

Московский государственный технический университет им. Н.Э.  
Баумана

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника (РЛ)»

Кафедра «Технология приборостроения (РЛ6)»

---

Лабораторная работа №2

по дисциплине «Радиоавтоматика. Системы автоматического  
управления»

Выполнил ст. группы РЛ6-81

Филимонов С.В.

Преподаватель Селезнёва М.С.

Москва, 2024

## Идеальное интегрирующее звено

Описывается следующей передаточной функцией:

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

Экспериментально полученные характеристики при вариации параметра К звена представлены на рисунке 1:

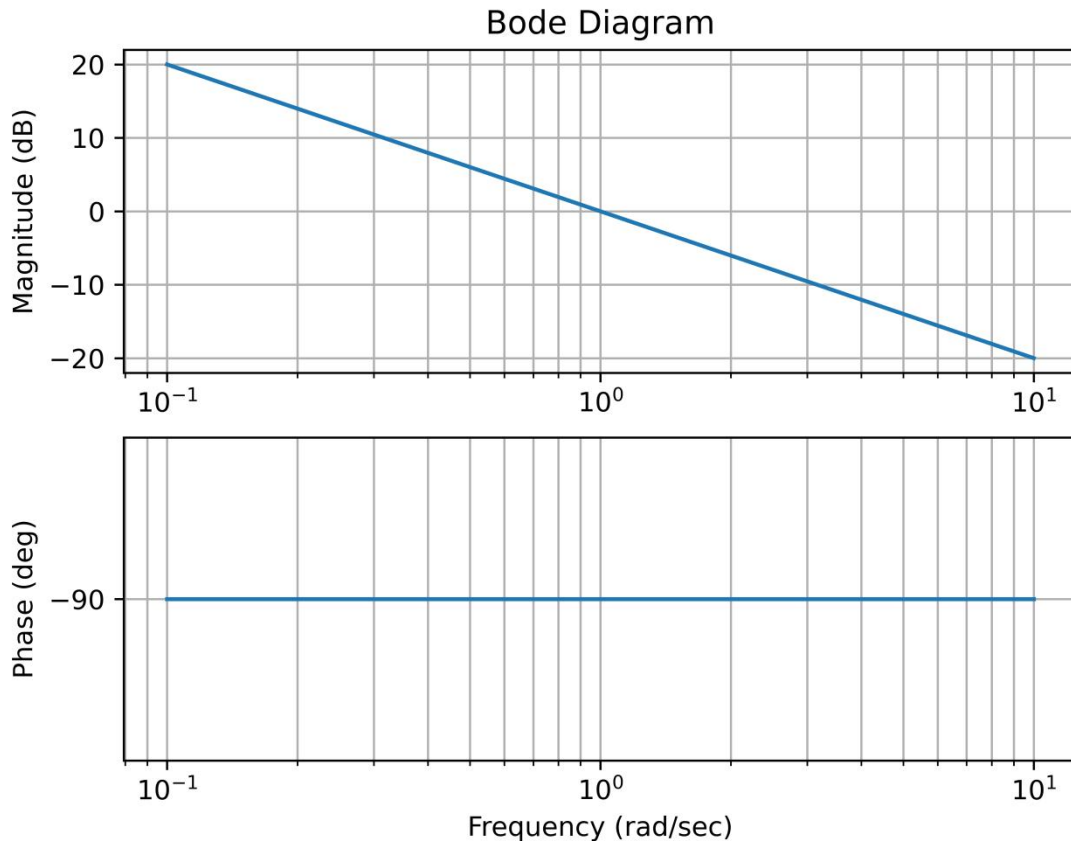


Рисунок 1 – ЛЧХ интегрирующего звена

ЛАЧХ представляет прямую с отрицательным наклоном, имеющую спад 20 дБ/дек. При  $\omega = 0$  имеет значение  $20\lg K$ , при  $\omega = \infty$  стремится к  $-\infty$ . Точка пересечения с осью частот (при  $20\lg K > 0$ ) зависит от начального значения К и удаляется при увеличении К.

ЛФЧХ идеального интегрирующего звена показывает отсутствие фазового сдвига в любой и частотной области и равно  $-\frac{\pi}{2}$ .

Вывод: при увеличении/уменьшении параметра К наблюдается увеличение/уменьшение усиления на 0 частоте, с увеличением частоты усиление спадает со скоростью 20 дБ/дек.

