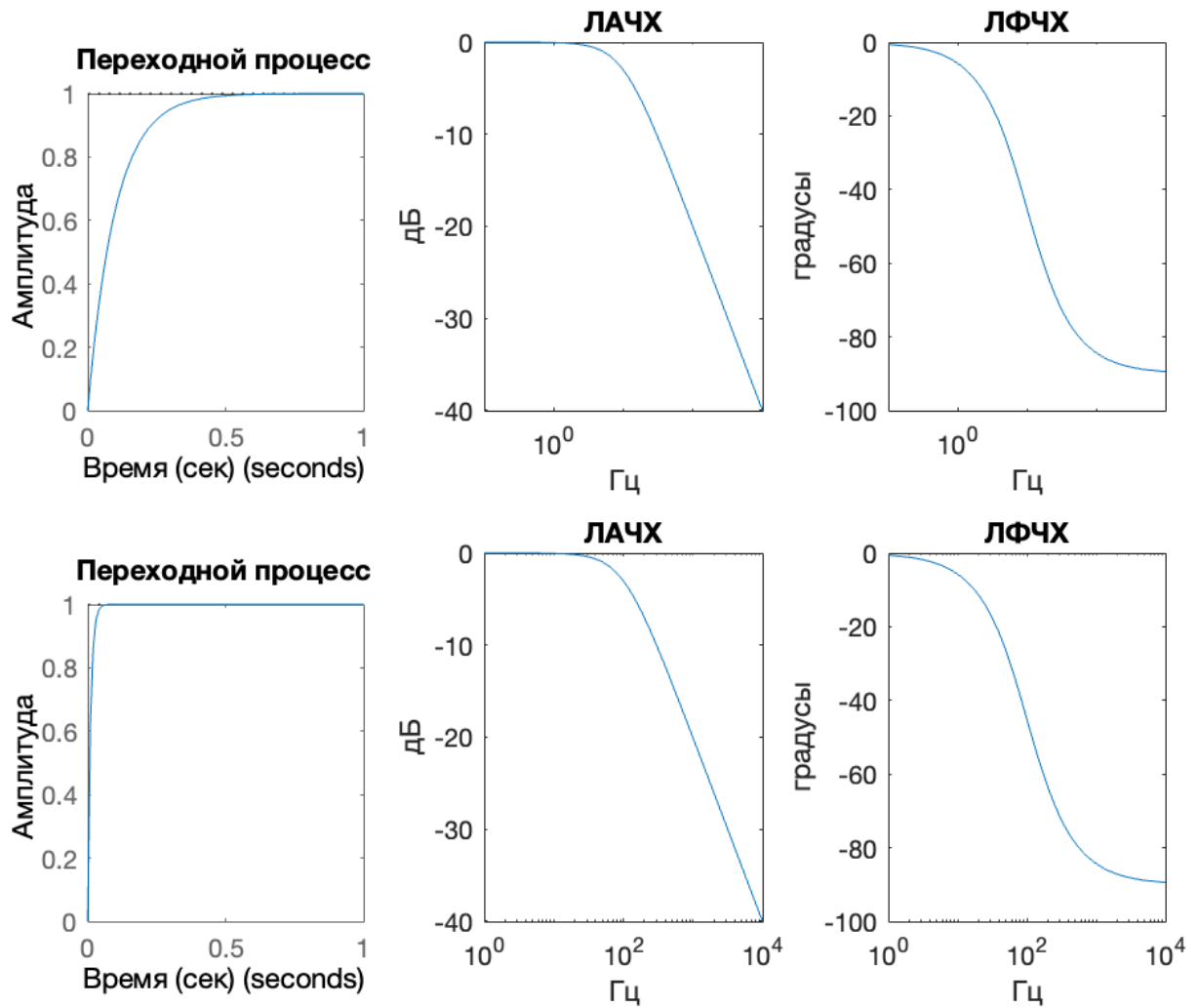


Рис. 4 Характеристики Апериодического звена 1-го порядка (с разной постоянной времени)

- Аперриодическое звено 2-го порядка

$$W(s) = \frac{1}{T_2^2 s^2 + T_1 s + 1}$$

для $T_1 = 0.1, T_2 = 0.01$

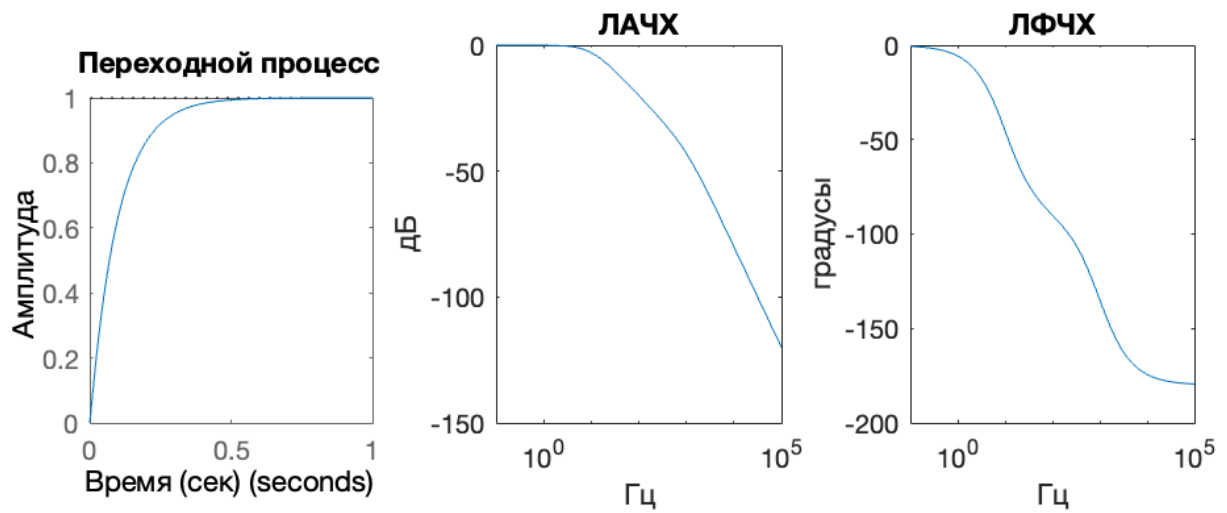


Рис. 5 Характеристики Аперриодического звена 2-го порядка

- Консервативное звено

$$W(s) = \frac{1}{T^2 s^2 + 1}$$

для $T = \{0.1, 0.01\}$.

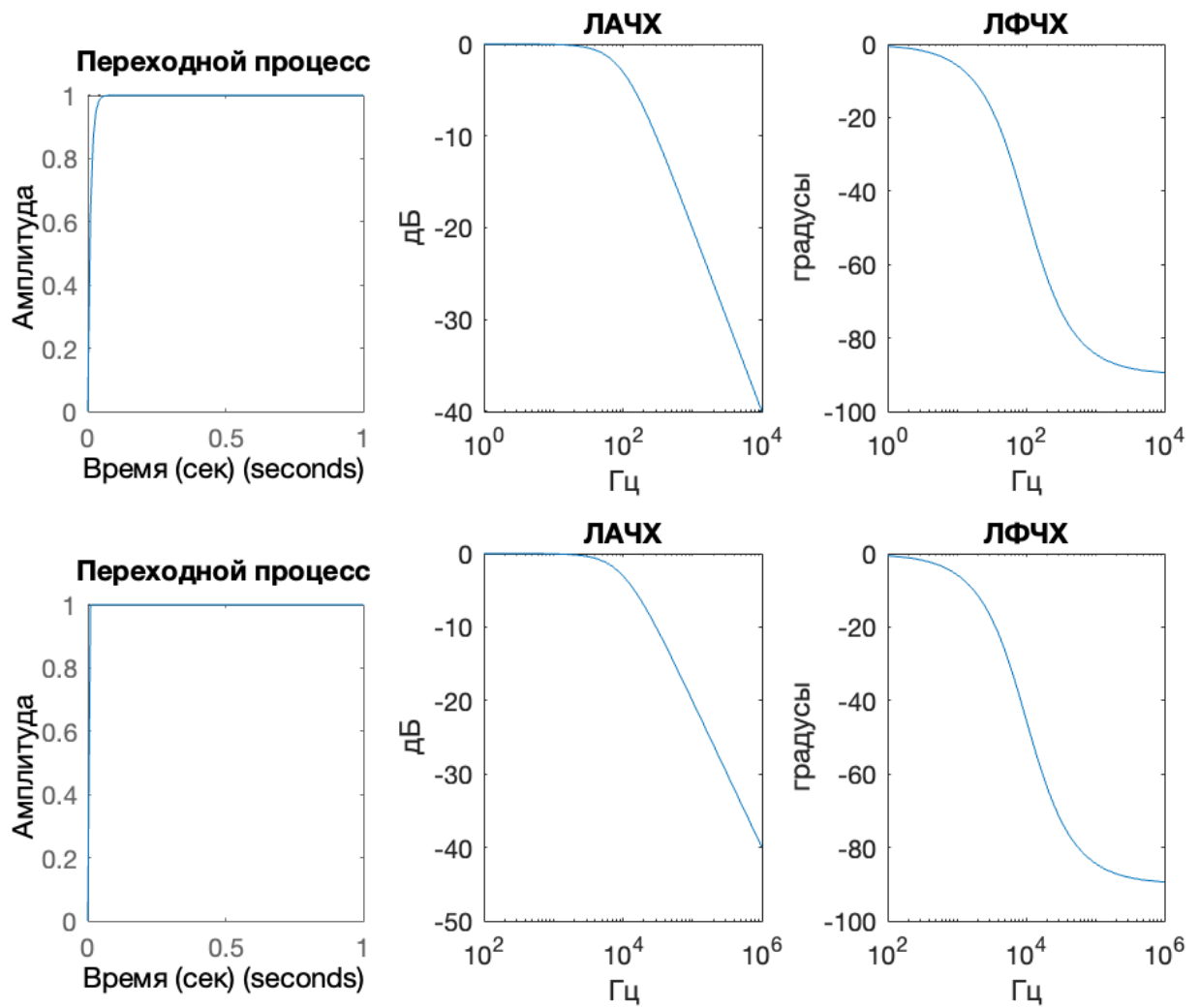


Рис. 6 Характеристики Консервативного звена

- Колебательное звено (с разным коэффициентом демпфирования)

