

# 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

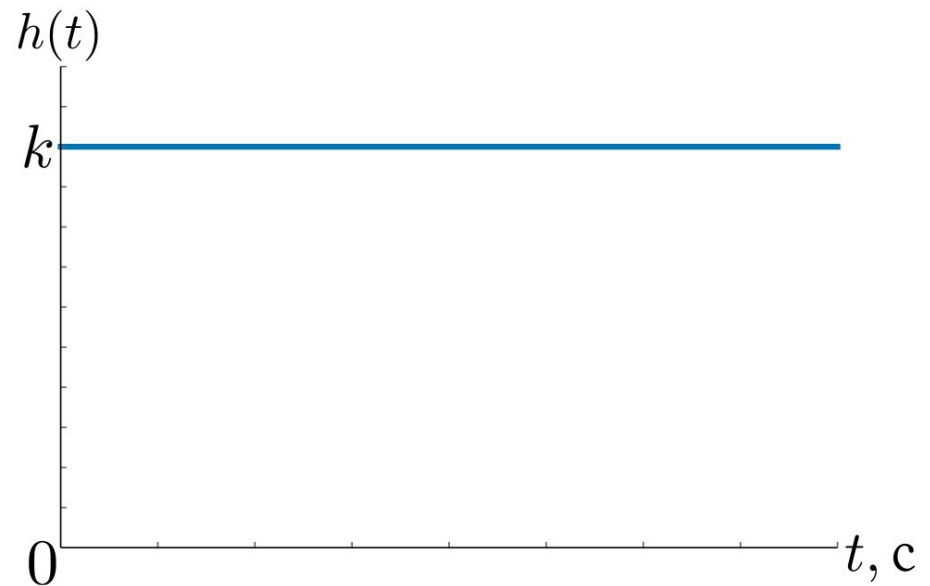
Уравнение движения  $y(t) = kX(t)$ , где  $k$  -- коэффициент усиления

# Пропорциональное звено

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

Переходная функция

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



# Пропорциональное звено

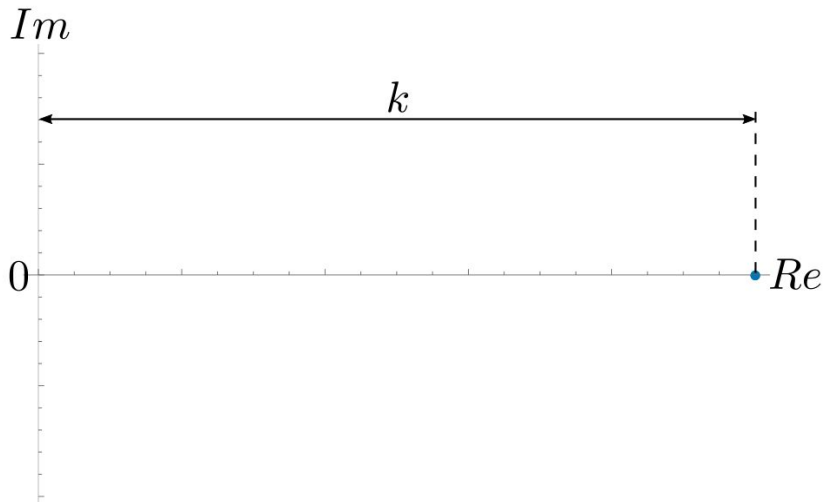
Уравнение движения  $y(t) = kX(t)$ , где  $k$  -- коэффициент усиления

Передаточная функция

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

Частотная передаточная функция

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



# Пропорциональное звено

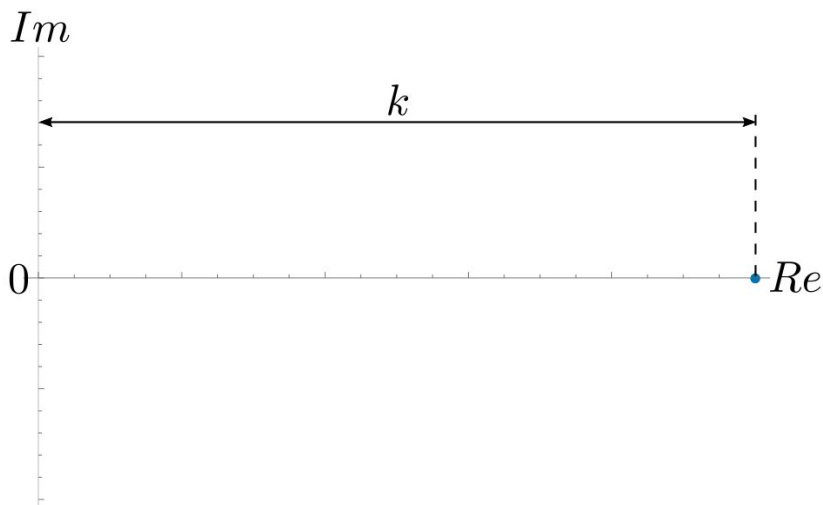
Уравнение движения  $y(t) = kX(t)$ , где  $k$  -- коэффициент усиления

