

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Кафедра Систем Управления и Информатики Группа Р3340

Лабораторная работа №9
Экспериментальное построение частотных
характеристик типовых динамических звеньев
Вариант - 9

Выполнила Сорокина Т. В. (подпись)
(фамилия, и.о.)

Проверил _____ (подпись)
(фамилия, и.о.)

" ____ " _____ 20__г. Санкт-Петербург, 20__г.

Работа выполнена с оценкой _____

Дата защиты " ____ " _____ 20__г.

Цель работы: изучение частотных характеристик типовых динамических звеньев и способов их построения.

Исходные данные

В данной работе требуется получить частотные характеристики: АЧХ, ФЧХ, АФЧХ, ЛАФЧХ, ЛАЧХ заданных звеньев. Исследовать реакцию звена на синусоидальное входное воздействие. Схема моделирования состоит из генератора синусоидального сигнала, исследуемого звена и устройств регистрации входного и выходного сигналов.

В таблице 1 представлены исходные динамические звенья.

Таблица 1 – Исходные динамические звенья

Тип звена	Передаточная функция
Колебательное	$W(s) = \frac{k}{T^2 s^2 + 2Ts\varepsilon + 1}$
Идеальное интегрирующее	$W(s) = \frac{k}{s}$
Дифференцирующее с замедлением	$W(s) = \frac{ks}{1 + Ts}$

Параметры исследуемых звеньев: $k = 10, T = 2c, \varepsilon = 0.25, \frac{1}{T} = 0.5c^{-1}$.

1 Колебательное звено

На рисунке 1 представлена временная диаграмма колебательного звена.

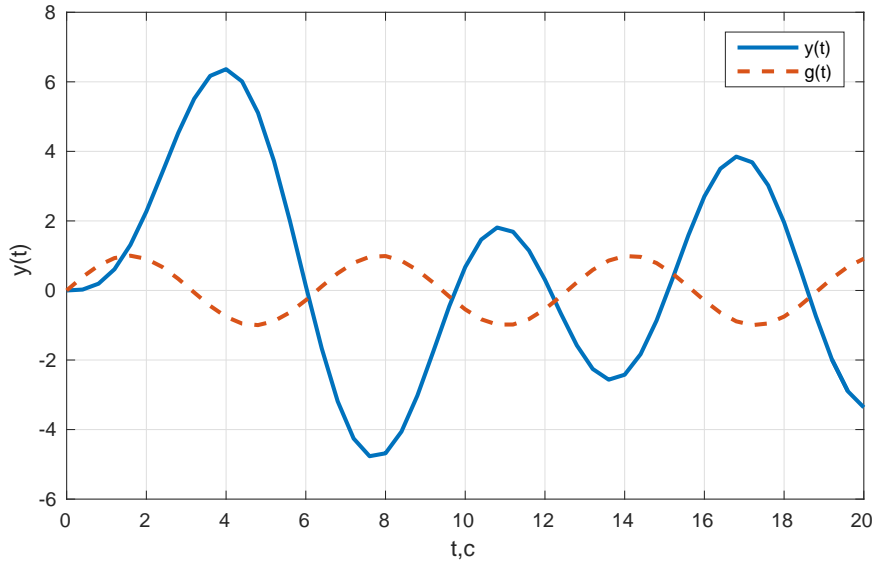


Рисунок 1 – Временная диаграмма колебательного звена

Частотная передаточная функция колебательного звена.

$$W(j\omega) = W(s) \Big|_{s=j\omega} = \frac{k}{T^2 s^2 + 2Ts\varepsilon + 1} = \frac{k}{T^2(j\omega)^2 + 2Tj\omega\varepsilon + 1} \quad (1)$$

$$W(j\omega) = \frac{k((1 - T^2\omega^2) - (2jT\varepsilon\omega))}{(1 - T^2\omega^2)^2 - (2Tj\omega\varepsilon)^2} = \frac{k(1 - T^2\omega^2)}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2T\omega\varepsilon)^2} - j \frac{2kT\omega\varepsilon}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2T\omega\varepsilon)^2}$$

Вещественная часть:

$$U(\omega) = \frac{k(1 - T^2\omega^2)}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2T\varepsilon\omega)^2} = \frac{10 - 40\omega^2}{(1 - 4\omega^2)^2 + \omega^2} \quad (2)$$

Мнимая часть:

$$V(\omega) = \frac{-2Tk\varepsilon\omega}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2T\varepsilon\omega)^2} = \frac{-10\omega}{(1 - 4\omega^2)^2 + \omega^2} \quad (3)$$

Модуль:

$$A(\omega) = \sqrt{U(\omega)^2 + V(\omega)^2} = 10 \sqrt{\frac{16\omega^4 - 7\omega^2 + 1}{((1 - 4\omega^2)^2 + \omega^2)^2}} \quad (4)$$

Фаза ЧПФ:

$$\psi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)} \quad (5)$$

$$\psi(\omega) = -\operatorname{arctg} \frac{\omega}{1 - 4\omega^2}, \omega \leq \frac{1}{T}$$

$$\psi(\omega) = -\pi - \operatorname{arctg} \frac{\omega}{1 - 4\omega^2}, \omega > \frac{1}{T}$$

В таблице 2 представлены данные, полученные в ходе моделирования колебательного звена.