### Апериодическое звено 1-го порядка (инерционное)

Описывается следующей передаточной функцией:

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

Экспериментально полученные характеристики при вариации параметров К и Т звена представлены на рисунке 2:

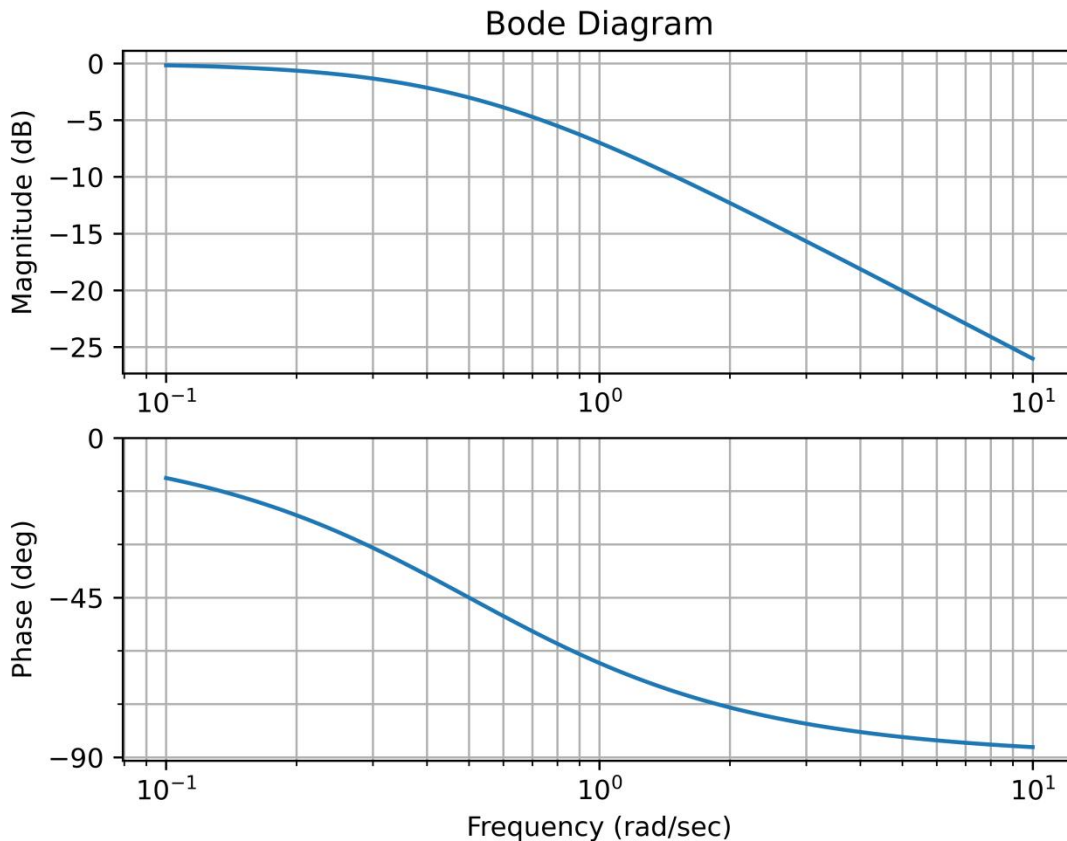


Рисунок 2 – ЛЧХ апериодического звена 1-го порядка

ЛАЧХ представляет прямую с перегибом в точке  $\frac{1}{T}$ , после которого имеется спад 20 дБ/дек. При  $\omega = 0$  имеет значение  $20\lg K$ , при  $\omega = \infty$  стремится к  $-\infty$ . Точка пересечения с осью частот (при условии, что  $20\lg K > 0$ ) удаляется при увеличении К и уменьшении постоянной времени.

ЛФЧХ апериодического звена 1-го порядка изменяется от 0 до  $-\frac{\pi}{2}$  с перегибом в точке  $\frac{1}{T}$ .

Вывод: при увеличении/уменьшении параметра К наблюдается увеличение/уменьшение усиления на промежутке от 0 до  $\frac{1}{T}$ , то есть чем

меньше постоянная времени, тем шире полоса с коэффициентом усиления  $20\lg K$ ; ЛФЧХ непостоянна и имеет перегиб в точке  $\frac{1}{T}$ ; апериодическое звено 1-го порядка – ФНЧ.