Передаточная функция

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

Частотная передаточная функция

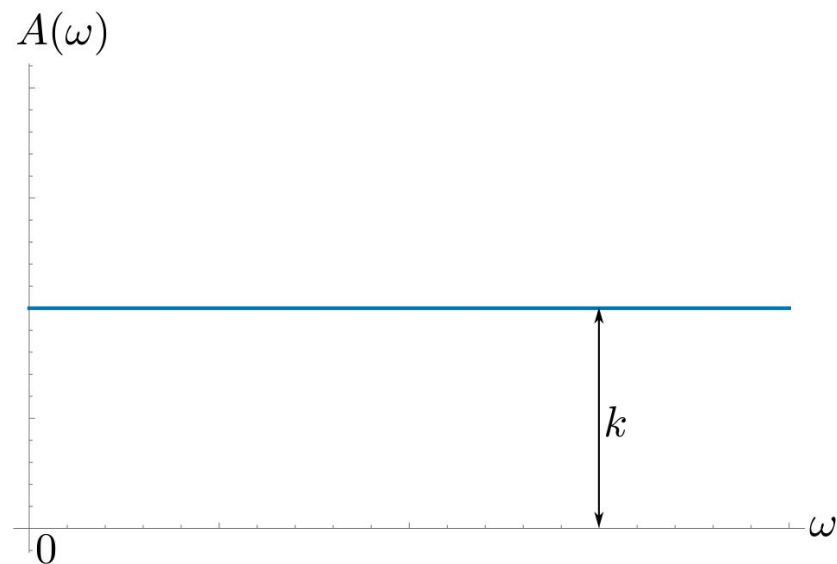
$$W(j\omega) = k$$



АЧХ и ФЧХ

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

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

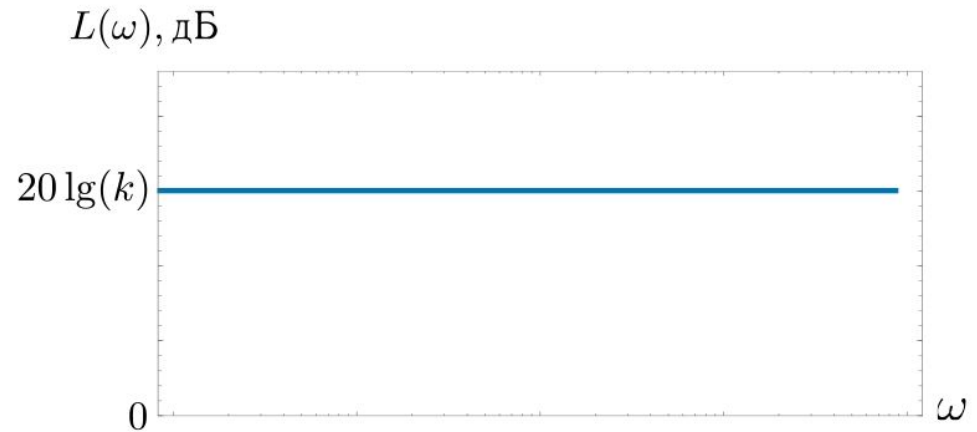




