

Теория автоматического управления

Типовые звенья

Типовые динамические звенья

Уравнение движения

$$a_0\ddot{y}(t) + a_1\dot{y}(t) + a_2y(t) = b_1\dot{X}(t) + b_2X(t),$$

где $X(t)$ — входная переменная, $y(t)$ — выходная переменная, a_i, b_i — постоянные коэффициенты

Типовые динамические звенья

Уравнение движения

$$a_0\ddot{y}(t) + a_1\dot{y}(t) + a_2y(t) = b_1\dot{x}(t) + b_2x(t),$$

где $x(t)$ — входная переменная, $y(t)$ — выходная переменная, a_i, b_i — постоянные коэффициенты

Передаточная функция

$$W(p) = \frac{b_1p + b_2}{a_0p^2 + a_1p + a_2}$$

Типовые динамические звенья

Уравнение движения

$$a_0\ddot{y}(t) + a_1\dot{y}(t) + a_2y(t) = b_1\dot{x}(t) + b_2x(t),$$

где $x(t)$ — входная переменная, $y(t)$ — выходная переменная, a_i, b_i — постоянные коэффициенты

Передаточная функция

$$W(p) = \frac{b_1p + b_2}{a_0p^2 + a_1p + a_2}$$

Классификация по виду установившегося движения

- Позиционные $y_{уст} = kx$
- Интегрирующие $y_{уст} = k \int_0^t x dt$
- Дифференцирующие $y_{уст} = k \frac{dx}{dt}$

Пропорциональное звено

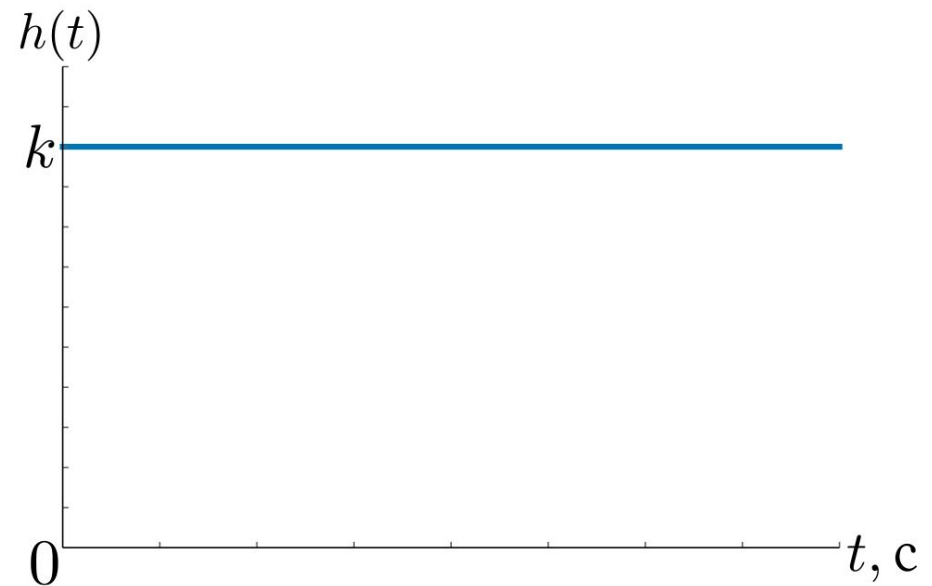
Уравнение движения $y(t) = kX(t)$, где k -- коэффициент усиления

Пропорциональное звено

Уравнение движения $y(t) = kX(t)$, где k -- коэффициент усиления

Переходная функция

$$h(t) = k1(t)$$



Пропорциональное звено

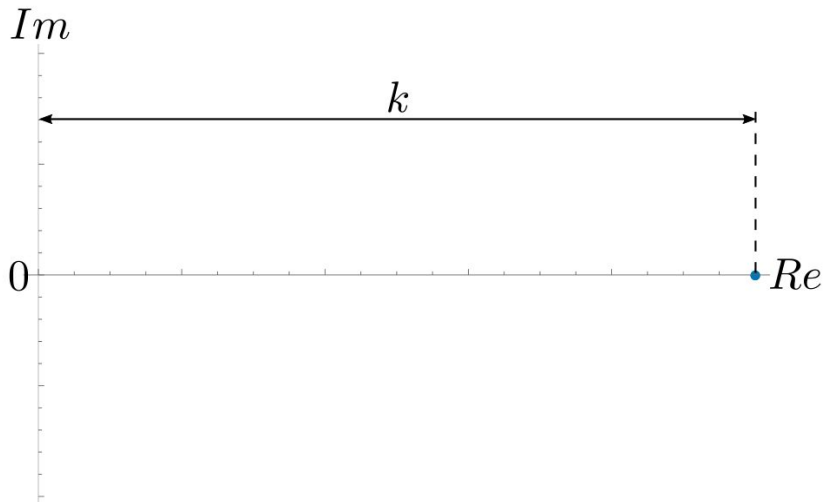
Уравнение движения $y(t) = kX(t)$, где k -- коэффициент усиления