### Апериодическое звено 2-го порядка

Описывается следующей передаточной функцией:

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

Экспериментально полученные характеристики при вариации параметров  $K, T_2, T_1$  звена представлены на рисунке 3:

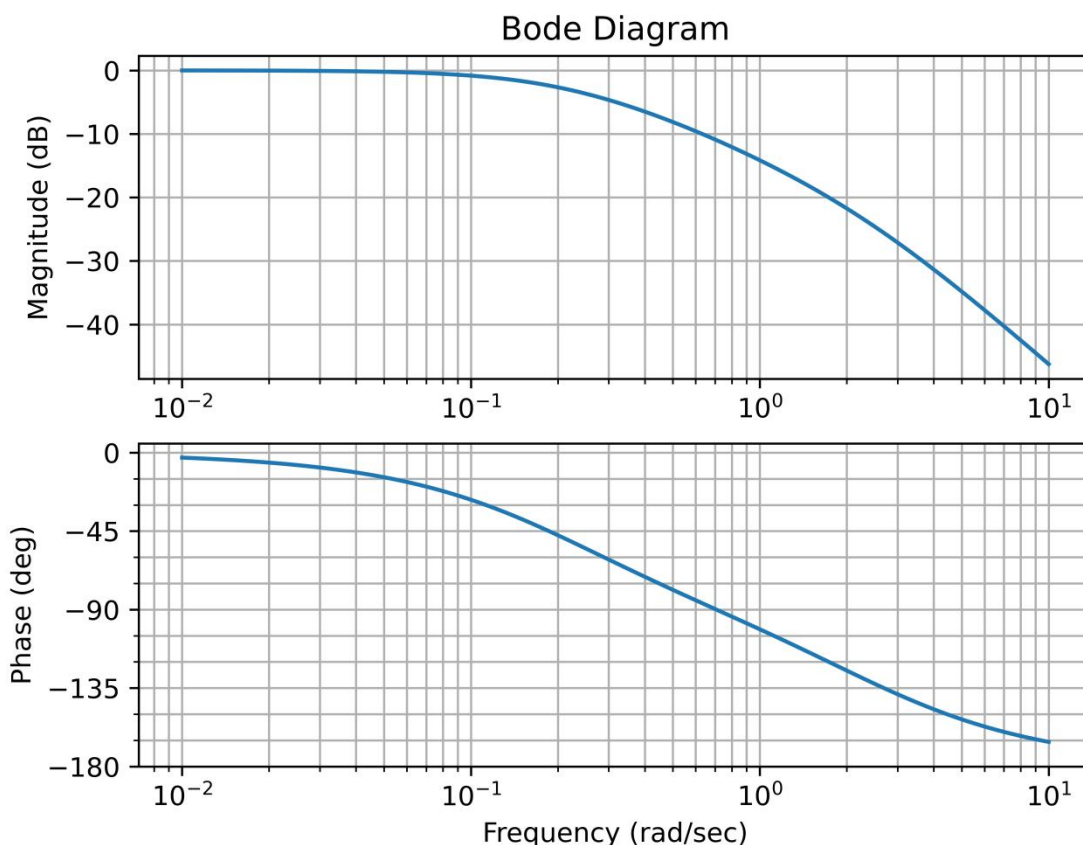


Рисунок 3 – ЛЧХ апериодического звена 2-го порядка

ЛАЧХ представляет прямую с перегибом в точке  $\frac{1}{T_1}$ , после которого имеется спад 20 дБ/дек, затем 40 дБ/дек. При  $\omega = 0$  имеет значение  $20\lg K$ , при  $\omega = \infty$  стремится к  $-\infty$ . Точка пересечения с осью частот (при  $20\lg K > 0$ ) удаляется при увеличении  $K$  и уменьшении постоянных времени.

ЛФЧХ апериодического звена 2-го порядка изменяется от 0 до  $-\pi$ .

Вывод: при увеличении/уменьшении параметра  $K$  наблюдается увеличение/уменьшение усиления на промежутке от 0 до  $\frac{1}{T_1}$ , то есть чем меньше постоянная времени  $T_1$ , тем шире полоса с коэффициентом усиления  $20\lg K$ ; ЛФЧХ непостоянна и изменяется от 0 до  $-\pi$  тем медленнее, чем больше постоянные времени.