$$W(s) = \frac{\omega^2}{s^2 + 2\varepsilon\omega s + \omega^2}$$

для $\varepsilon = \{0.3, 0.7, 1.5\}$, при $\omega = 10 \cdot 2\pi$

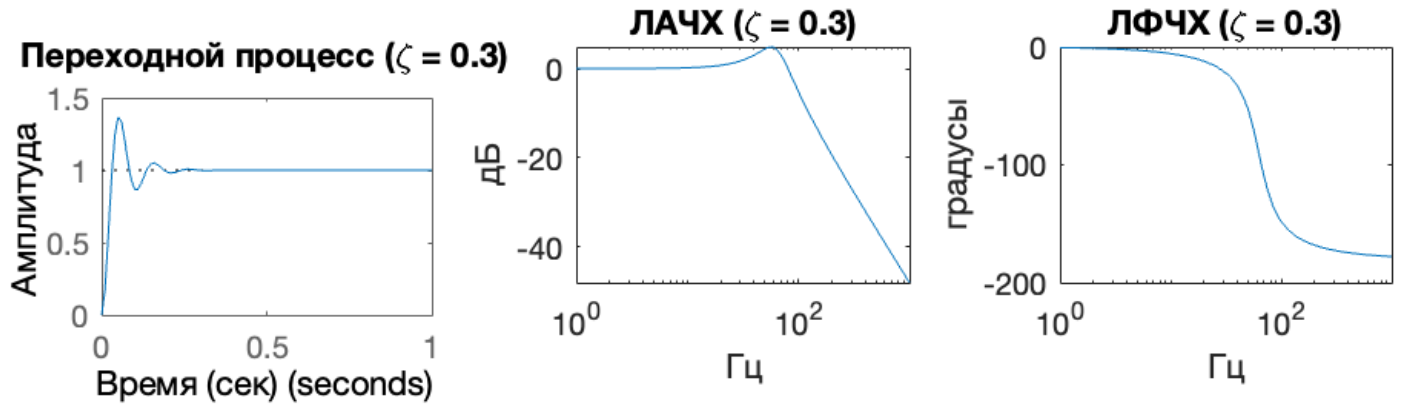


Рис. 7 Характеристики колебательного звена для $\zeta = 0.3$

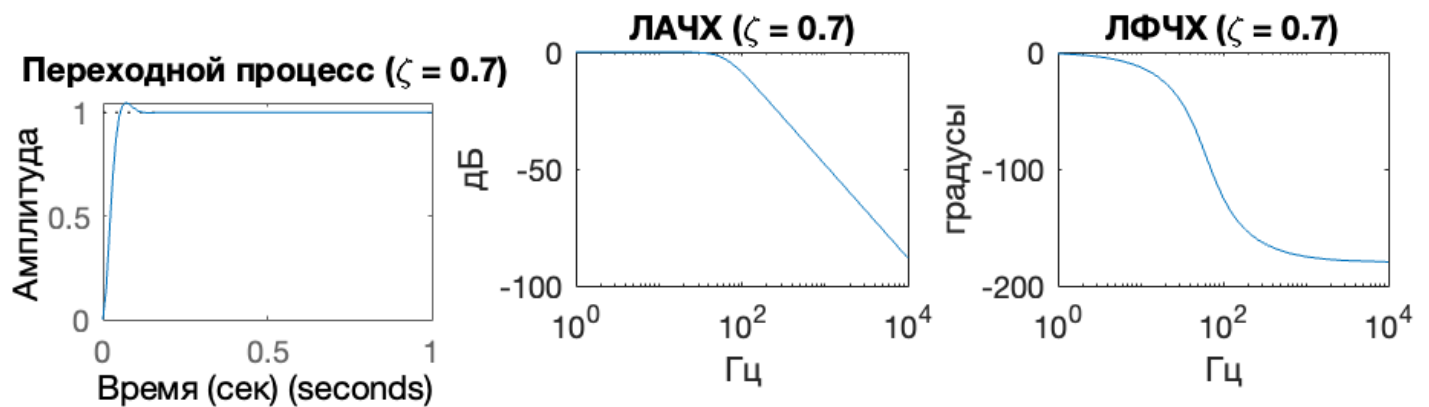


Рис. 8 Характеристики колебательного звена для $\zeta = 0.7$

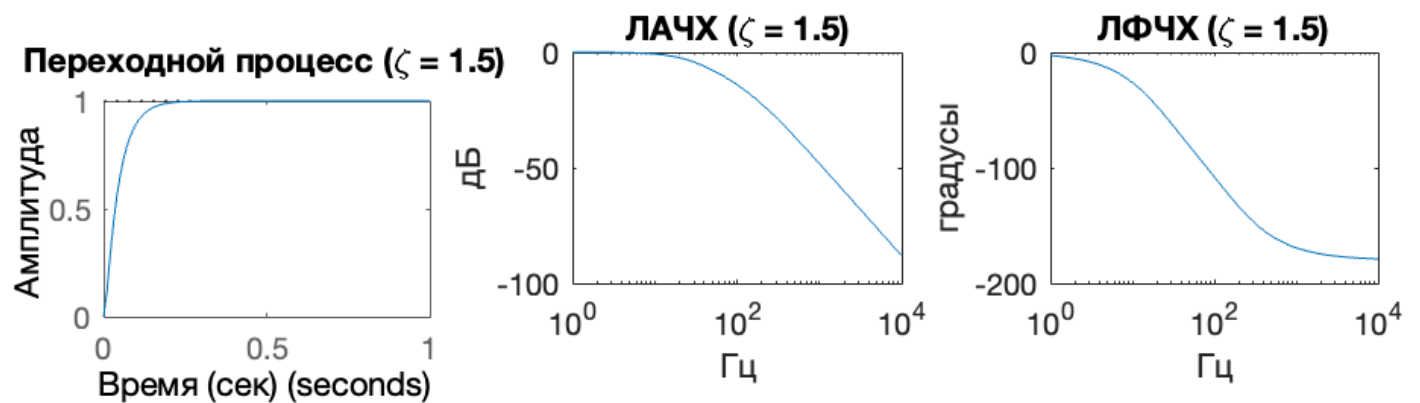


Рис. 9 Характеристики колебательного звена для $\zeta = 1.5$

- Колебательное звено (с разной собственной частотой)

$$W(s) = \frac{\omega^2}{s^2 + 2\varepsilon\omega s + \omega^2}$$

для $\omega = \{1, 10\} \cdot 2\pi$, при $\varepsilon = 0.7$

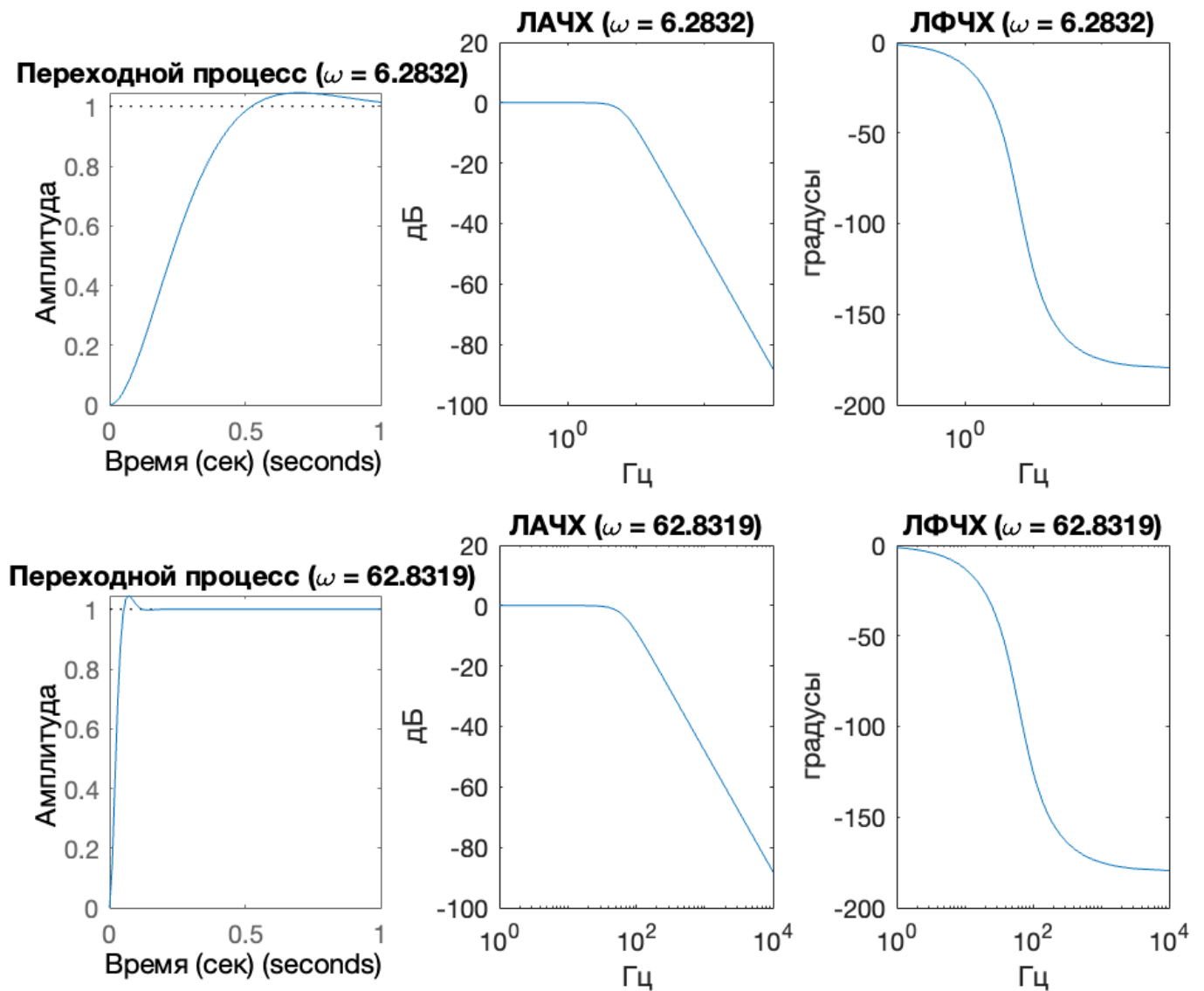


Рис. 10 Характеристики колебательного звена (с разной собственной частотой)