# Пропорциональное звено

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

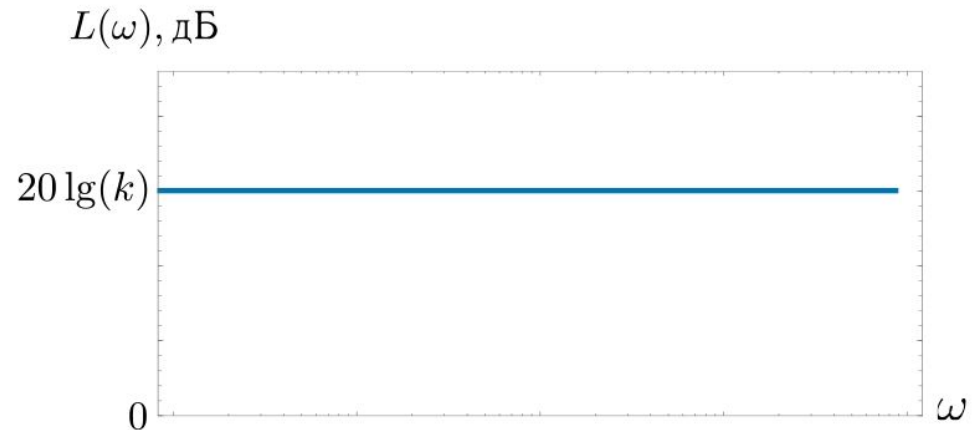
ЛАЧ  
X  $L(\omega) = 20 \lg k$



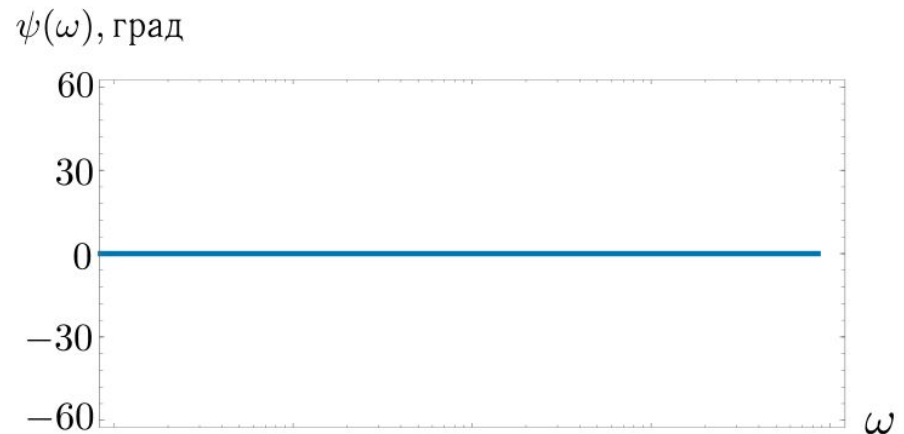
# Пропорциональное звено

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

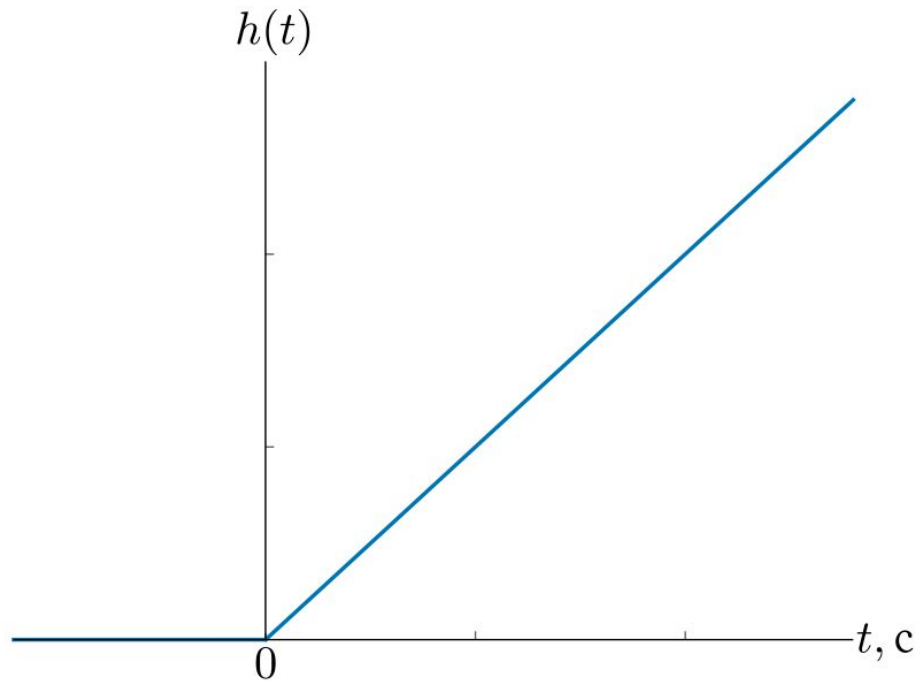
- Потенциометрический датчик
- Редуктор
- Широкополосный усилитель напряжения