Передаточная функция

$$W(p) = W(j\omega) = k$$

Частотная передаточная функция

$$W(j\omega) = k$$



Пропорциональное звено

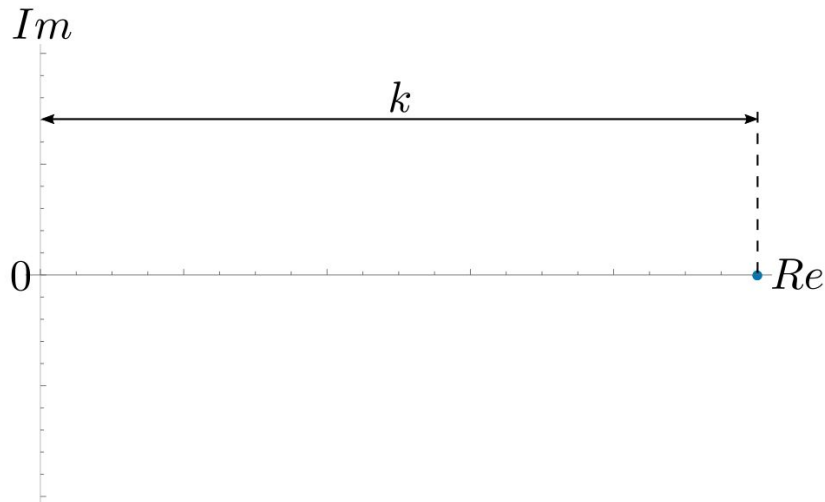
Уравнение движения $y(t) = kX(t)$, где k -- коэффициент усиления