Таблица 2 – Данные, полученные в ходе моделирования колебательного звена

w , рад/с	$\lg(w)$	$A(w)$	$L(w)$	$\psi(w)$,град
0.05	-1.3	10.08	20.07	-2.89
0.06	-1.22	10.12	20.11	-3.48
0.07	-1.15	10.17	20.15	-4.08
0.1	-1	10.36	20.31	-5.95
0.4	-0.39	18.58	25.38	-48.01
0.7	-0.15	8.42	18.5	-143.9
1	0	3.16	10	-161.56
1.5	0.18	1.23	1.79	-169.38
2	0.3	0.66	-3.59	-172.4
3.5	0.54	0.2	-13.65	-175.83
4	0.6	0.16	-16	-176.37
4.5	0.65	0.12	-18.07	-176.78
5	0.69	0.1	-19.92	-177.11

На рисунках 2 - 5 представлены частотные характеристики колебательного звена.

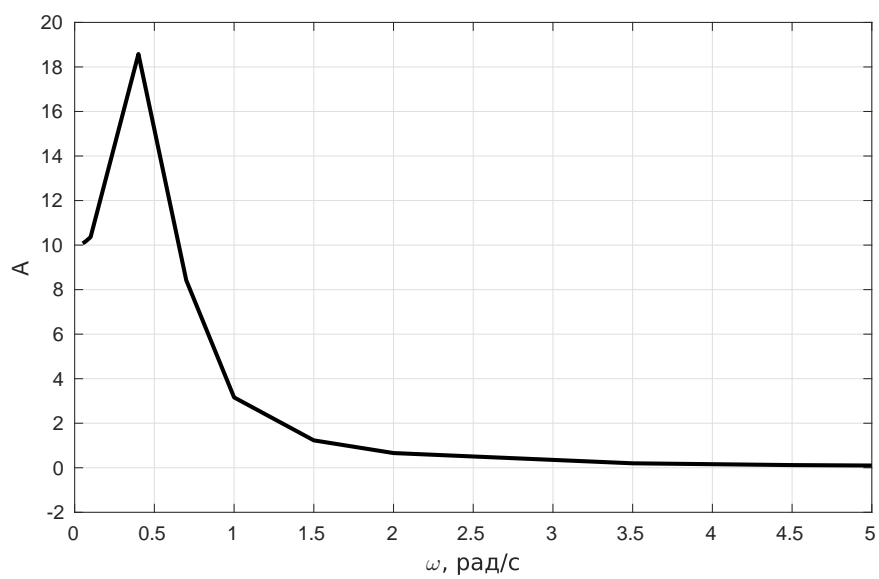


Рисунок 2 – АЧХ

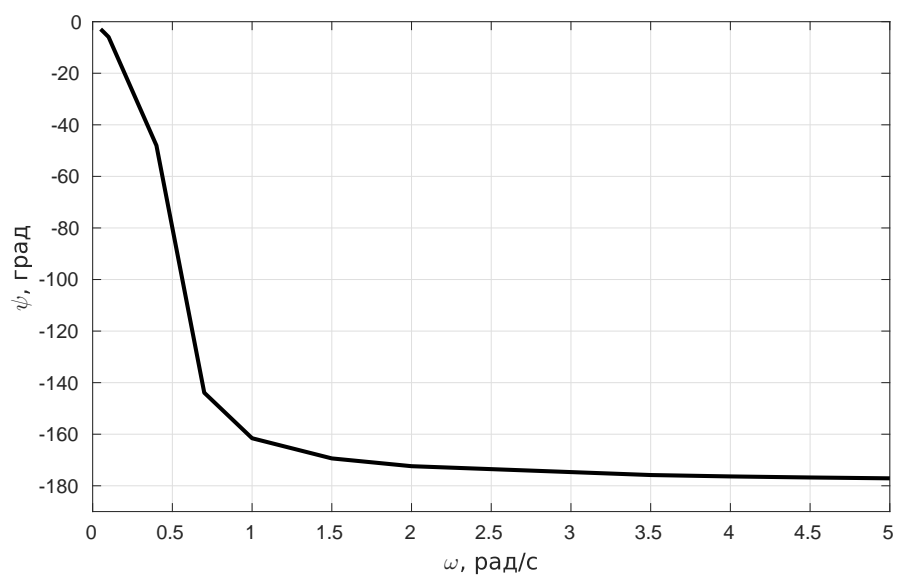


Рисунок 3 – ФЧХ

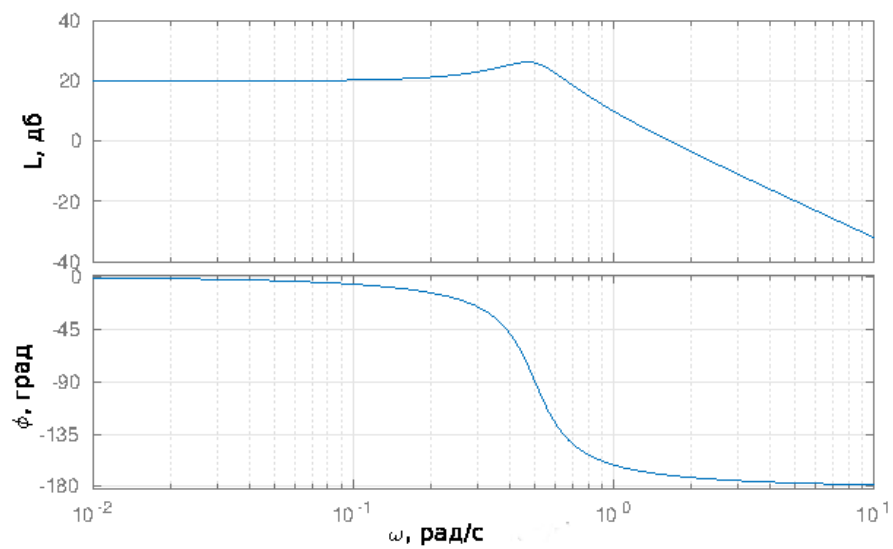


Рисунок 4 – ЛАЧХ и ЛФЧХ

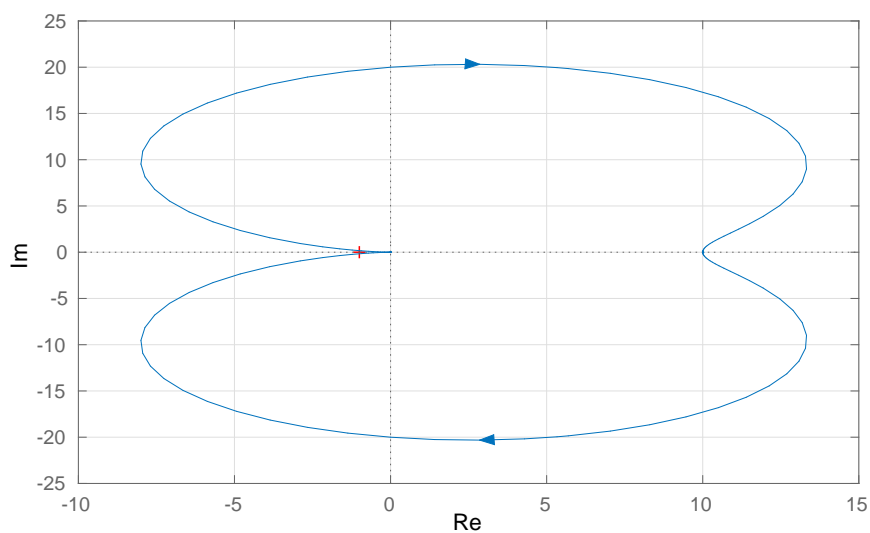


Рисунок 5 – АФЧХ

Выполним построение асимптотической ЛАЧХ колебательного звена, представленное на рисунке 6.

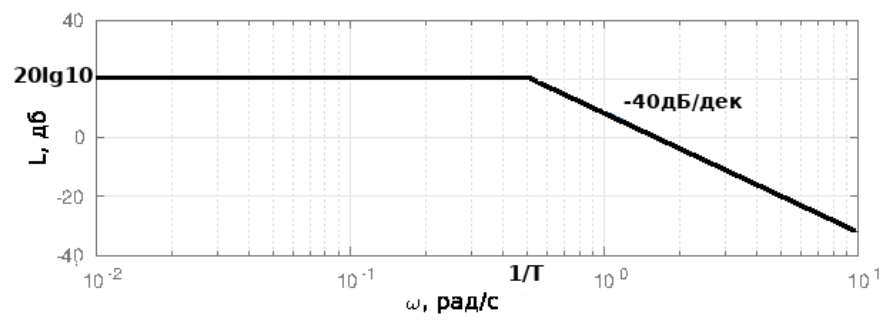


Рисунок 6 – Асимптотическая ЛАЧХ колебательного звена

2 Идеальное интегрирующее звено

На рисунке 7 представлена временная диаграмма идеального интегрирующего звена.