# Интегрирующее звено

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

Переходная функция

$$h(t) = kt$$



# Интегрирующее звено

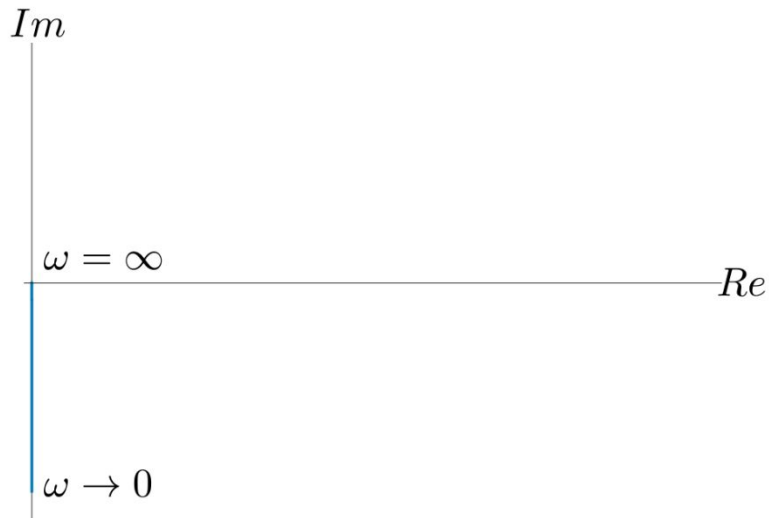
$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kx(t)$$

Передаточная функция

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

Частотная передаточная функция

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



# Интегрирующее звено

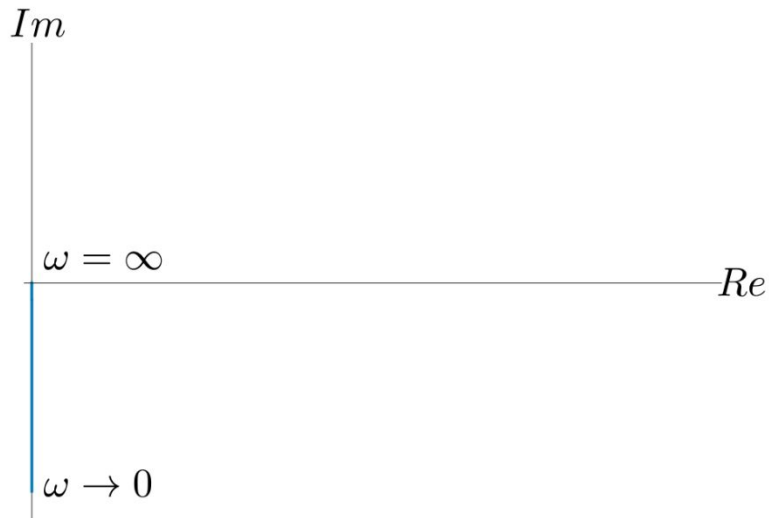
$$\text{Уравнение движения } \dot{y}(t) = kx(t)$$