Передаточная функция

$$W(p) = W(j\omega) = k$$

Частотная передаточная функция

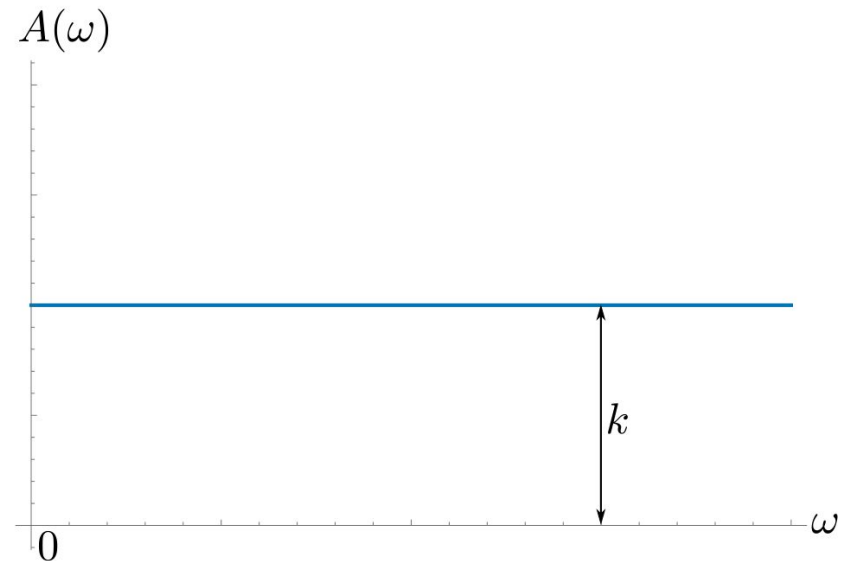
$$W(j\omega) = k$$



АЧХ и ФЧХ

$$A(\omega) = k,$$

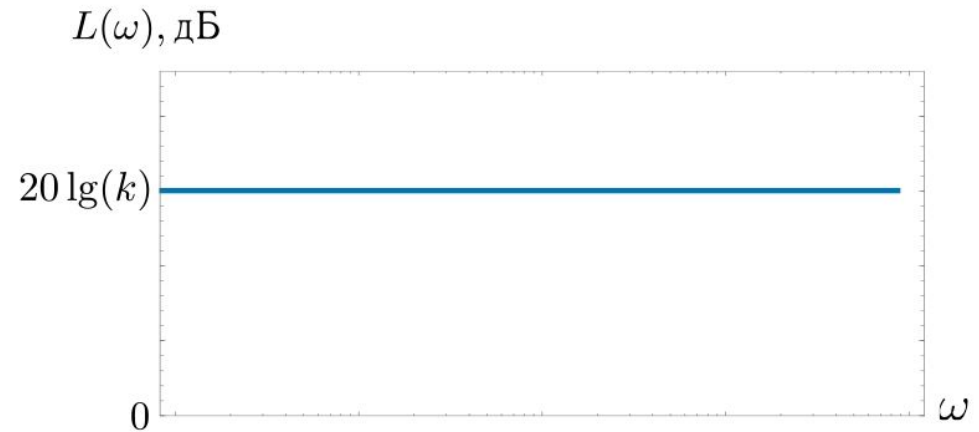
$$\psi(\omega) = 0$$



Пропорциональное звено

Уравнение движения $y(t) = kX(t)$, где k -- коэффициент усиления

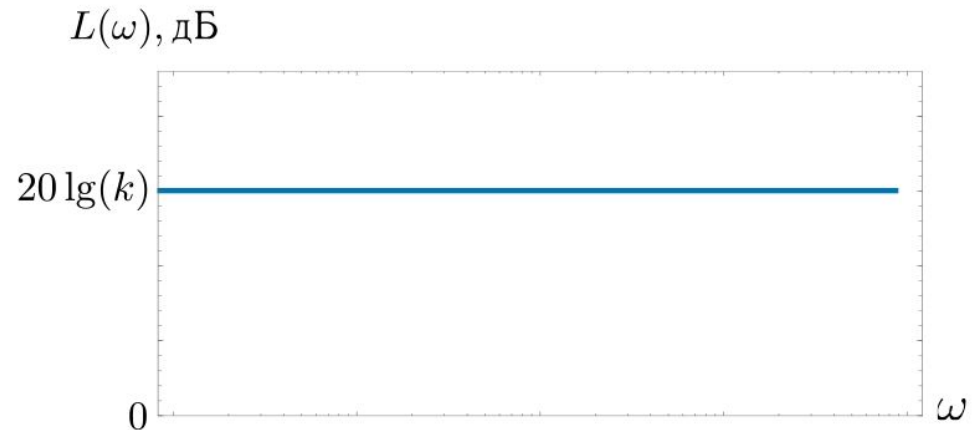
ЛАЧ
X $L(\omega) = 20 \lg k$



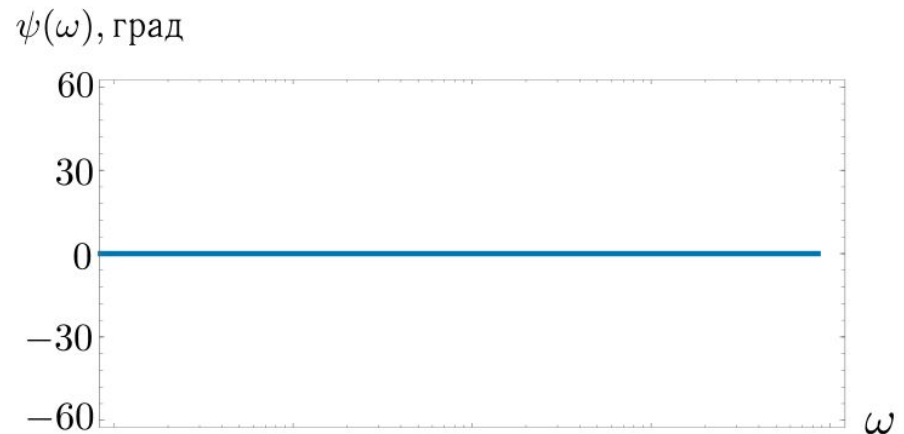
Пропорциональное звено

Уравнение движения $y(t) = kX(t)$, где k -- коэффициент усиления

ЛАЧ
X $L(\omega) = 20 \lg k$



ЛФЧ
X $\psi(\omega) = 0$



Пропорциональное звено

Примеры

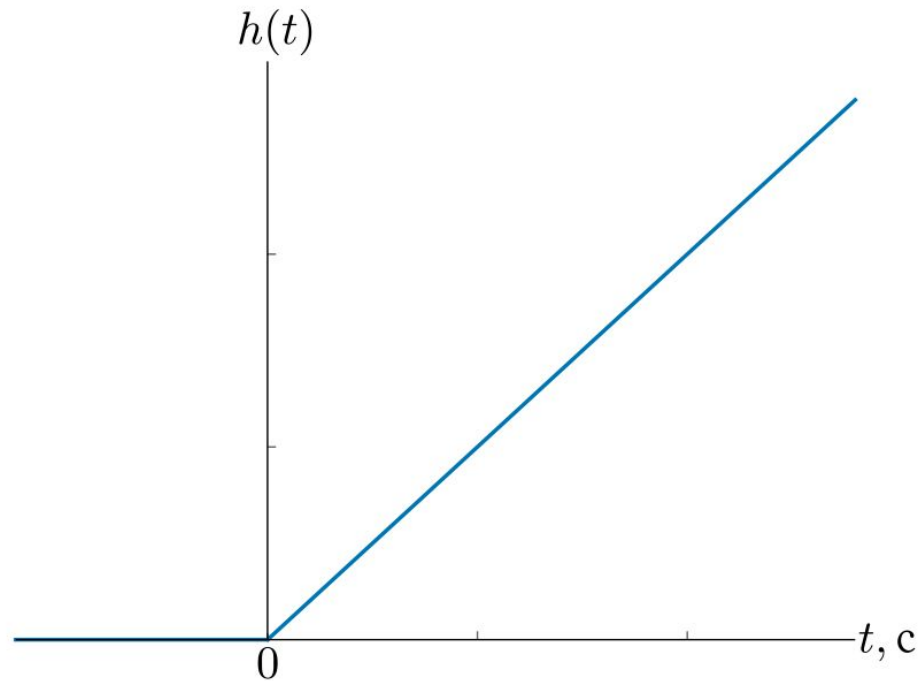
- Потенциометрический датчик
- Редуктор
- Широкополосный усилитель напряжения