### Колебательное

Описывается следующей передаточной функцией:

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

Экспериментально полученные характеристики при вариации параметров  $K, T_2, T_1$  звена представлены на рисунке 4:

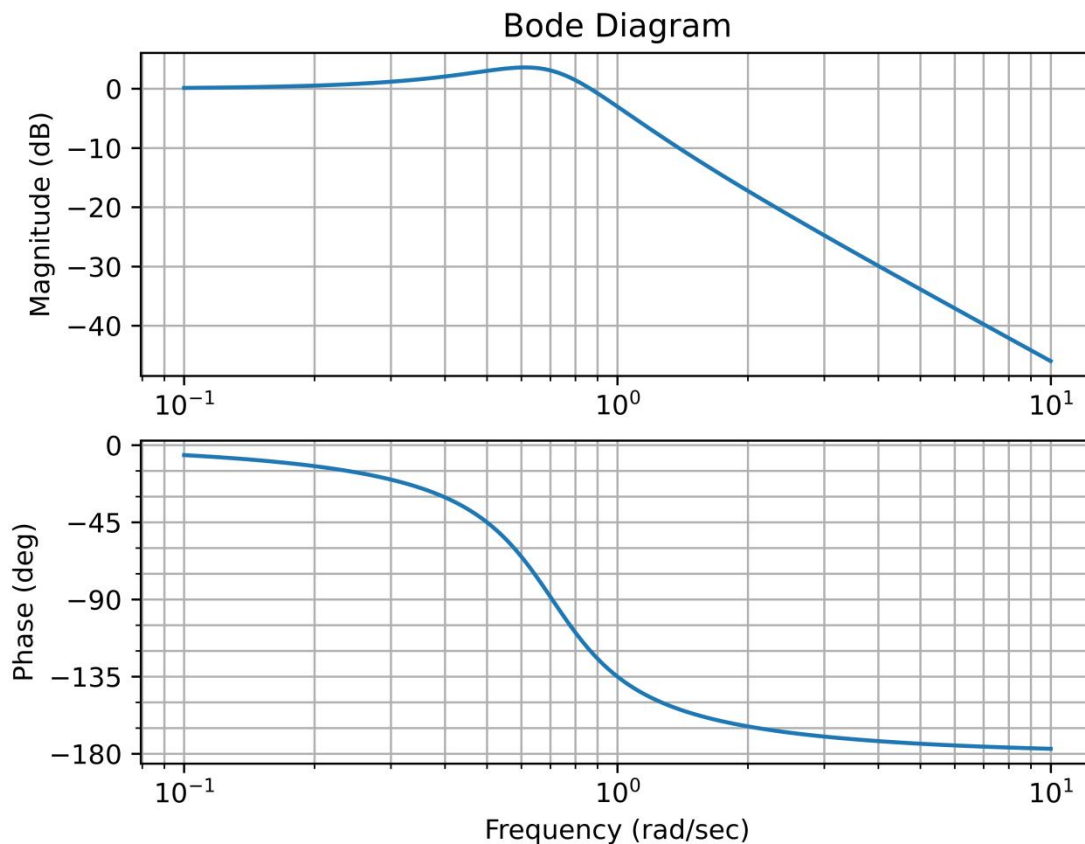


Рисунок 4 – ЛЧХ колебательного звена

ЛАЧХ представляет прямую имеющую перегиб, после которого имеется спад 40 дБ/дек. При  $\omega = 0$  имеет значение  $20\lg K$ , при  $\omega = \infty$

стремится к  $-\infty$ . Точка пересечения с осью частот (при  $20\lg K > 0$ ) удаляется при увеличении  $K$  и уменьшении постоянных времени.

ЛФЧХ колебательного порядка изменяется от  $0$  до  $-\pi$ .

Вывод: при увеличении/уменьшении параметра  $K$  наблюдается увеличение/уменьшение усиления в некотором промежутке при этом чем меньше постоянные времени, тем шире полоса с коэффициентом усиления  $20\lg K$ ; ЛФЧХ непостоянна и изменяется от  $0$  до  $-\pi$  тем медленнее, чем больше постоянные времени. Кроме того, колебательное звено имеет резонанс на некоторой частоте и пик тем выраженнее, чем меньше  $T_2$ .