Передаточная функция

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

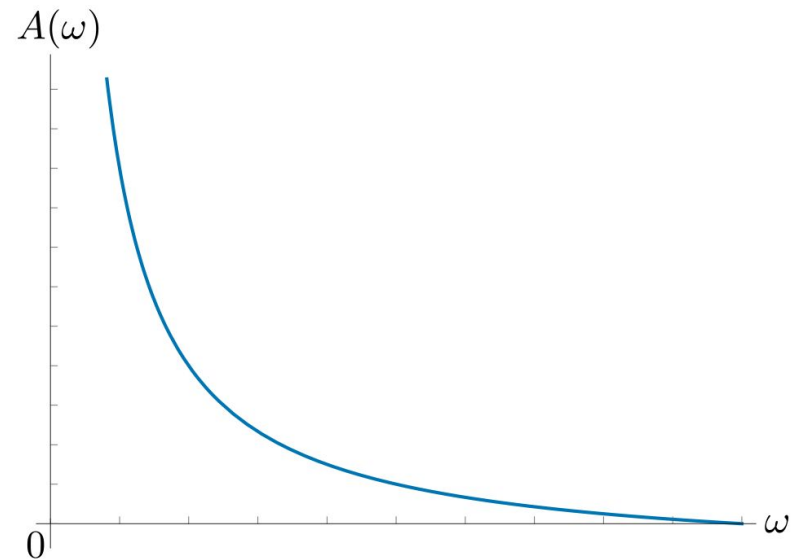
Частотная передаточная функция

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



АЧХ и ФЧХ

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

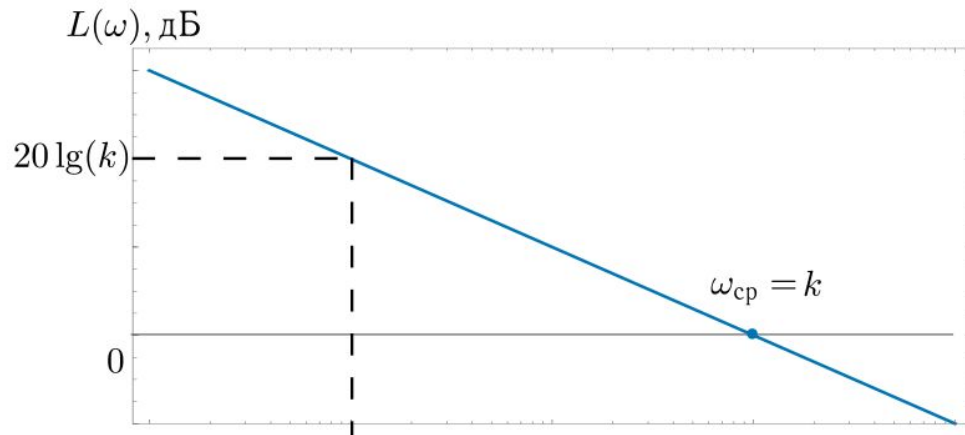


# Интегрирующее звено

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

ЛАЧ  
X

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

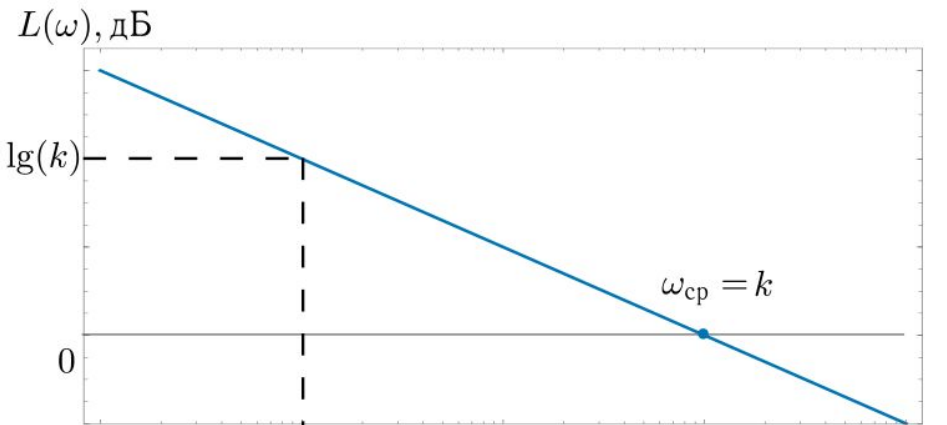


# Интегрирующее звено

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

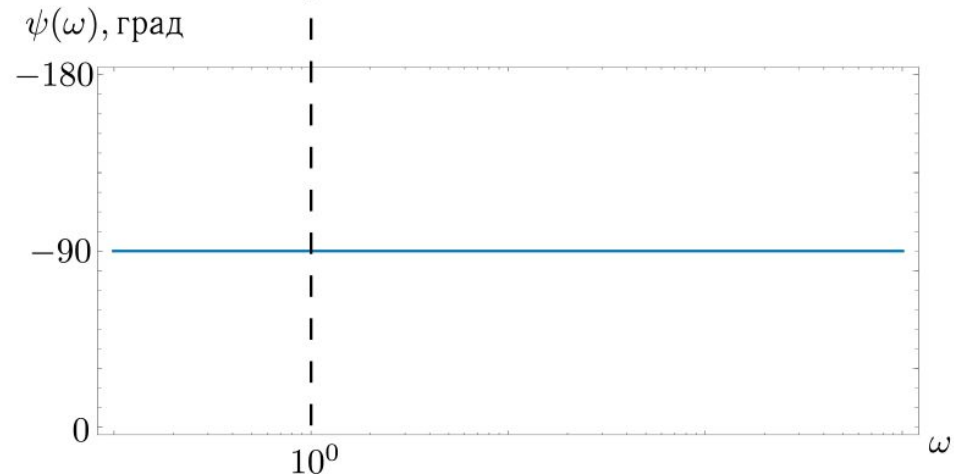
ЛАЧ  
X

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



ЛФЧ  
X