Интегрирующее звено

$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kX(t)$$

Переходная функция

$$h(t) = kt$$



Интегрирующее звено

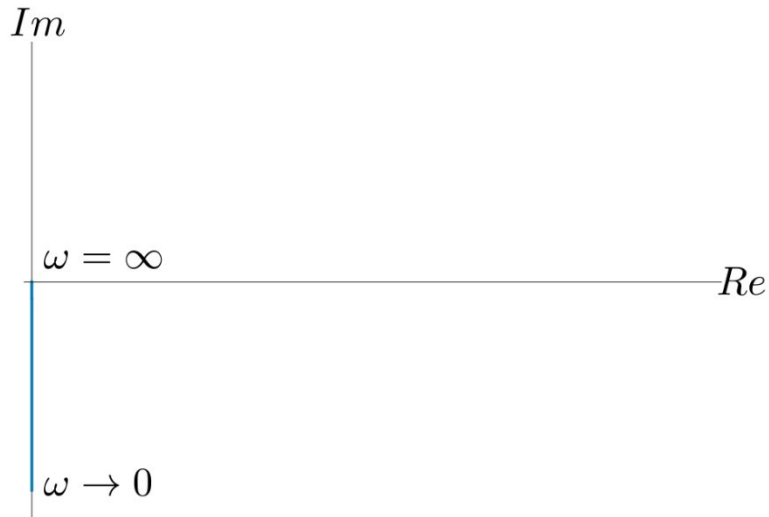
$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kx(t)$$

Передаточная функция

$$W(p) = \frac{1}{p}$$

Частотная передаточная функция

$$W(j\omega) = -j\frac{1}{\omega}$$



Интегрирующее звено

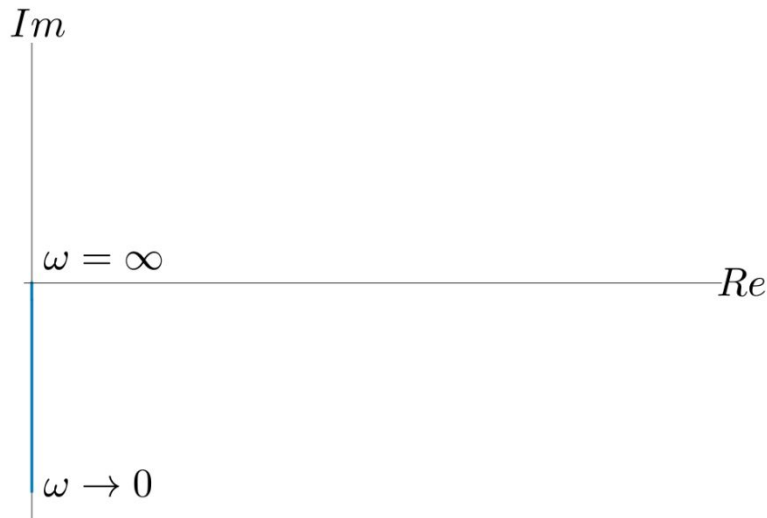
$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kx(t)$$

Передаточная функция

$$W(p) = \frac{1}{p}$$

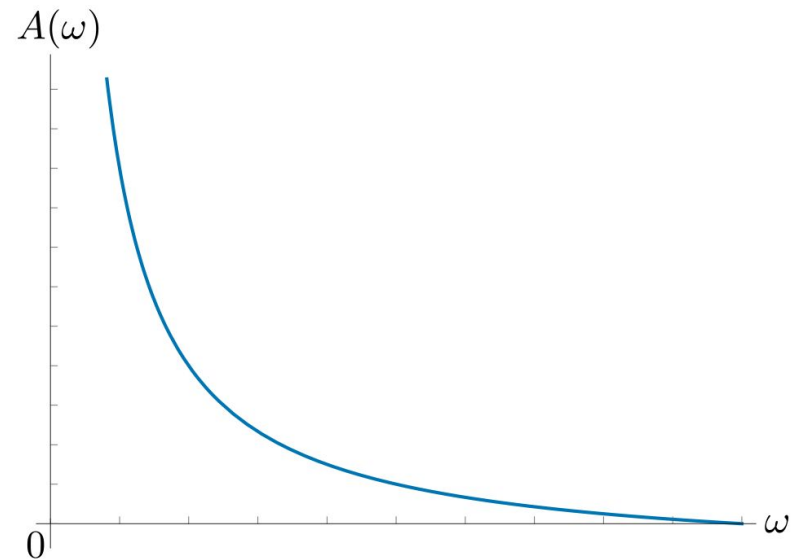
Частотная передаточная функция

$$W(j\omega) = -j\frac{1}{\omega}$$



АЧХ и ФЧХ

$$A(\omega) = \frac{k}{\omega},$$
$$\psi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$$