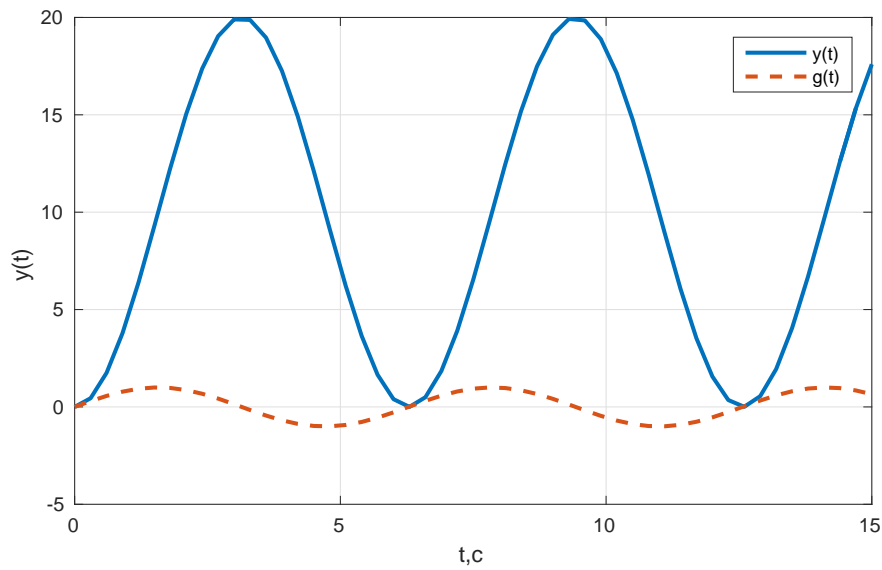


Рисунок 7 – Временная диаграмма идеального интегрирующего звена

Частотная передаточная функция идеального интегрирующего звена:

$$W(j\omega) = W(s)|_{s=j\omega} = \frac{k}{s} = \frac{k}{j\omega} = \frac{jk\omega}{-\omega^2} = -j\frac{k}{\omega} \quad (6)$$

Вещественная часть:

$$U(\omega) = 0$$

Мнимая часть:

$$V(\omega) = -\frac{k}{\omega} = -\frac{10}{\omega} \quad (7)$$

Модуль:

$$A(\omega) = \frac{10}{\omega} \quad (8)$$

Фаза:

$$\psi(\omega) = -\arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\arctg(\infty) = -\frac{\pi}{2} \quad (9)$$

В таблице 3 представлены данные, полученные в ходе моделирования идеального интегрирующего звена.

Таблица 3 – Данные, полученные в ходе моделирования идеального интегрирующего звена

ω , рад/с	$\lg(\omega)$	$A(\omega)$	$L(\omega)$	$\psi(\omega)$,град
0.05	-1.3	200	46.02	-90
0.06	-1.22	166.67	44.44	-90
0.07	-1.15	142.86	43.09	-90
0.1	-1	100	40	-90
0.4	-0.39	25	27.96	-90
0.7	-0.15	14.29	23.09	-90
1	0	10	20	-90
1.5	0.18	6.67	16.48	-90
2	0.3	5	13.98	-90
3.5	0.54	2.86	9.11	-90
4	0.6	2.5	7.96	-90
4.5	0.65	2.22	6.93	-90
5	0.69	2	6.02	-90

На рисунках 8 - 11 представлены частотные характеристики идеального интегрирующего звена.