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





# Интегрирующее звено

## Примеры

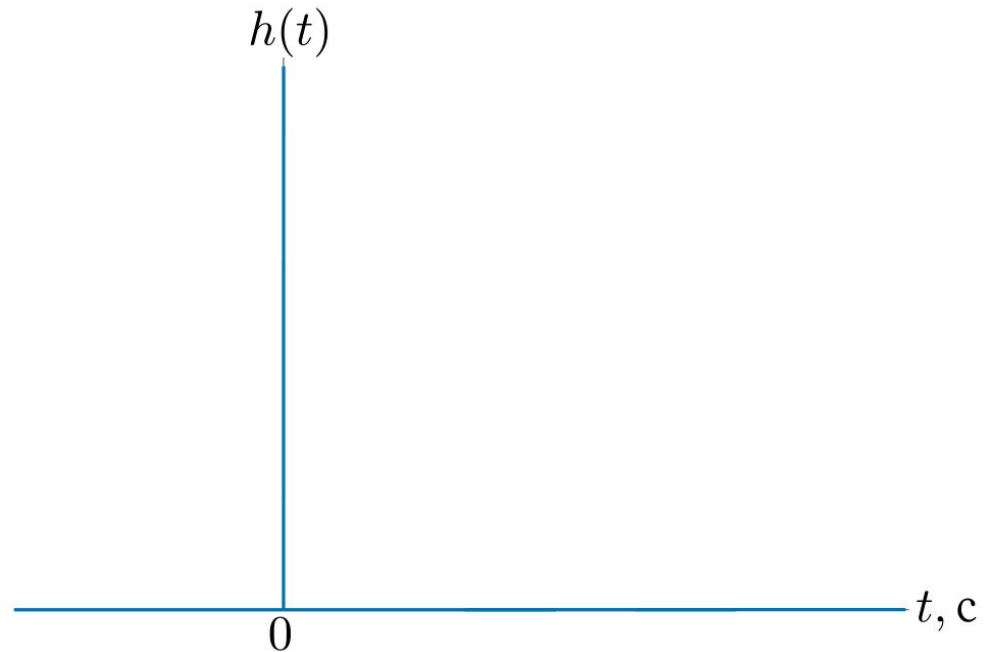
- Гидравлический демпфер
- Электронный интегратор

# Идеальное дифференцирующее звено

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

Переходная функция

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



# Идеальное дифференцирующее звено

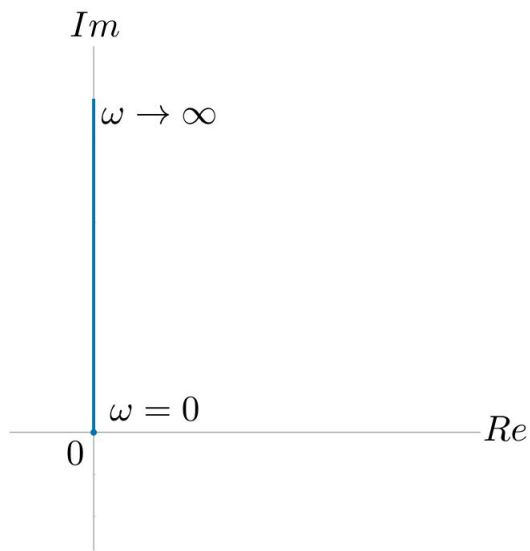
$$\text{Уравнение движения } y(t) = k\dot{x}(t)$$

Передаточная функция

$$W(p) = p$$

Частотная передаточная функция

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



# Идеальное дифференцирующее звено

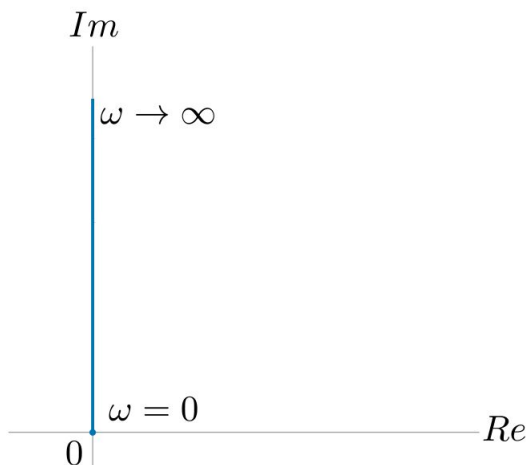
$$\text{Уравнение движения } y(t) = k\dot{x}(t)$$