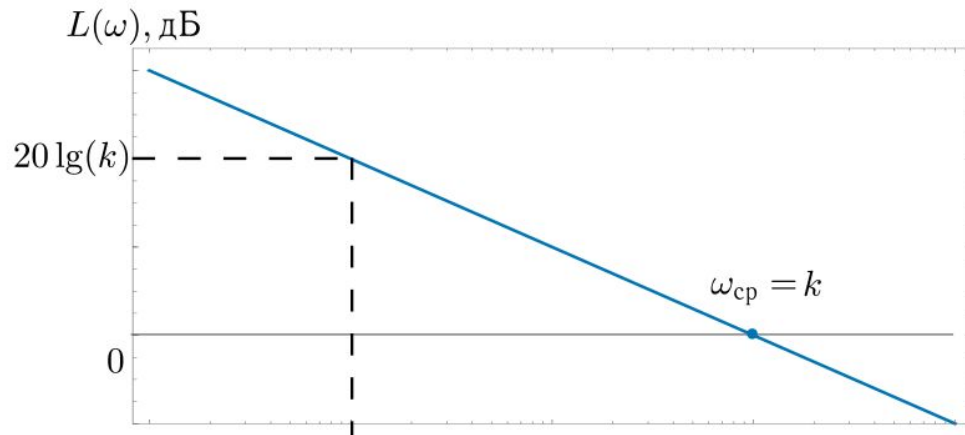


Интегрирующее звено

Уравнение движения $\dot{y}(t) = kx(t)$

ЛАЧ
X

$$L(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \omega$$

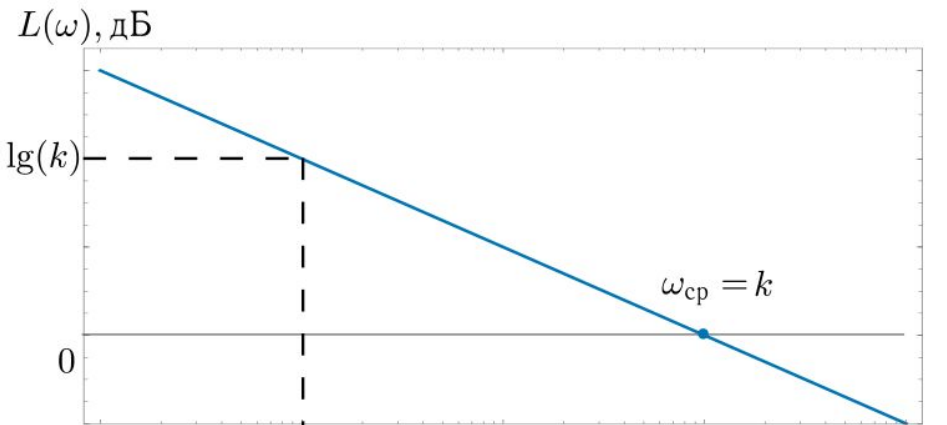


Интегрирующее звено

$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kx(t)$$

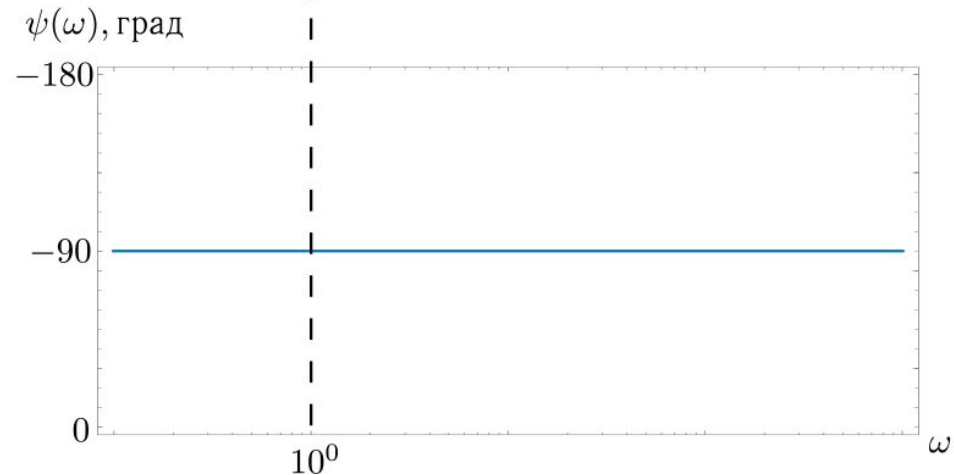
ЛАЧ
X

$$L(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \omega$$



ЛФЧ
X

$$\psi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$$



Интегрирующее звено

Примеры

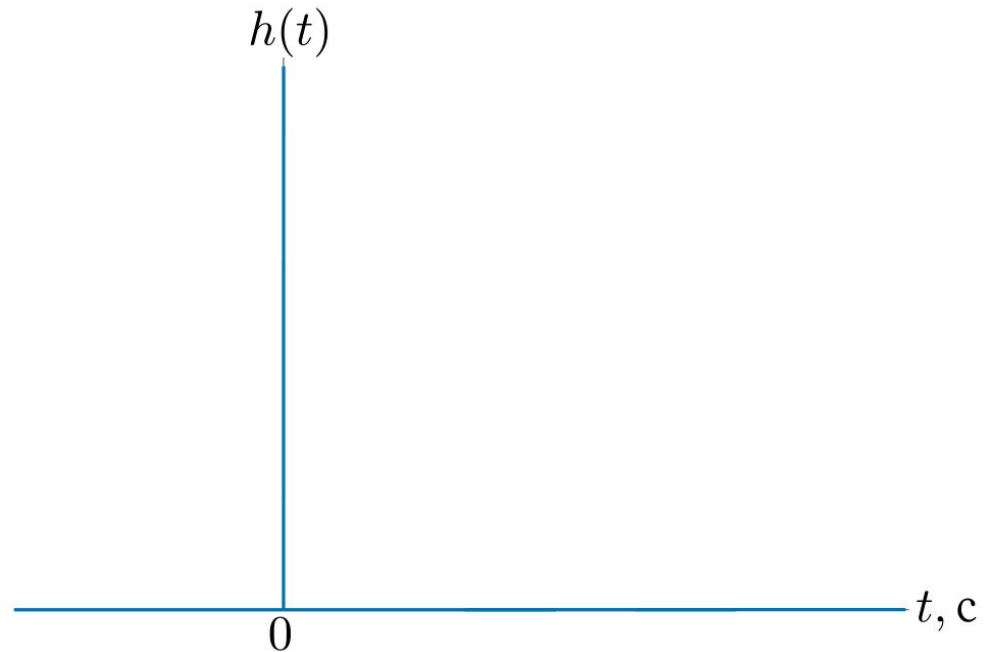
- Гидравлический демпфер
- Электронный интегратор