- Идеальное дифференцирующее звено

$$W(s) = s$$

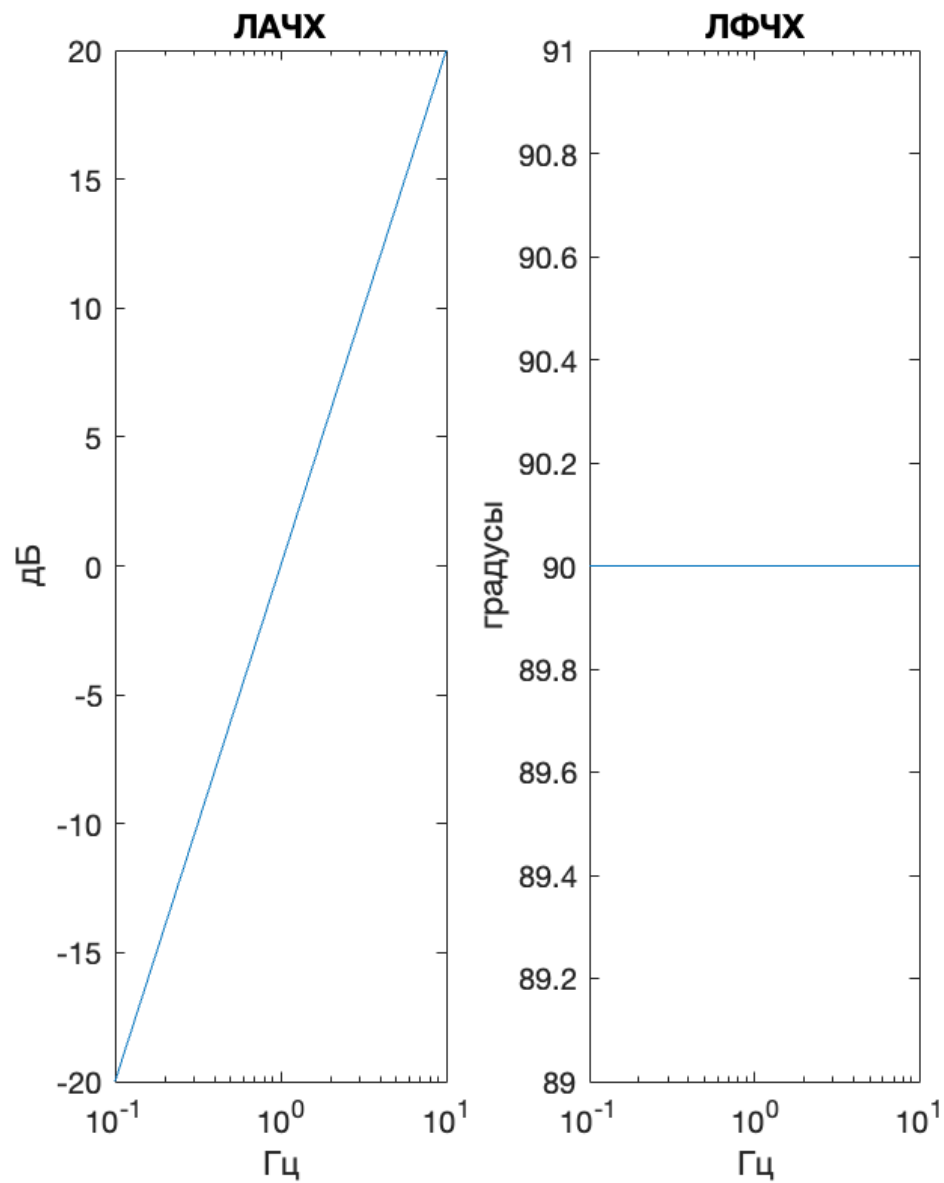


Рис. 11 Характеристики идеального дифференцирующего звена

- Форсирующее звено 1-го порядка

$$W(s) = \frac{Ts + 1}{1}$$

для $T = \{0.1, 0.01\}$.