Передаточная функция

$$W(p) = p$$

Частотная передаточная функция

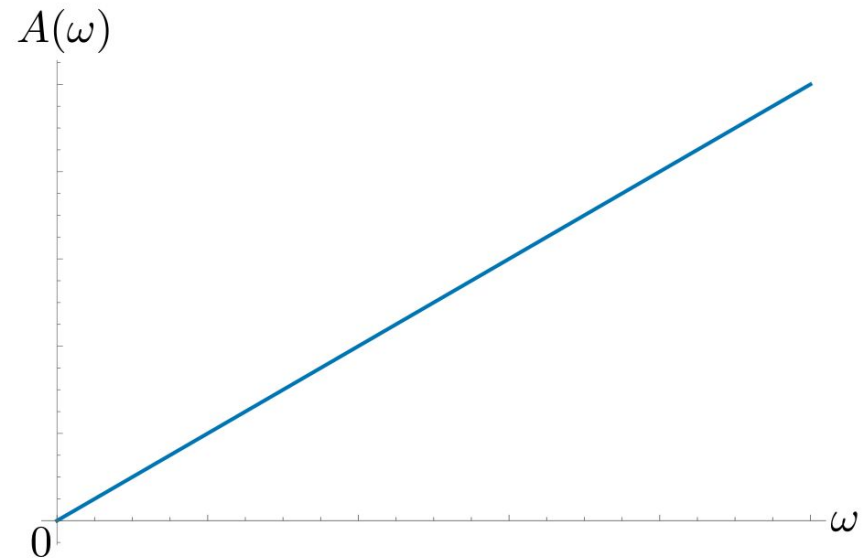
$$W(j\omega) = j\omega$$



АЧХ и ФЧХ

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

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

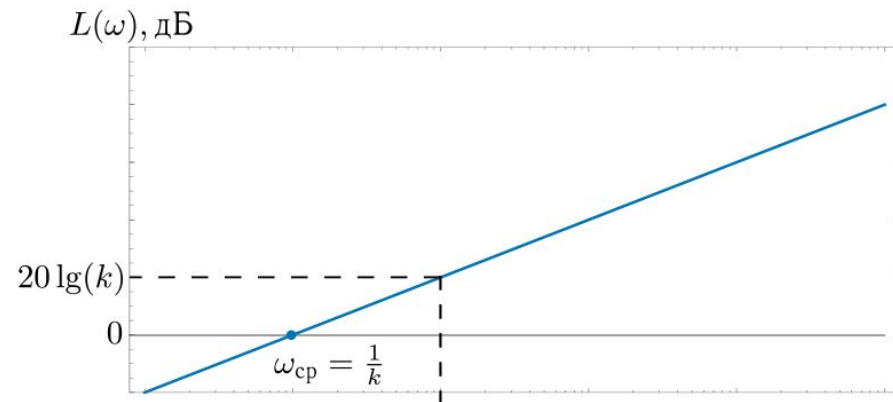


# Идеальное дифференцирующее звено

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

ЛАЧ  
Х

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

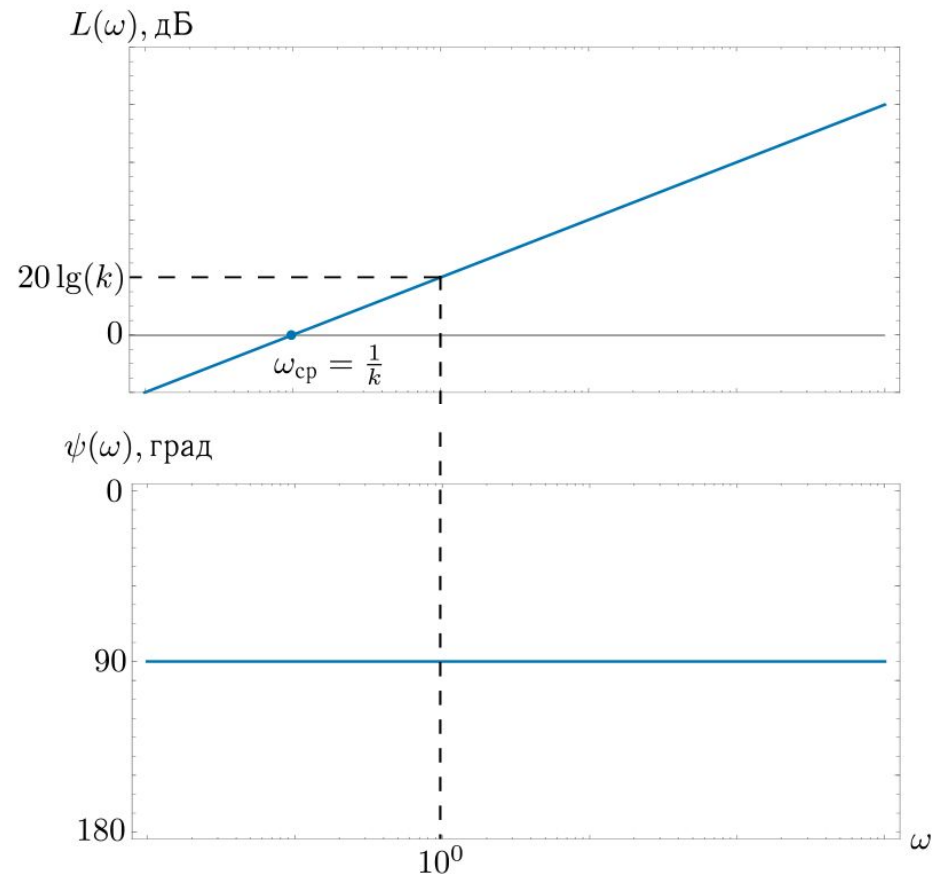


# Идеальное дифференцирующее звено

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

ЛАЧ  
Х

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



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

# Идеальное дифференцирующее звено

## Примеры

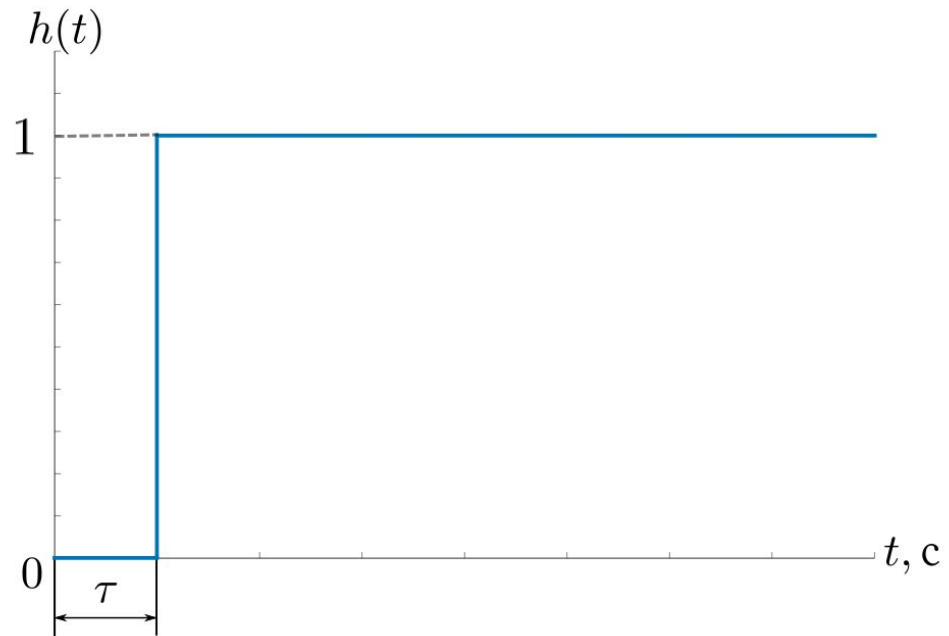