Идеальное дифференцирующее звено

Уравнение движения $y(t) = k\dot{x}(t)$

Переходная функция

$$h(t) = k\delta(t)$$



Идеальное дифференцирующее звено

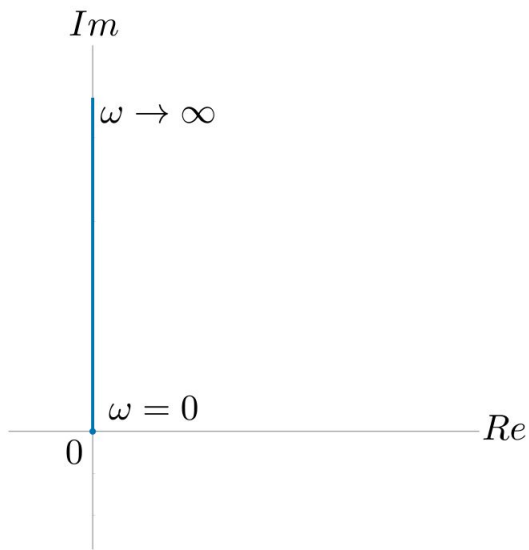
$$\text{Уравнение движения } y(t) = k\dot{x}(t)$$

Передаточная функция

$$W(p) = p$$

Частотная передаточная функция

$$W(j\omega) = j\omega$$



Идеальное дифференцирующее звено

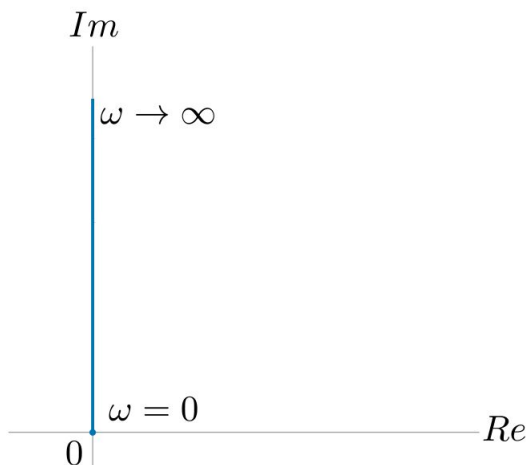
$$\text{Уравнение движения } y(t) = k\dot{x}(t)$$