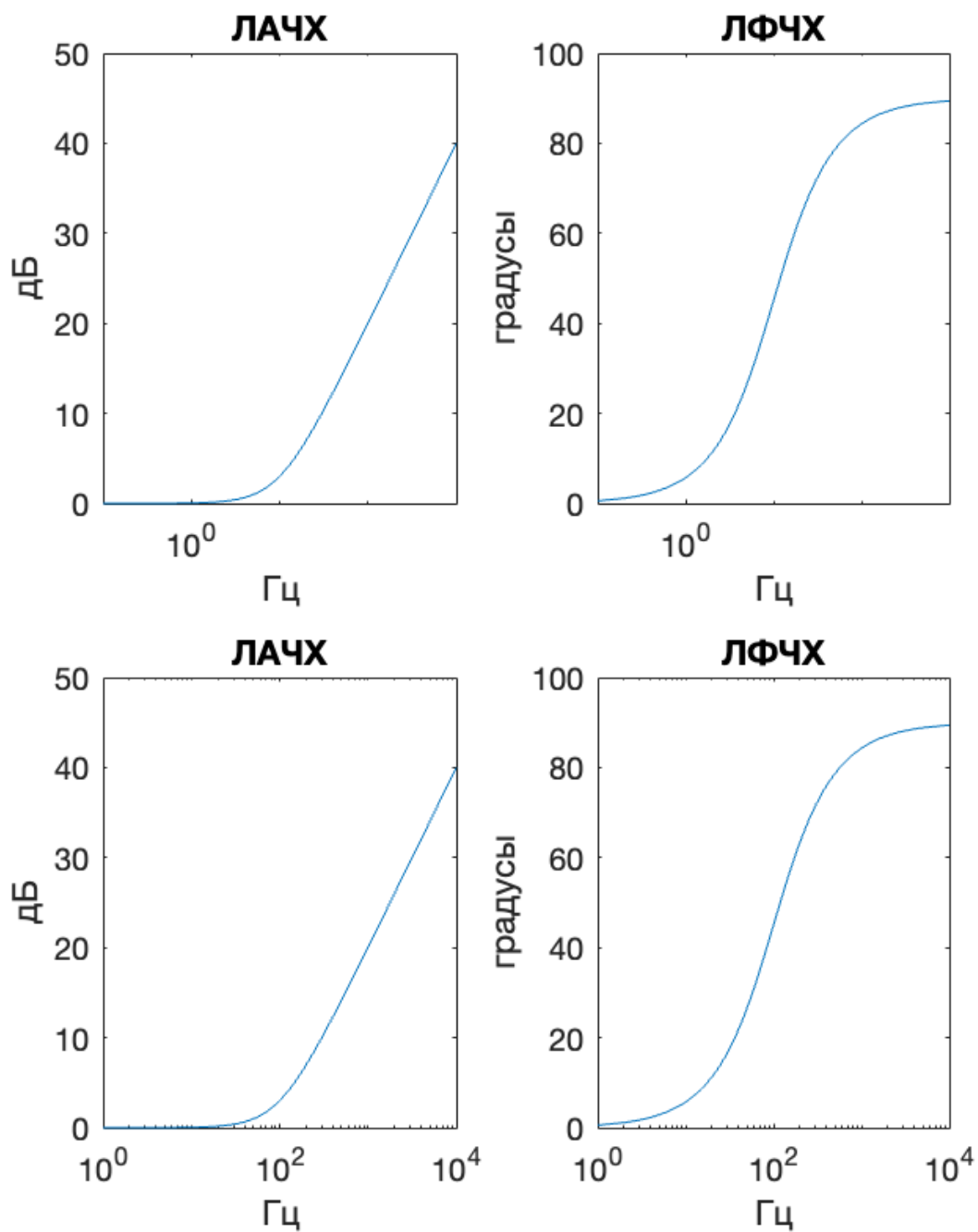


Рис. 12 Характеристики Форсирующего звена 1-го порядка

- Форсирующее звено 2-го порядка

$$W(s) = \frac{T_2^2 s^2 + T_1 s + 1}{1}$$

для $T_1 = 0.1$, $T_2 = 0.01$

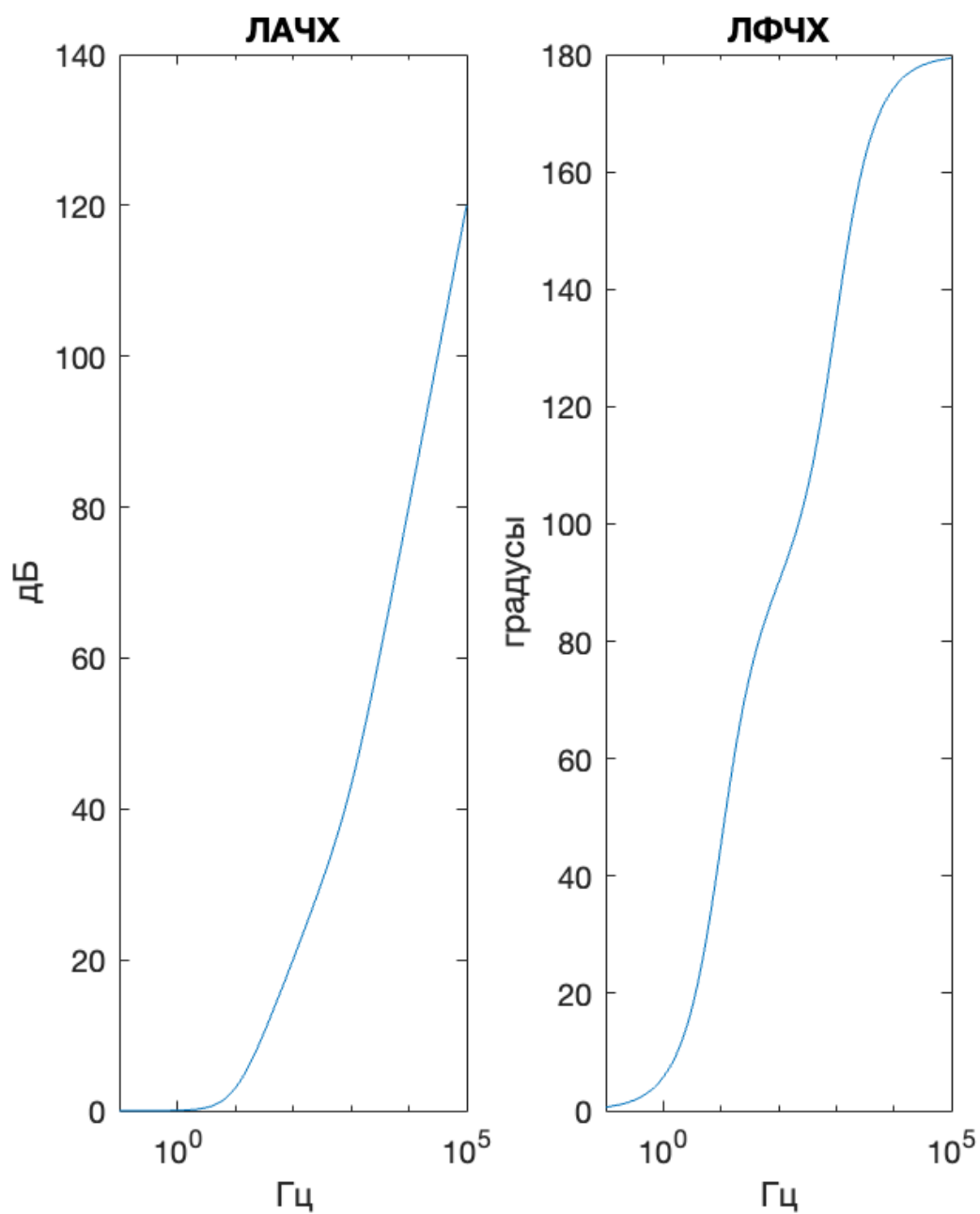


Рис. 13 Характеристики Форсирующего звена 2-го порядка

- Звено чистого запаздывания

$$W(s) = e^{-Ts}$$

для $T = \{0.2, 0.6\}$.

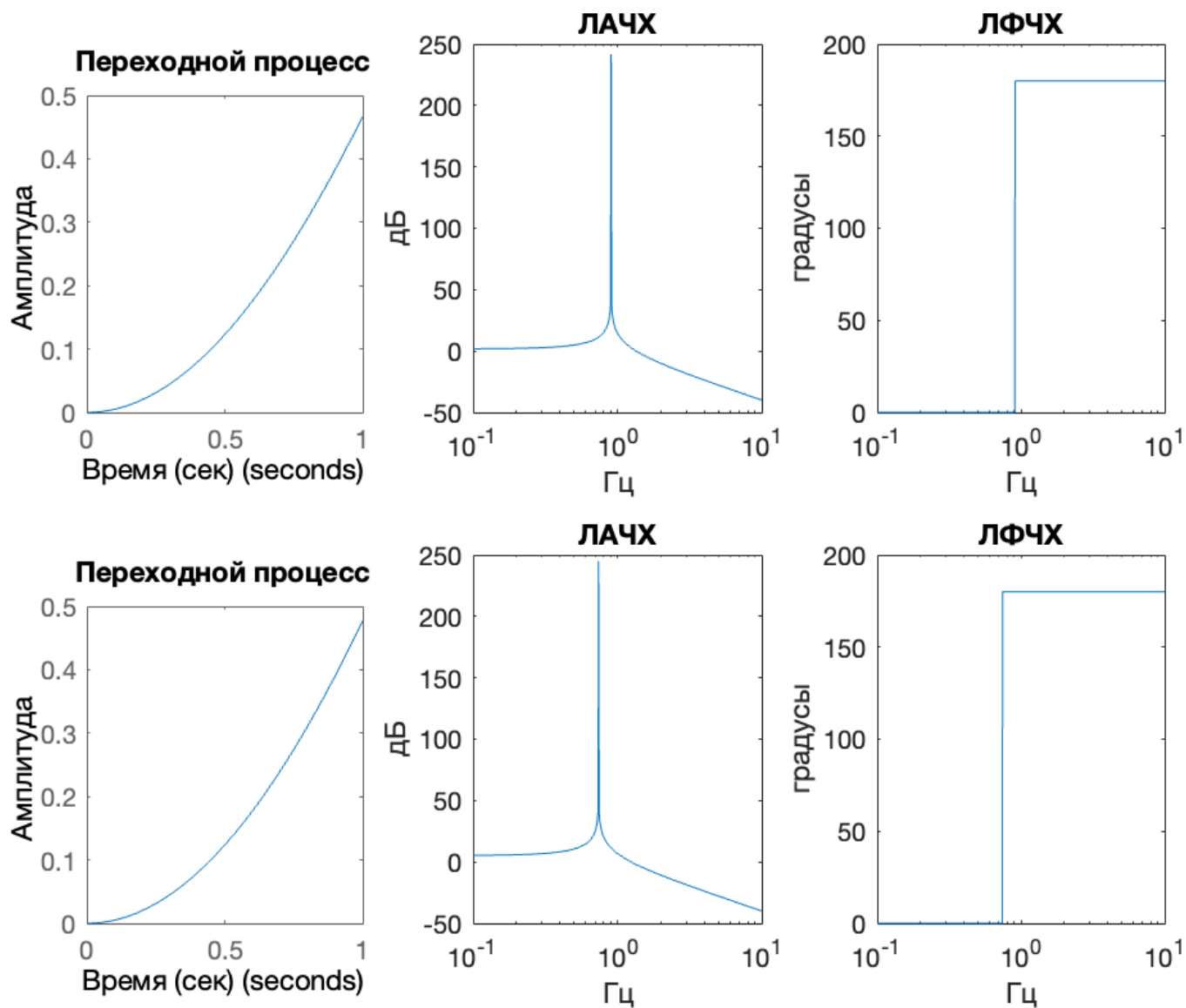


Рис. 14 Характеристики Звена чистого запаздывания

Устойчивость динамических систем

Сформировать с использованием функции `zpk()` следующие передаточные функции, в предположении, что в системах нет нулей и коэффициент усиления равен единице:

- один действительный полюс $p = -5$;
- один действительный полюс $p = +5$;
- пара комплексных полюсов $p = -5 \pm 2j$;
- пара комплексных полюсов $p = 0 \pm 5j$;
- пара комплексных полюсов $p = +5 \pm 2j$.

Примечание. Для задания комплексных полюсов воспользоваться функцией `complex()`.

Для каждой сформированной передаточной функции построены на одной канве два горизонтально расположенных графика. График слева — график переходного процесса, построенного с использованием функции `plot()`, данные для которого получены из выходных параметров функции `step()`. Справа график карты нулей и полюсов, который был построен с использованием функции `pzmap()`. На системы был подан ступенчатый сигнал, после чего на основании реакции системы сделаны выводы о связи значений полюсов системы с устойчивостью и характером переходного процесса при реакции на ступенчатое входное воздействие.

Данные действия были проделаны для систем с значениями «5» и «10» в полюсах системы.

После чего, используя функцию `ss()` были получены описания всех созданных ранее систем (только для значений полюсов с «5») в переменных состояния. Определены собственные значения матрицы состояния A с использованием функции `eigs()` и сделан вывод об устойчивости системы в переменных состояния.

Один действительный полюс $p = -5$

- Один действительный полюс $p = -5$;

$$F(s) = \frac{s}{s + 5}$$

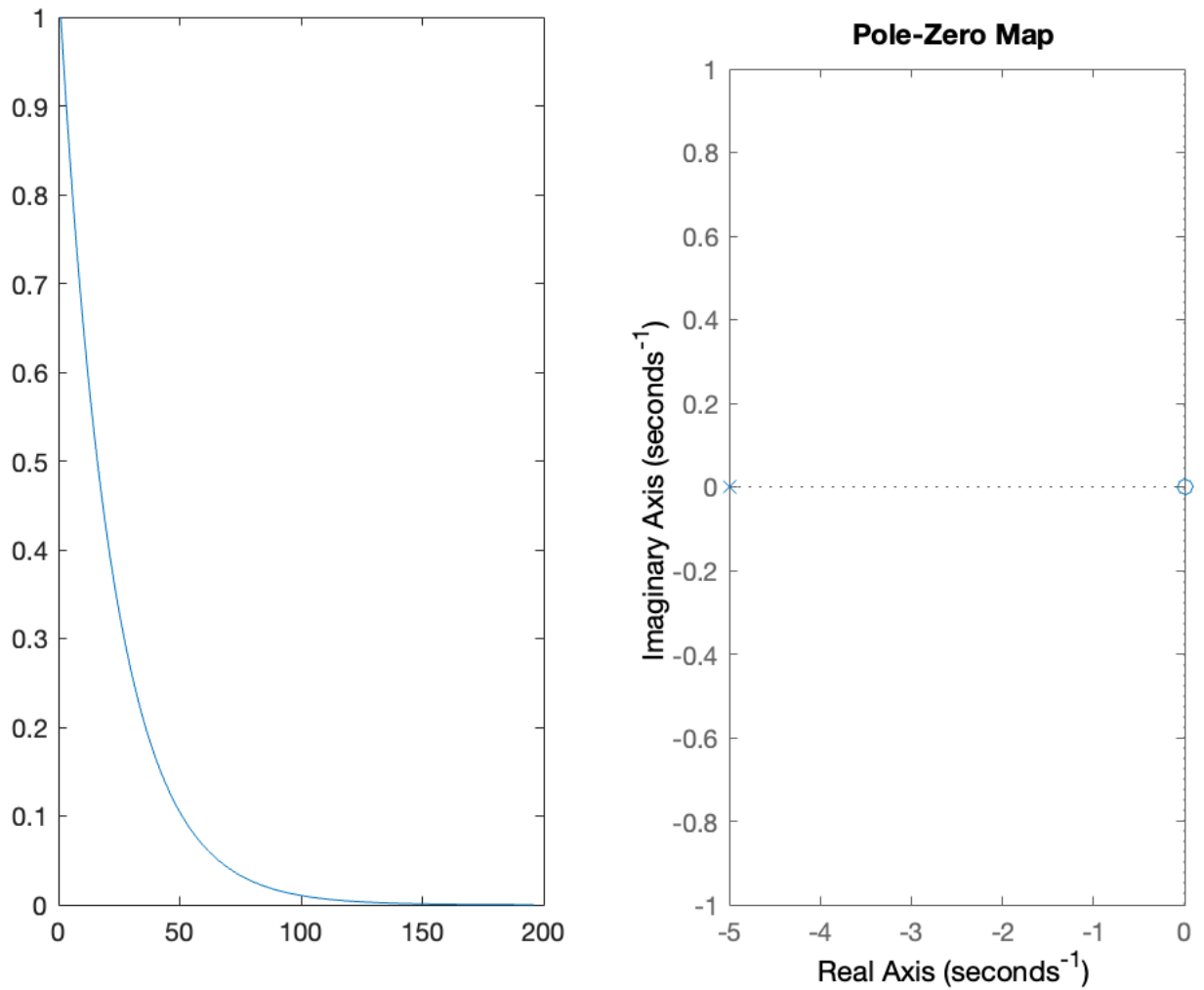


Рис. 15 Характеристики при одном действительном полюсе = -5

- Один действительный полюс $p = -10$;