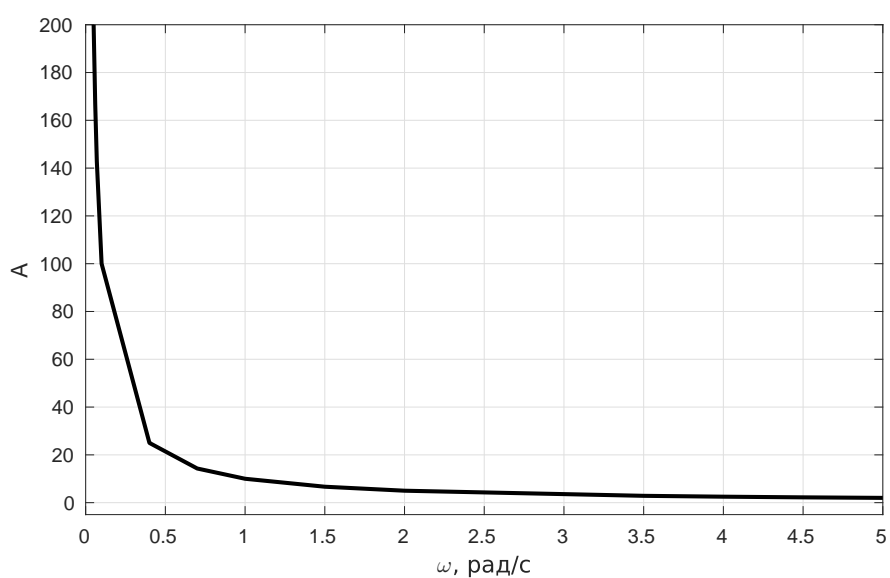


Рисунок 8 – АЧХ

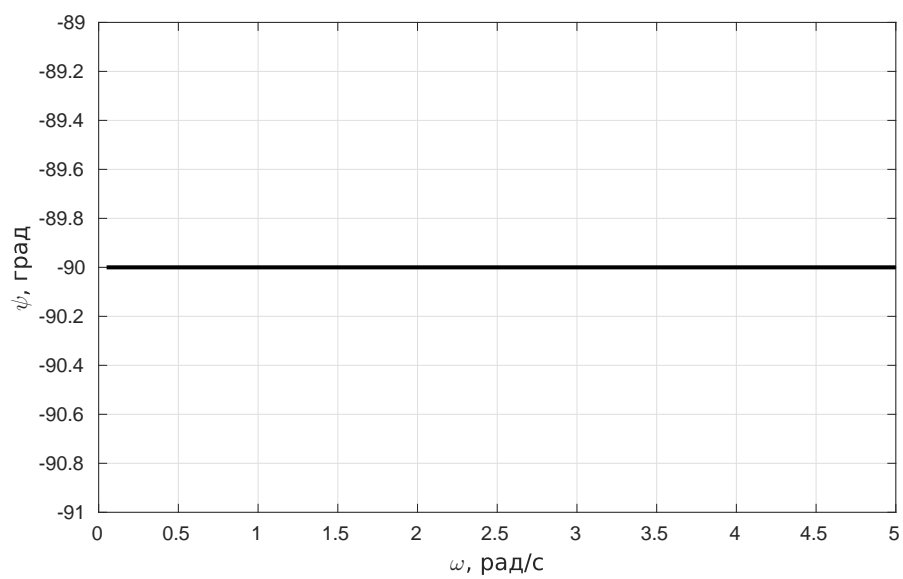


Рисунок 9 – ФЧХ

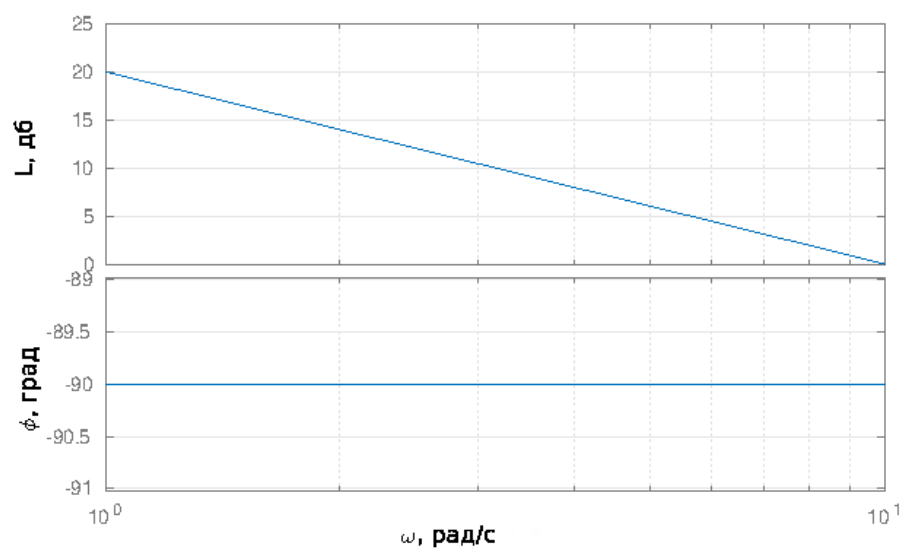


Рисунок 10 – ЛАЧХ и ЛФЧХ

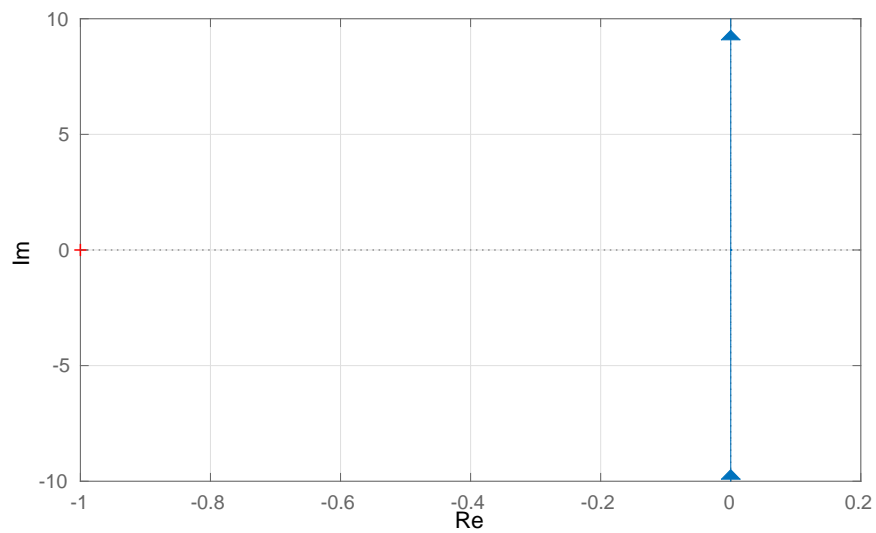


Рисунок 11 – АФЧХ

Выполним построение асимптотической ЛАЧХ идеального интегрирующего звена, представленное на рисунке 12.