Передаточная функция

$$W(p) = p$$

Частотная передаточная функция

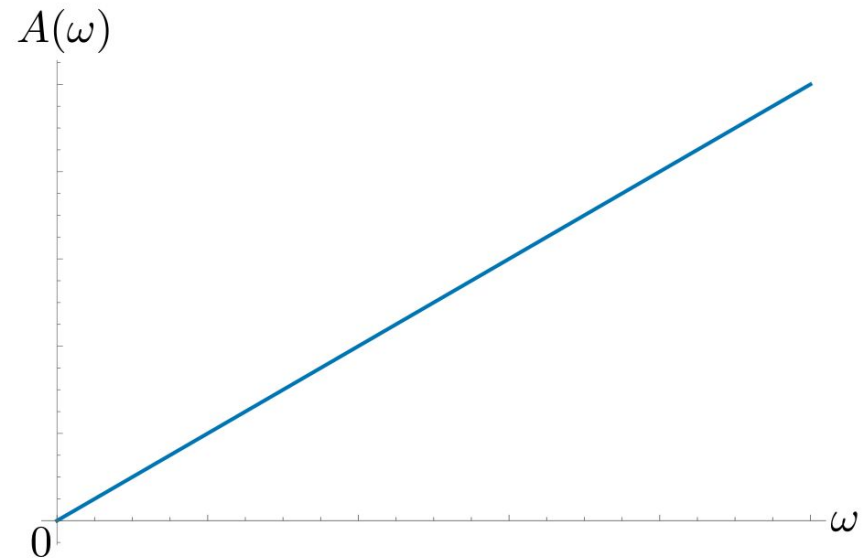
$$W(j\omega) = j\omega$$



АЧХ и ФЧХ

$$A(\omega) = k\omega,$$

$$\psi(\omega) = \frac{\pi}{2}$$

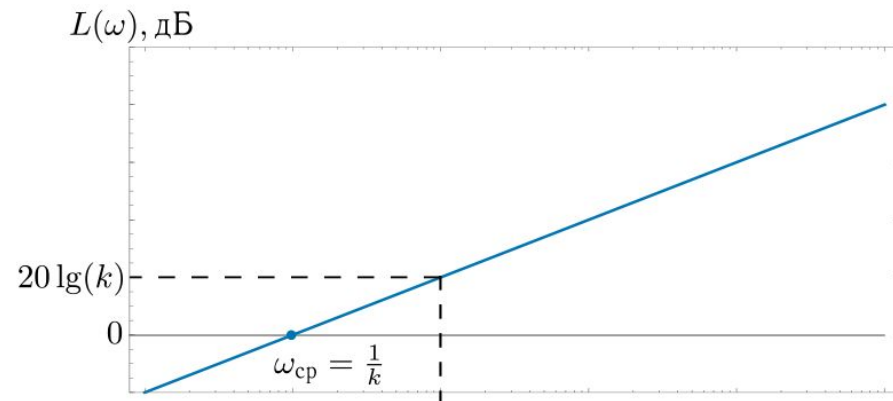


Идеальное дифференцирующее звено

Уравнение движения $y(t) = k\dot{x}(t)$

ЛАЧ
Х

$$L(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg \omega$$

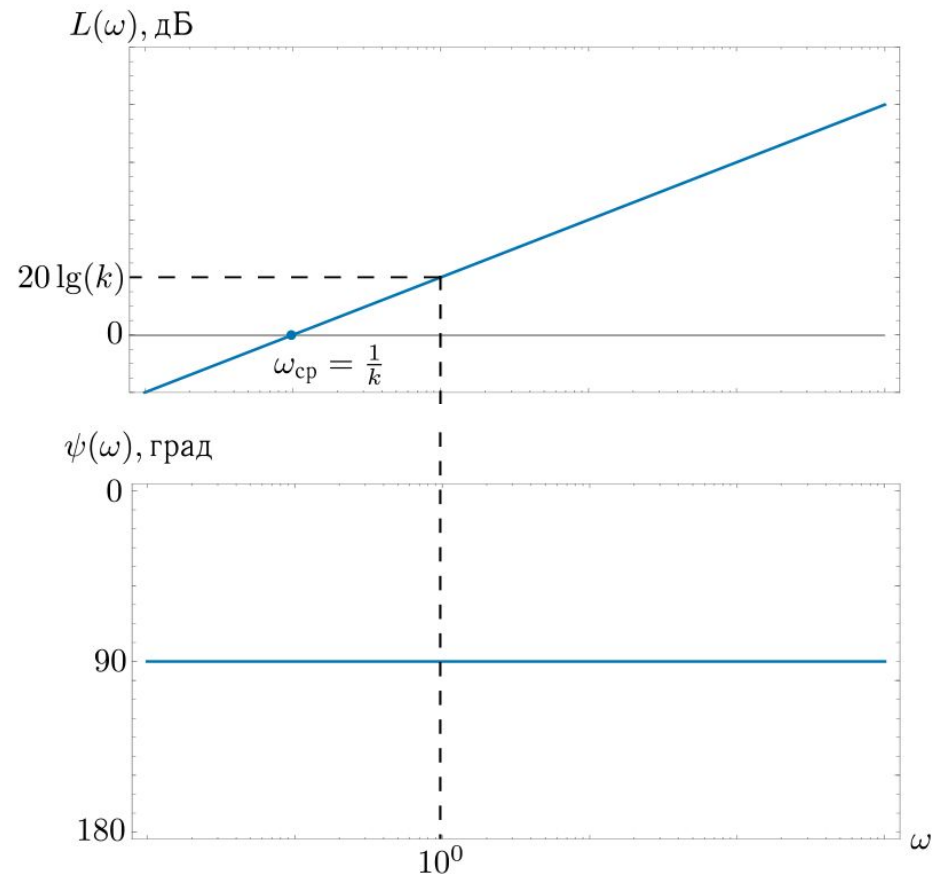


Идеальное дифференцирующее звено

$$\text{Уравнение движения } y(t) = k\dot{x}(t)$$

ЛАЧ
Х

$$L(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg \omega$$



ЛФЧ
Х $\psi(\omega) = \frac{\pi}{2}$

Идеальное дифференцирующее звено

Примеры

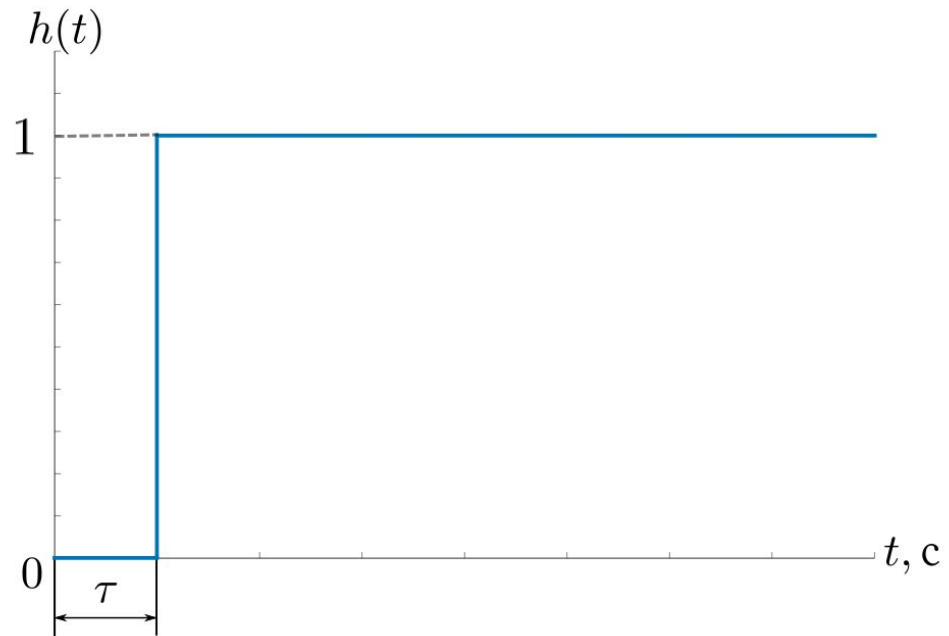
- Тахогенератор
- Электронный дифференциатор