$$F(s) = \frac{s}{s + 10}$$

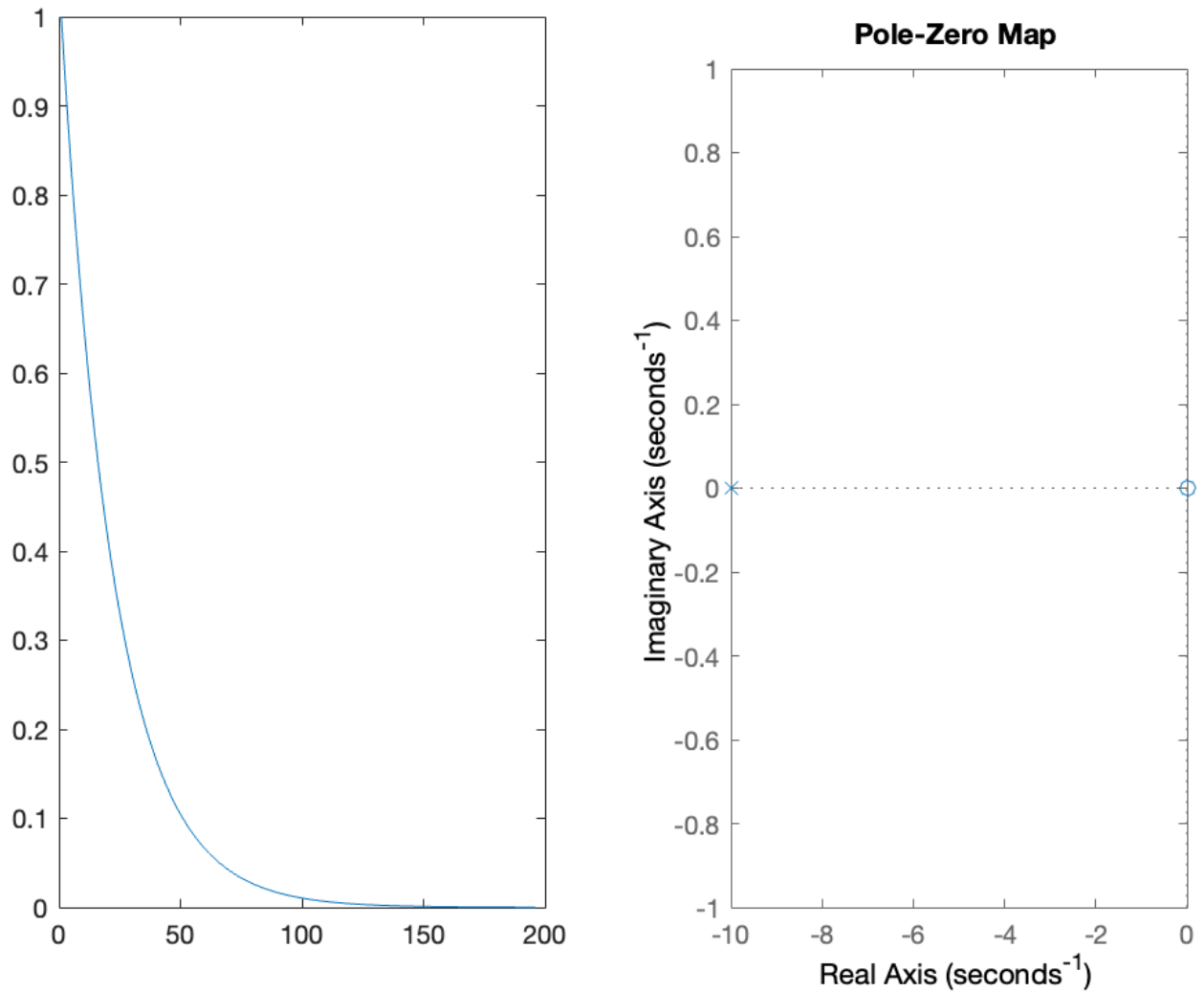


Рис. 16 Характеристики при одном действительном полюсе $= -10$

Один действительный полюс $p = +5$

- Один действительный полюс $p = +5$;

$$F(s) = \frac{s}{s - 5}$$

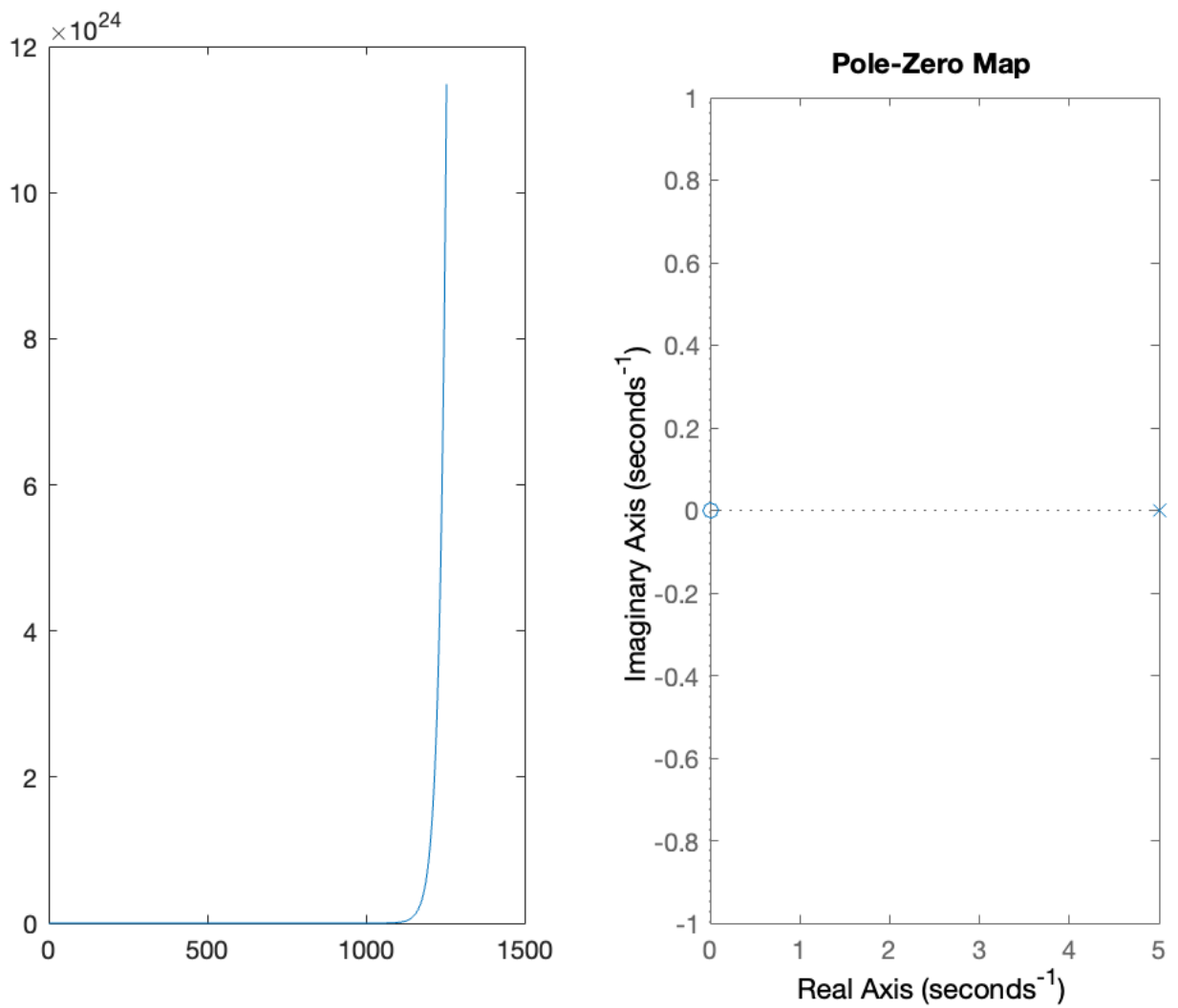


Рис. 17 Характеристики при одном действительном полюсе $= +5$

- Один действительный полюс $p = +10$;