### Консервативное

Описывается следующей передаточной функцией:

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

Экспериментально полученные характеристики при вариации параметров  $K$ ,  $T_2$  звена представлены на рисунке 5:

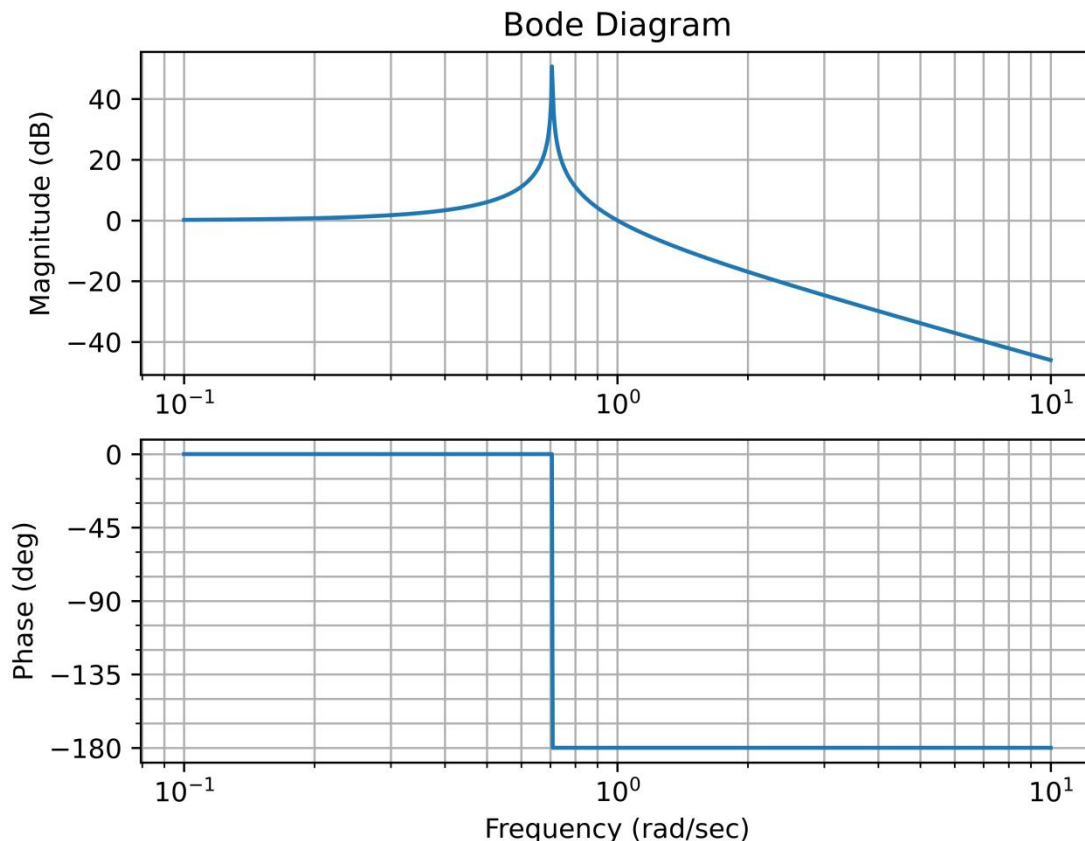


Рисунок 5 – ЛЧХ консервативного звена

ЛАЧХ представляет прямую имеющую резонанс в точке  $\frac{1}{\sqrt{T_2}}$ , после которого имеется спад 40 дБ/дек. При  $\omega = 0$  имеет значение  $20\lg K$ , при  $\omega = \infty$  стремится к  $-\infty$ . Точка пересечения с осью частот (при  $20\lg K > 0$ ) удаляется при увеличении  $K$  и уменьшении постоянной времени.

ЛФЧХ колебательного порядка изменяется от 0 до  $-\pi$  резким скачком в точке  $\frac{1}{\sqrt{T_2}}$ .

Вывод: при увеличении/уменьшении параметра  $K$  наблюдается увеличение/уменьшение усиления в некотором промежутке при этом чем меньше постоянная времени, тем шире полоса с коэффициентом усиления  $20\lg K$ ; ЛФЧХ непостоянна и изменяется от 0 до  $-\pi$  резким скачком в точке резонанса. Кроме того, консервативное звено имеет резонанс на частоте  $\frac{1}{\sqrt{T_2}}$ .