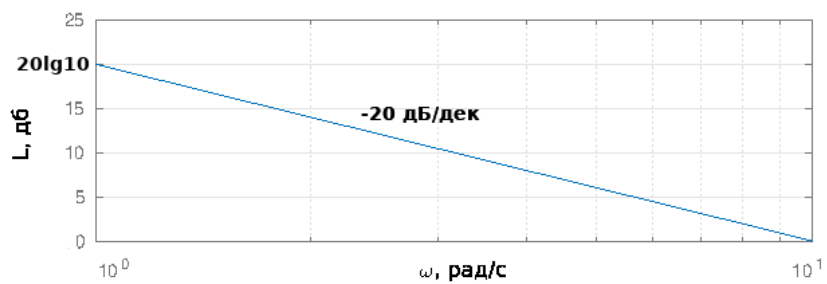


Рисунок 12 – Асимптотическая ЛАЧХ идеального интегрирующего звена

3 Дифференцирующее звено с замедлением

На рисунке 13 представлена временная диаграмма дифференцирующего звена с замедлением.

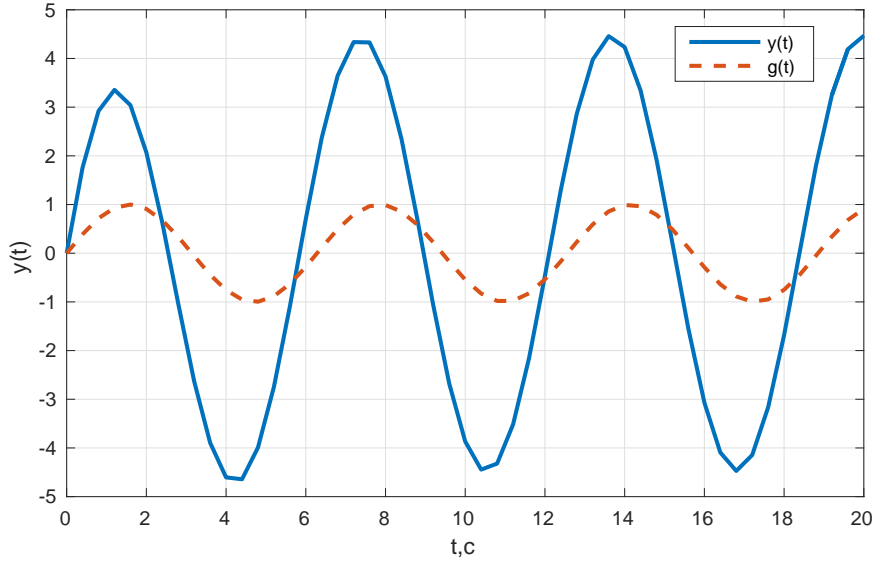


Рисунок 13 – Временная диаграмма дифференцирующего звена с замедлением

Частотная передаточная функция дифференцирующего звена с замедлением:

$$W(j\omega) = W(s)|_{s=j\omega} = \frac{ks}{1+Ts} = \frac{kj\omega}{1+Tj\omega} = \frac{jk\omega - Tj^2\omega^2k}{1^2 - (Tj\omega)^2} = \frac{T\omega^2k}{1+T^2\omega^2} + j\frac{k\omega}{1+T^2\omega^2} \quad (10)$$

Вещественная часть:

$$U(\omega) = \frac{T\omega^2k}{1+T^2\omega^2} = \frac{20\omega^2}{1+4\omega^2}$$

Мнимая часть:

$$V(\omega) = \frac{k\omega}{1+T^2\omega^2} = \frac{10\omega}{1+4\omega^2} \quad (11)$$

Модуль:

$$A(\omega) = \sqrt{\frac{T^2\omega^4k^2 + k^2\omega^2}{(1+T^2\omega^2)^2}} = \sqrt{\frac{400\omega^4 + 100\omega^2}{(1+4\omega^2)^2}} = 10\omega \sqrt{\frac{4\omega^2 + 1}{(1+4\omega^2)^2}} = \frac{10\omega}{\sqrt{1+4\omega^2}} \quad (12)$$

Фаза:

$$\psi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = \arctg\left(\frac{1}{2\omega}\right) \quad (13)$$

В таблице 4 представлены данные, полученные в ходе моделирования дифференцирующего звена с замедлением.