$$F(s) = \frac{s}{s - 10}$$

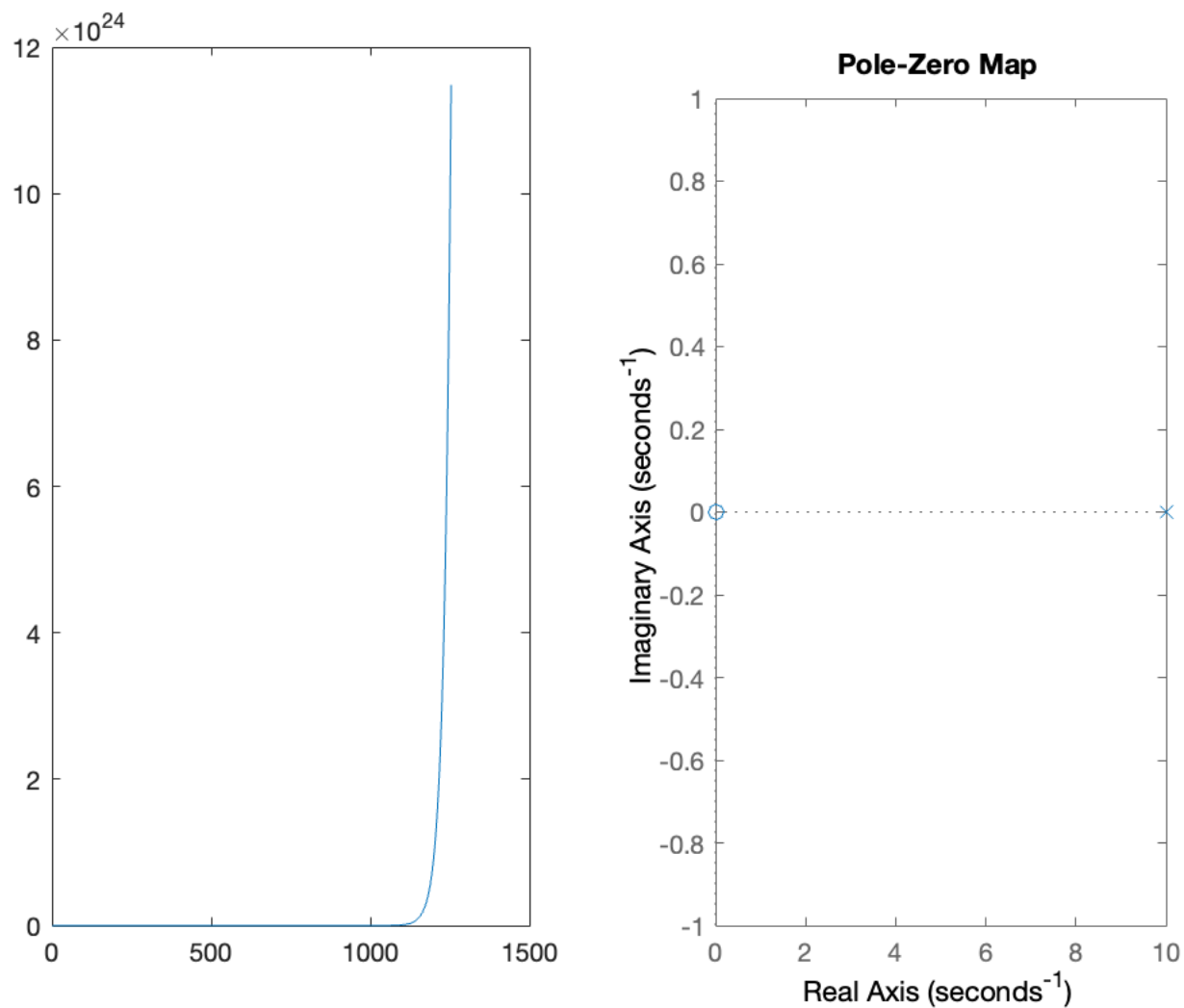


Рис. 18 Характеристики при одном действительном полюсе = +10

Пара комплексных полюсов $p = -5 \pm 2j$

- Пара комплексных полюсов $p = -5 \pm 2j$;

$$F(s) = \frac{s}{s^2 + 10s + 29}$$

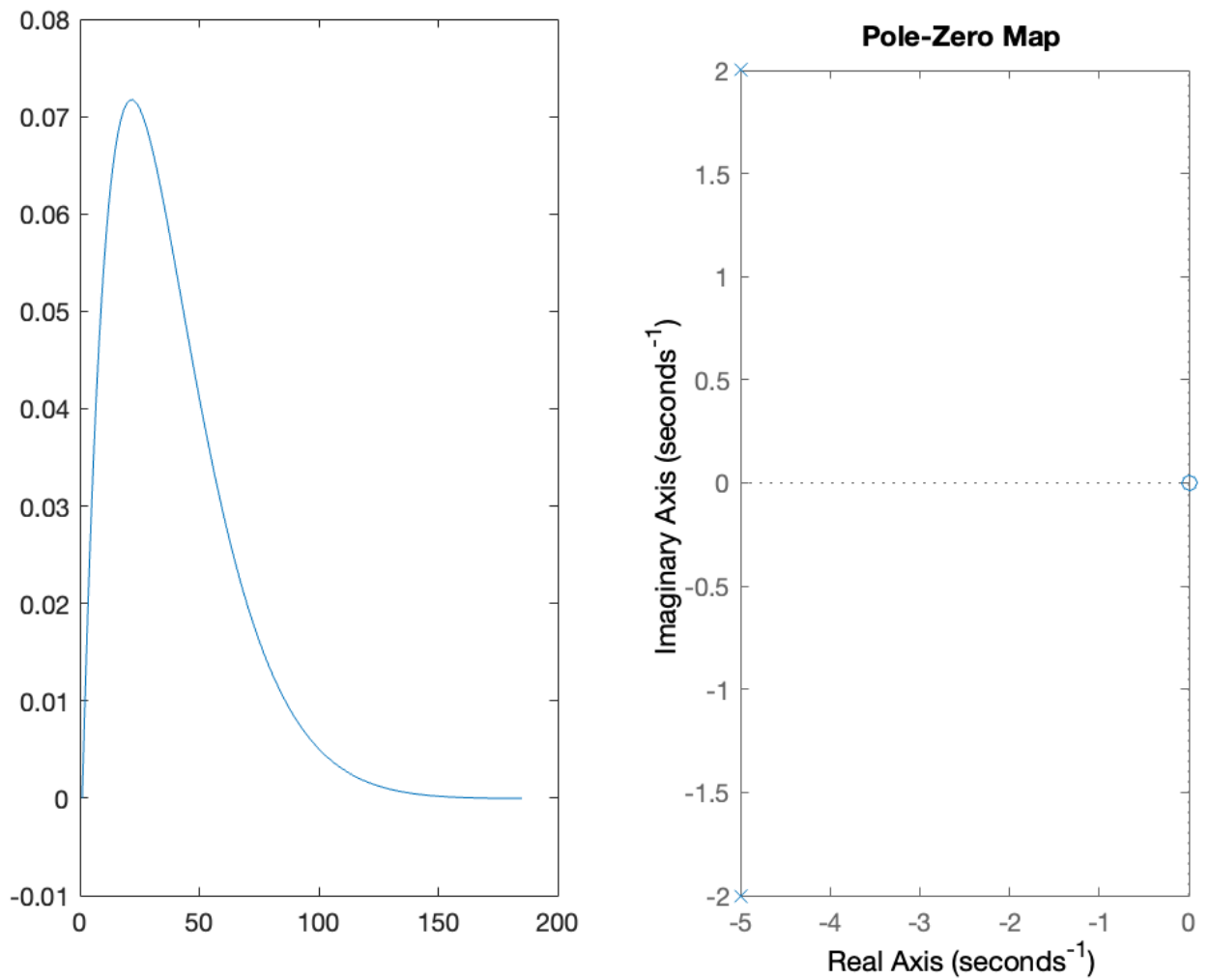


Рис. 19 Характеристики при паре комплексных полюсов $= -5 \pm 2j$

- Пара комплексных полюсов $p = -10 \pm 2j$;

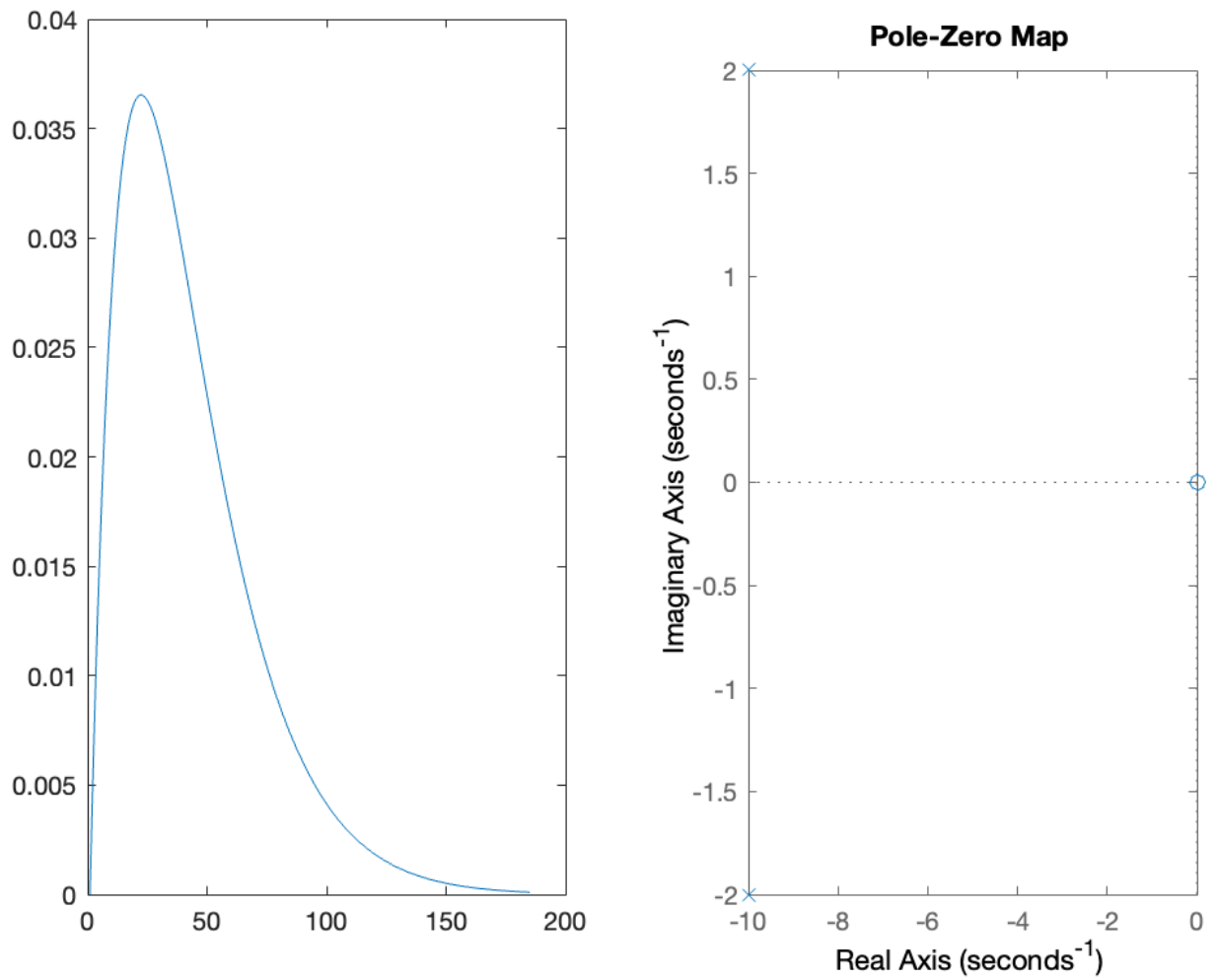


Рис. 20 Характеристики при паре комплексных полюсов $= -10 \pm 2j$

Пара комплексных полюсов $p = 0 \pm 5j$

- Пара комплексных полюсов $p = 0 \pm 5j$;