### Интегрирующее с запаздыванием (реальное интегрирующее)

Описывается следующей передаточной функцией:

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

Экспериментально полученные характеристики при вариации параметров  $K$ ,  $T$  звена представлены на рисунке 6:

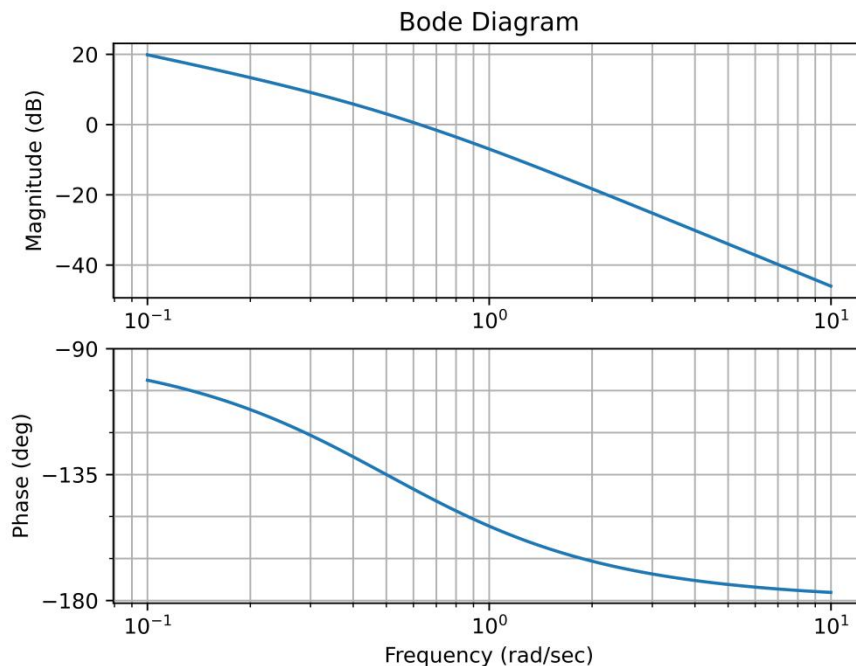


Рисунок 6 – ЛЧХ звена интегрирующего с запаздыванием

ЛАЧХ представляет спадающую со скоростью 20 дБ/дек прямую, имеющую перегиб в точке  $\frac{1}{T}$  после которого имеется спад 40 дБ/дек. При  $\omega = 0$  имеет значение  $80 + 20 \lg K$ , при  $\omega = \infty$  стремится к  $-\infty$ . Точка пересечения с осью частот удаляется при увеличении  $K$  и уменьшении постоянной времени.

ЛФЧХ колебательного порядка изменяется от  $-\frac{\pi}{2}$  до  $-\pi$  с перегибом в точке  $\frac{1}{T}$ .

Вывод: при увеличении/уменьшении параметра  $K$  наблюдается увеличение/уменьшение усиления на 0 частоте, с увеличением частоты усиление спадает сначала со скоростью 20 дБ/дек, после точки  $\frac{1}{T}$  со скоростью 40 дБ/дек; ЛФЧХ непостоянна и изменяется от  $-\frac{\pi}{2}$  до  $-\pi$  с перегибом в точке  $\frac{1}{T}$  тем медленнее, чем больше постоянная времени.

### Дифференцирующее с запаздыванием (реальное дифференцирующее)

Описывается следующей передаточной функцией:

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

Экспериментально полученные характеристики при вариации параметров  $K, T$  звена представлены на рисунке 7:

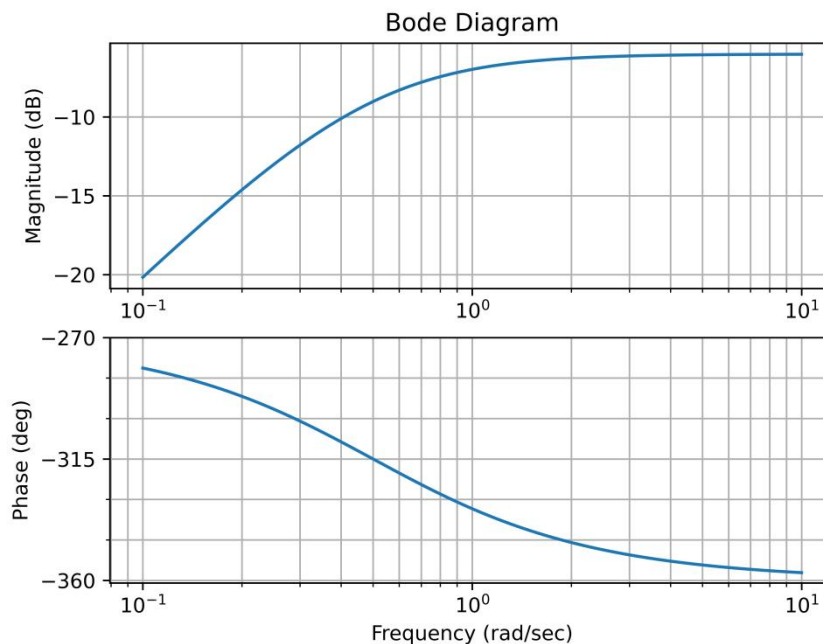




Рисунок 7 – ЛЧХ звена дифференцирующего с запаздыванием

ЛАЧХ представляет нарастающую со скоростью 20 дБ/дек прямую имеющую перегиб в точке  $\frac{1}{T}$ , после которого коэффициент усиления остаётся неизменным и имеет значения, до которого возросла прямая до момента  $\frac{1}{T}$ . Усиление при  $\omega = 0$  составляет  $-80 + 20\lg K$ , усиление при  $\omega \rightarrow \infty$  равно константе.

ЛФЧХ колебательного порядка изменяется от  $\frac{\pi}{2}$  до 0 с перегибом в точке  $\frac{1}{T}$ .

Вывод: усиление низких частот хуже, чем высоких частот, при увеличении/уменьшении параметра К наблюдается увеличение/уменьшение усиления на 0 частоте, с увеличением частоты усиление стремится к константе; ЛФЧХ непостоянна и изменяется от  $\frac{\pi}{2}$  до 0 с перегибом в точке  $\frac{1}{T}$ .

### Изодромное звено

Описывается следующей передаточной функцией:

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

Экспериментально полученные характеристики при вариации параметров К, Т звена представлены на рисунке 8:

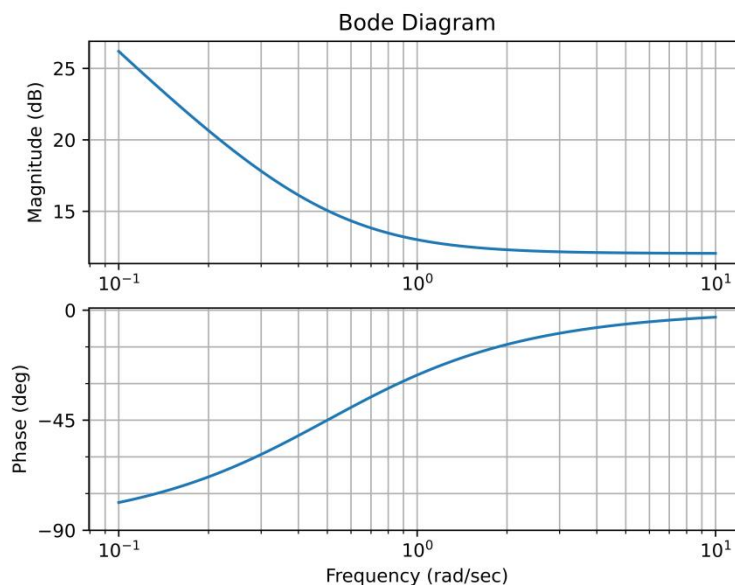


Рисунок 8 – ЛЧХ изодромного звена

ЛАЧХ представляет прямую имеющую перегиб в точке  $\frac{1}{T}$ , после которого имеется подъём 20 дБ/дек. При  $\omega = 0$  имеет значение  $20\lg K$ , при  $\omega = \infty$  стремится к  $+\infty$ . Точка пересечения с осью частот (при  $20\lg K < 0$ ) удаляется при уменьшении  $K$  и уменьшении постоянной времени.

ЛФЧХ колебательного порядка изменяется от 0 до  $\frac{\pi}{2}$  с перегибом в точке  $\frac{1}{T}$ .

Вывод: усиление низких частот равно константе и полоса данного усиления тем шире, чем меньше постоянная времени, усиление высоких частот  $\rightarrow \infty$  при  $\omega \rightarrow \infty$ , при увеличении/уменьшении параметра  $K$  наблюдается увеличение/уменьшение усиления в промежутке от 0 до  $\frac{1}{T}$ ; ЛФЧХ непостоянна и изменяется от 0 до  $\frac{\pi}{2}$  с перегибом в точке  $\frac{1}{T}$ .