Таблица 4 – Данные, полученные в ходе моделирования дифференцирующего звена с замедлением

ω , рад/с	$\lg(\omega)$	$A(\omega)$	$L(\omega)$	$\psi(\omega)$,град
0.05	-1.3	0.49	-6.064	84.29
0.06	-1.22	0.59	-4.499	83.16
0.07	-1.15	0.69	-3.18	82.03
0.1	-1	0.98	-0.17	78.69
0.4	-0.398	3.12	9.89	51.34
0.7	-0.15	4.069	12.19	35.54
1	0	4.47	13.01	26.56
1.5	0.18	4.74	13.52	18.43
2	0.3	4.85	13.72	14.04
3.5	0.54	4.95	13.89	8.13
4	0.6	4.96	13.91	7.13
4.5	0.65	4.97	13.93	6.34
5	0.7	4.98	13.93	5.71

На рисунках 14 - 17 представлены частотные характеристики дифференцирующего звена с замедлением.

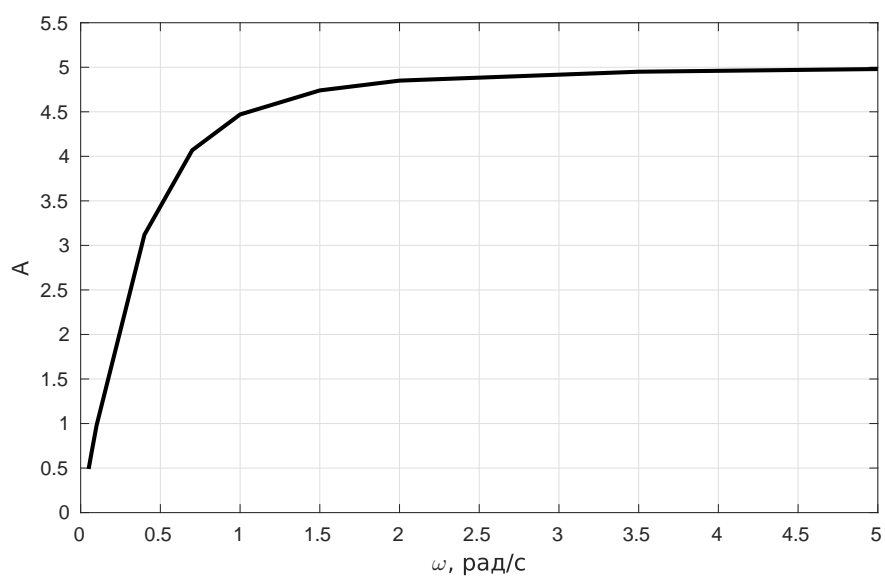


Рисунок 14 – АЧХ

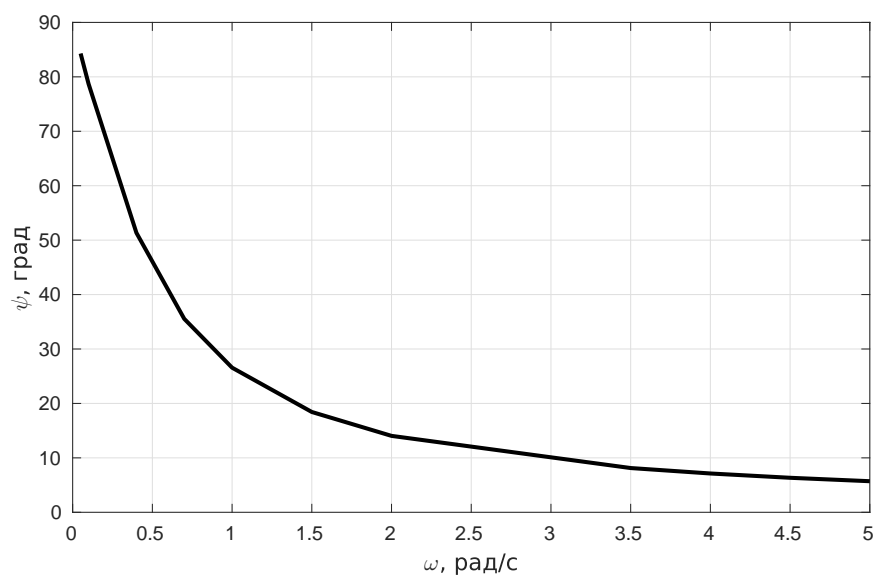


Рисунок 15 – ФЧХ

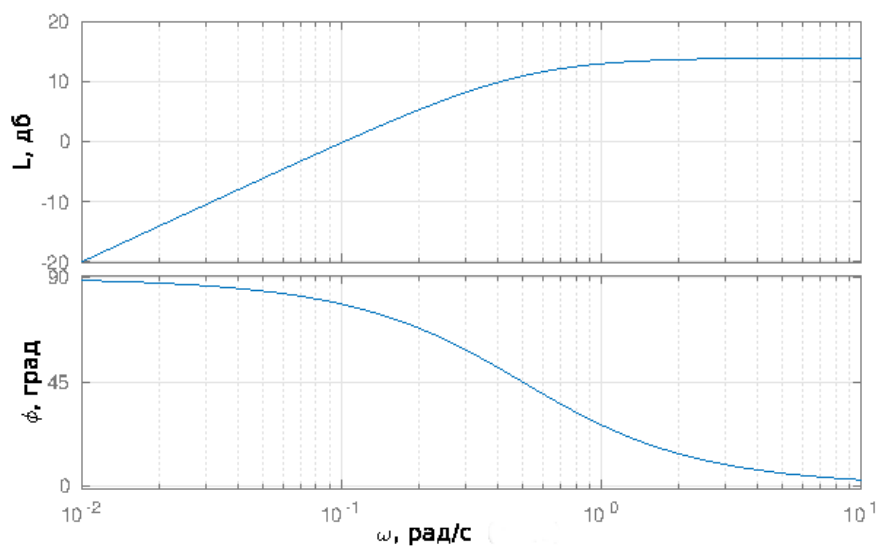


Рисунок 16 – ЛАЧХ и ЛФЧХ

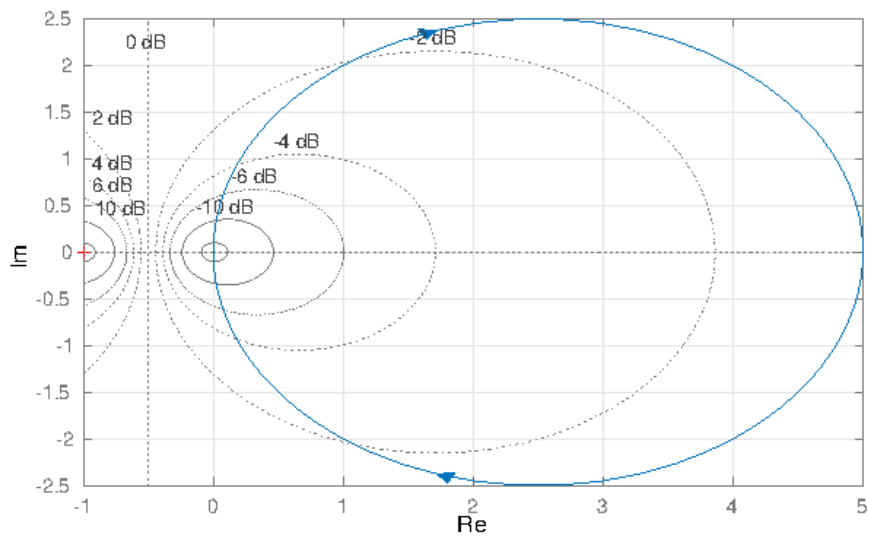


Рисунок 17 – АФЧХ