$$F(s) = \frac{s}{s^2 + 25}$$

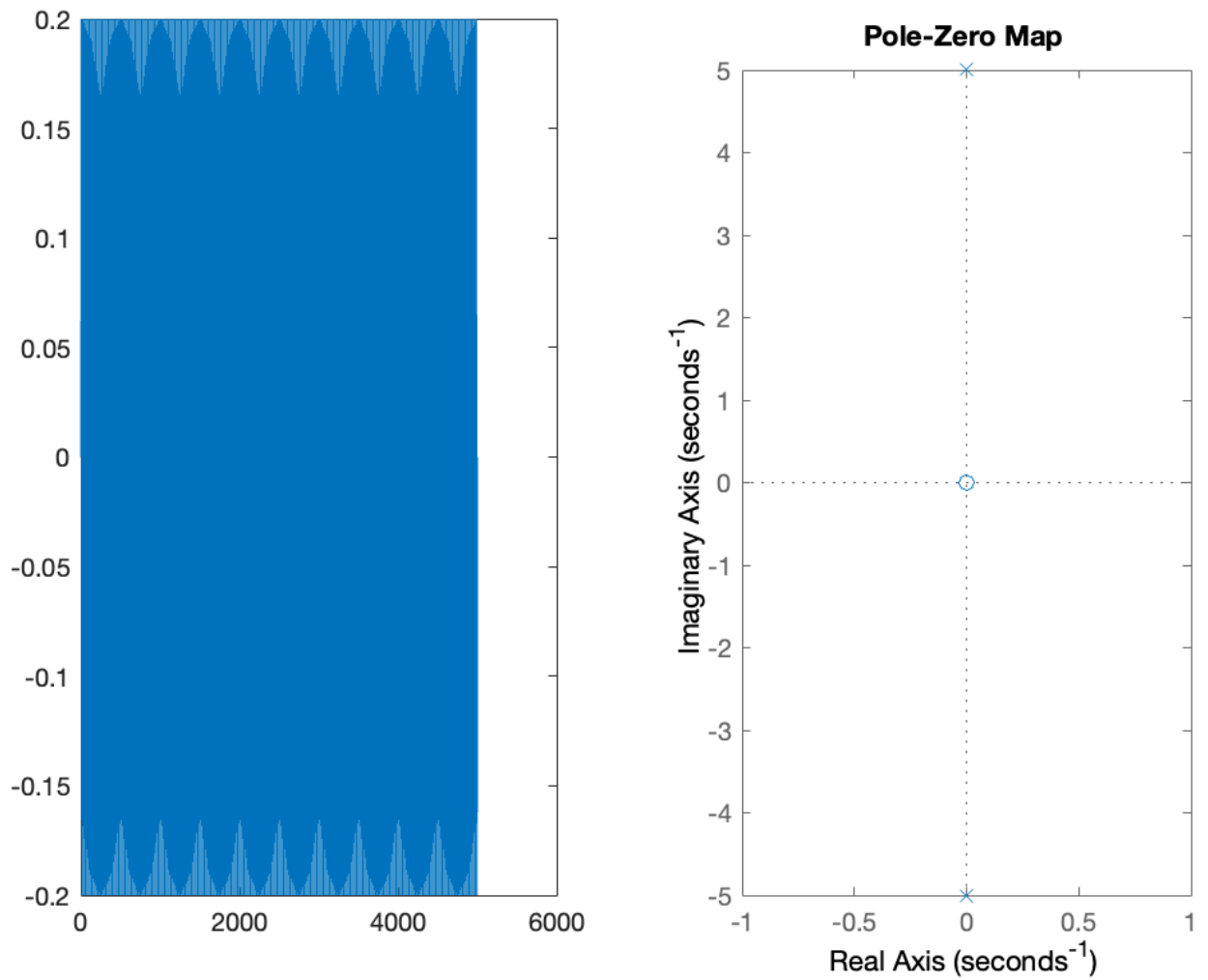


Рис. 21 Характеристики при паре комплексных полюсов $= 0 \pm 5j$

- Пара комплексных полюсов $p = 0 \pm 10j$;

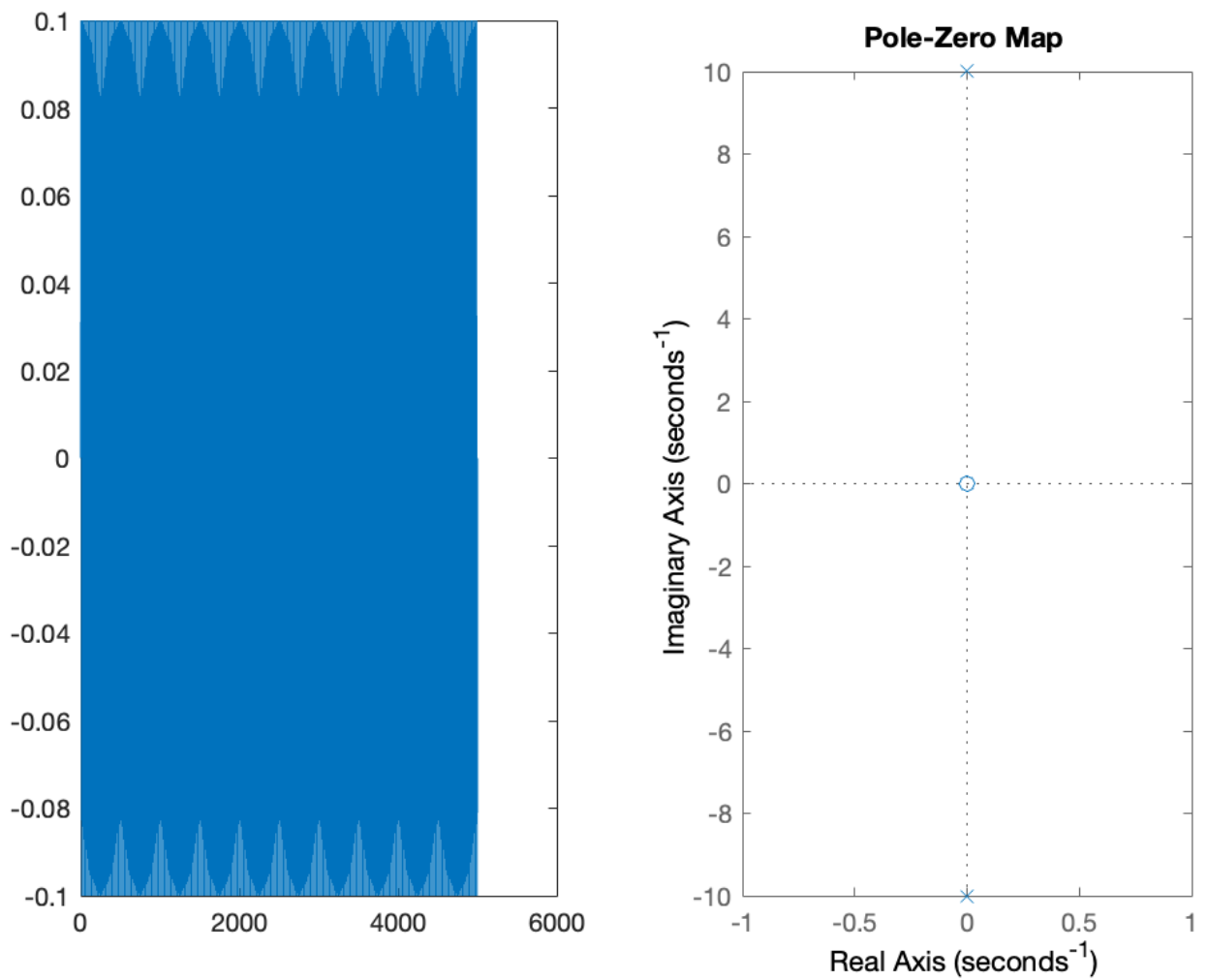


Рис. 22 Характеристики при паре комплексных полюсов $= 0 \pm 10j$

Пара комплексных полюсов $p = +5 \pm 2j$

- Пара комплексных полюсов $p = +5 \pm 2j$;