Звено чистого запаздывания

$$\text{Уравнение движения } y(t) = x(t - \tau)$$

Переходная функция

$$h(t) = k1(t - \tau)$$



Звено чистого запаздывания

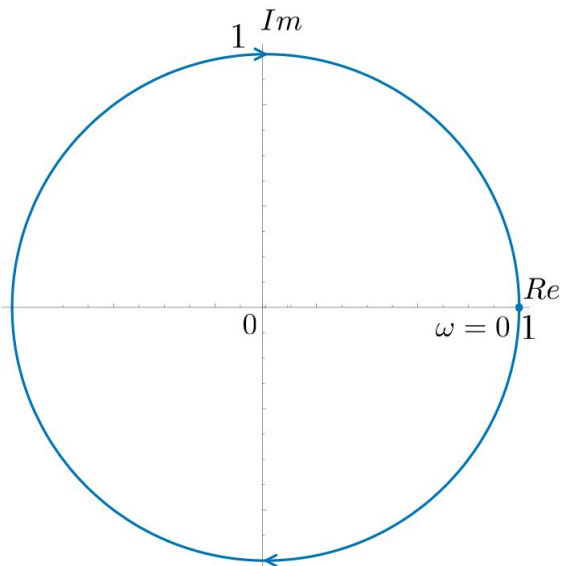
$$\text{Уравнение движения } y(t) = x(t - \tau)$$

Передаточная функция

$$W(p) = e^{-\tau p}$$

Частотная передаточная функция

$$W(j\omega) = e^{-j\omega\tau}$$



Звено чистого запаздывания

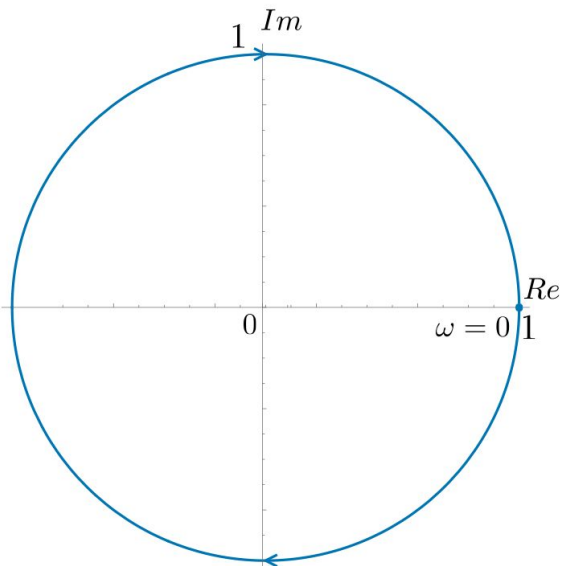
$$\text{Уравнение движения } y(t) = x(t - \tau)$$

Передаточная функция

$$W(p) = e^{-\tau p}$$

Частотная передаточная функция

$$W(j\omega) = e^{-j\omega\tau}$$

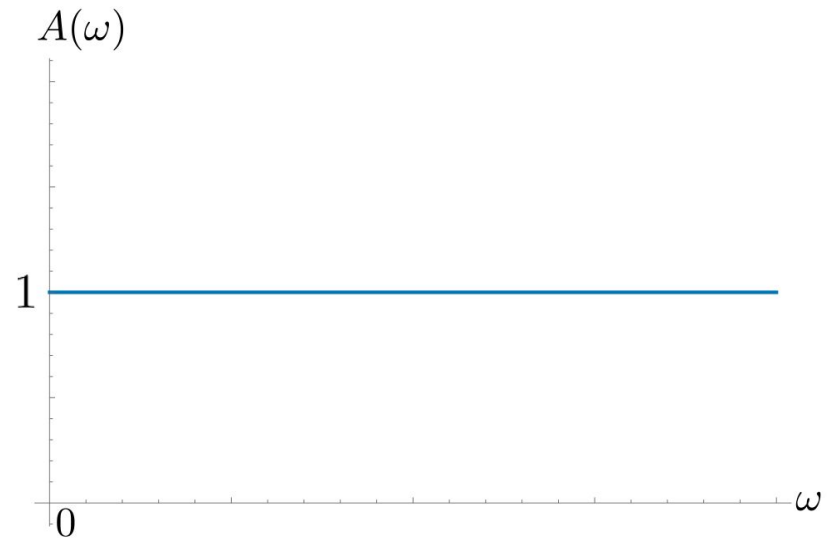


АЧХ и ФЧХ

$$A(\omega) = 1,$$
$$\psi(\omega) = -\omega\tau$$

ЛАЧХ

$$L(\omega) = 0$$



Звено чистого запаздывания

Примеры

- Акустическая линия связи
- Трубопровод