Выполним построение асимптотической ЛАЧХ дифференцирующего звена с замедлением, представленное на рисунке 18.

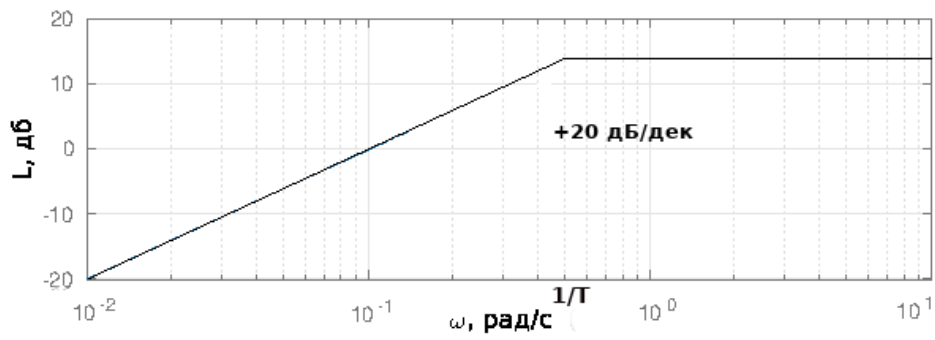


Рисунок 18 – Асимптотическая ЛАЧХ дифференцирующего звена с замедлением

Вывод

В данной лабораторной работе были изучены и построены частотные характеристики типовых динамических звеньев: колебательного, идеального интегрирующего и дифференцирующего с замедлением. При построении характеристик ЛАЧХ и асимптотической ЛАЧХ можно заметить, что асимптотическая ЛАЧХ сходится к построенной ЛАЧХ в ходе математического моделирования. При анализе полученных значений фаз выходного сигнала можно сделать вывод, что у идеального интегрирующего звена фазовый сдвиг равен -90° . Так же можно сделать вывод, что у дифференцирующего звена с замедлением и у колебательного звена, при построении асимптотической ЛАЧХ, график менял наклон при переходе через точку равную частоте среза.