$$F(s) = \frac{s}{s^2 - 10s + 29}$$

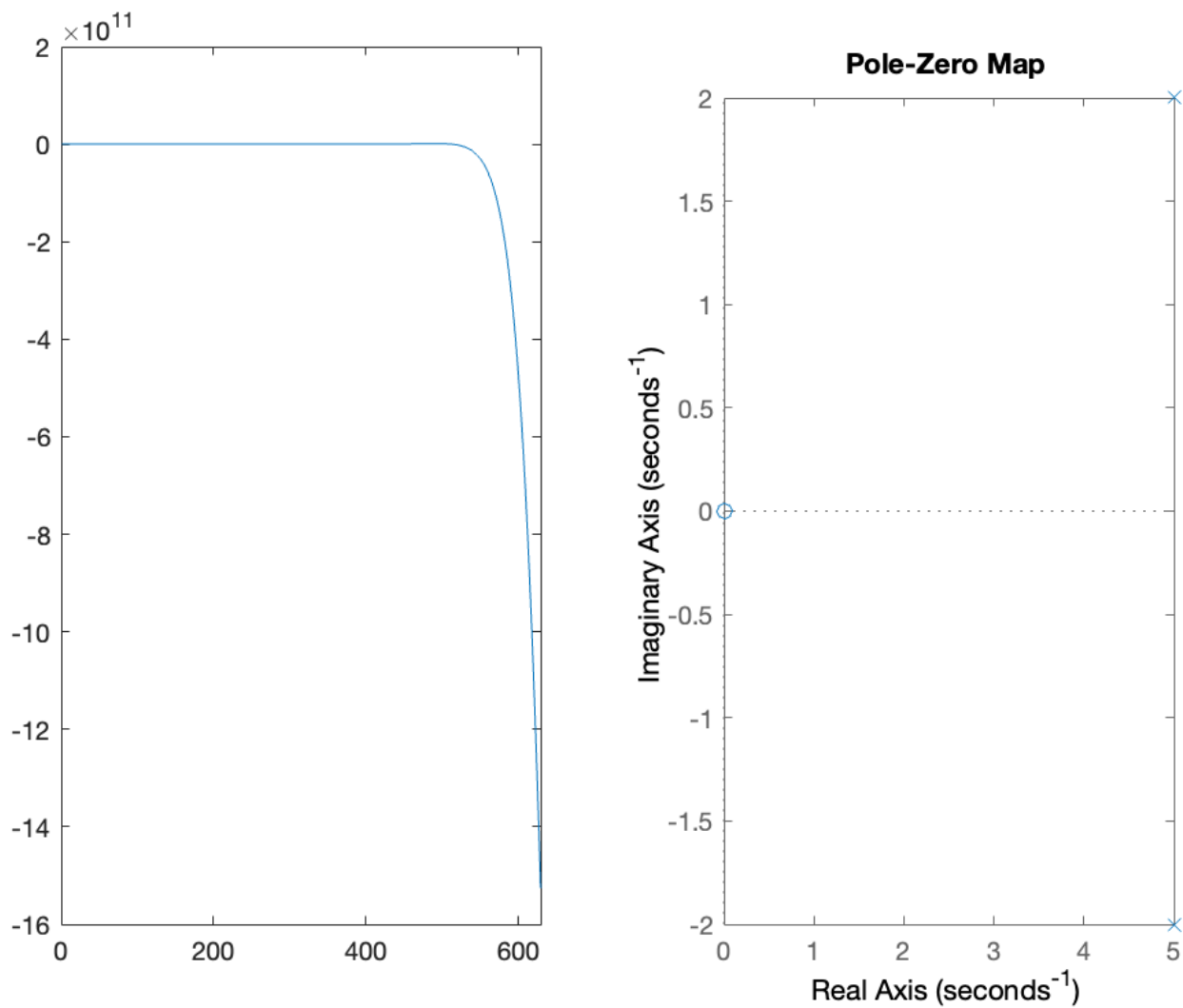


Рис. 23 Характеристики при паре комплексных полюсов $= +5 \pm 2j$

- Пара комплексных полюсов $p = +10 \pm 2j$.

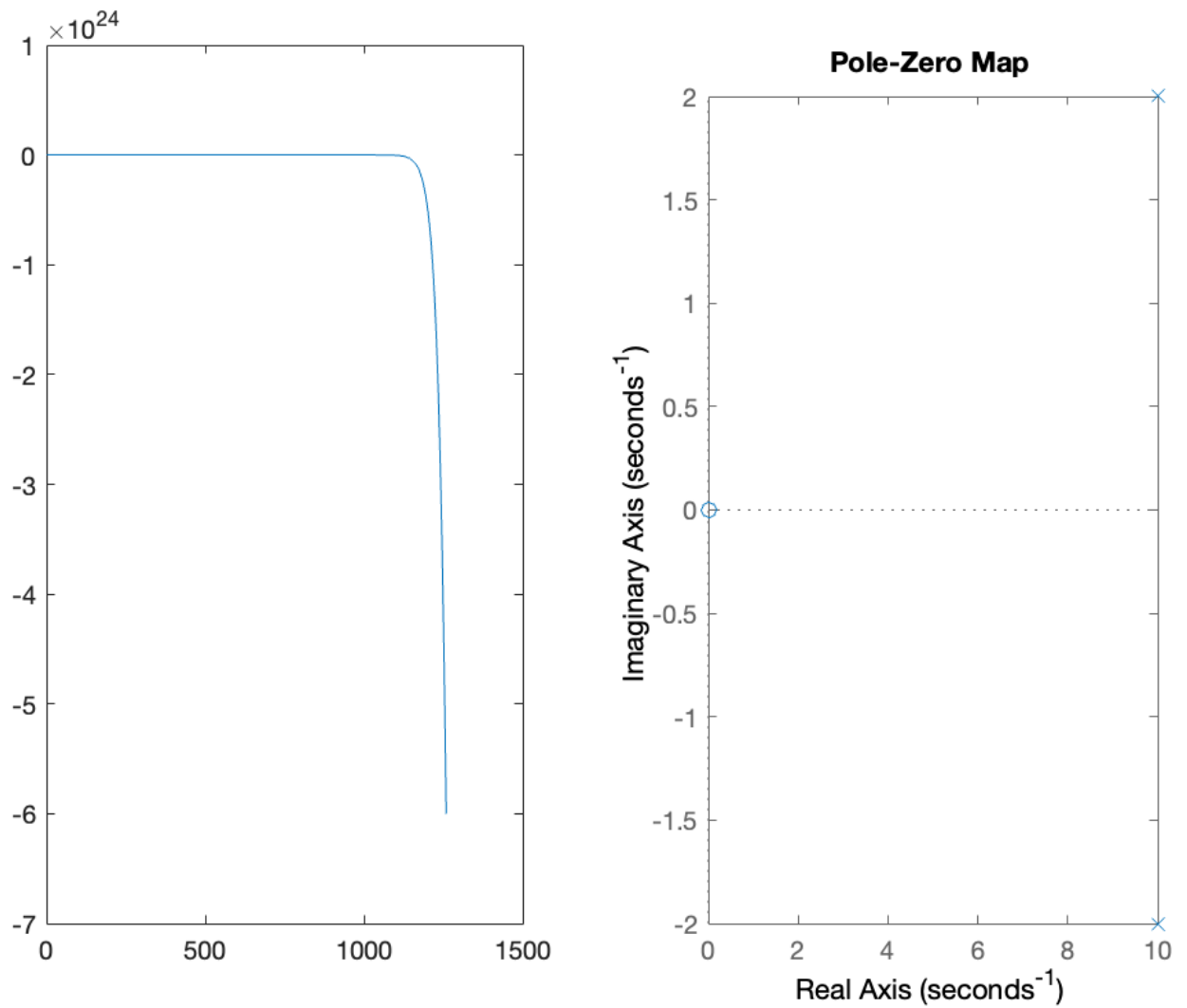


Рис. 24 Характеристики при паре комплексных полюсов $= +10 \pm 2j$

Вывод:

В ходе данной лабораторной работы были исследованы типовые динамические звенья на предмет изменения амплитуды во время переходного процесса длительностью 1 секунда, а так же построены ЛАЧХ и ЛАФЧХ.

В результате работы была исследована устойчивость динамических систем и были получены навыки работы с динамическими системами в MATLAB.

Вопрос 1:

Предположить вид переходного процесса для дифференцирующих звеньев.

Ответ 1:

Идеальное дифференцирующее звено характеризуется уравнением:

$$W(s) = kp$$

Следовательно, в таком звене выходная величина пропорциональна скорости изменения входной величины. При изменении входной величины переходный процесс в идеально дифференцирующем звене теоретически происходит мгновенно.

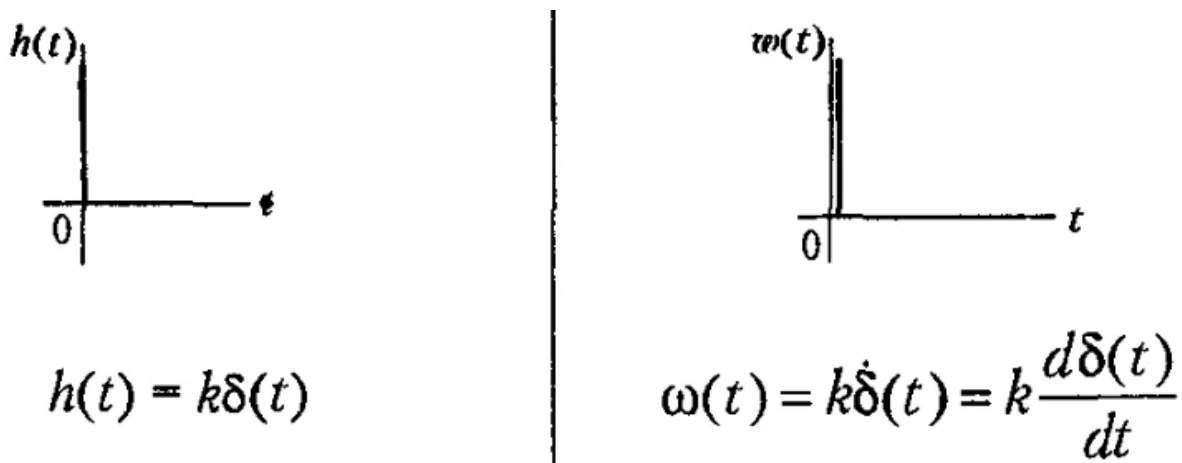


Рис. 25 График переходного процесса в идеально дифференцирующем звене

Вопрос 2:

Сделать вывод о связи значений полюсов системы с устойчивостью и характером переходного процесса при реакции на ступенчатое входное воздействие.

Ответ 2:

Свободные колебания затухают тем быстрее, чем дальше от мнимой оси расположены корни характеристического уравнения.

- Для устойчивости системы необходимо и достаточно, чтобы все корни характеристического уравнения имели отрицательные вещественные части, или эти корни на плоскости комплексного переменного были расположены слева от мнимой оси.

- Если корни характеристического уравнения расположены на мнимой оси, то система находится на границе устойчивости.

- Если хотя бы один из корней лежит в правой полуплоскости комплексной плоскости корней характеристического уравнения, то система неустойчивая.