- Тахогенератор
- Электронный дифференциатор

# Звено чистого запаздывания

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

Переходная функция

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





# Звено чистого запаздывания

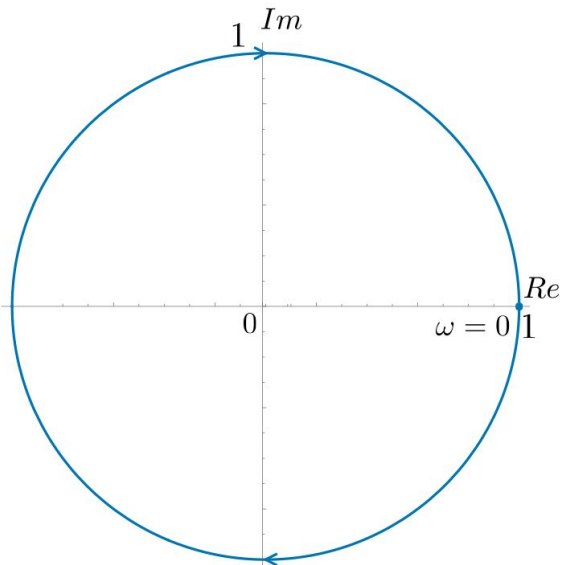
$$\text{Уравнение движения } y(t) = x(t - \tau)$$

Передаточная функция

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

Частотная передаточная функция

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



# Звено чистого запаздывания

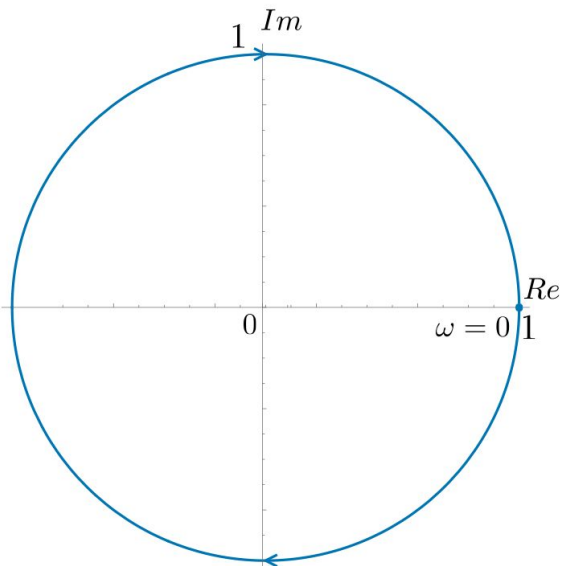
$$\text{Уравнение движения } y(t) = x(t - \tau)$$

Передаточная функция

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

Частотная передаточная функция

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

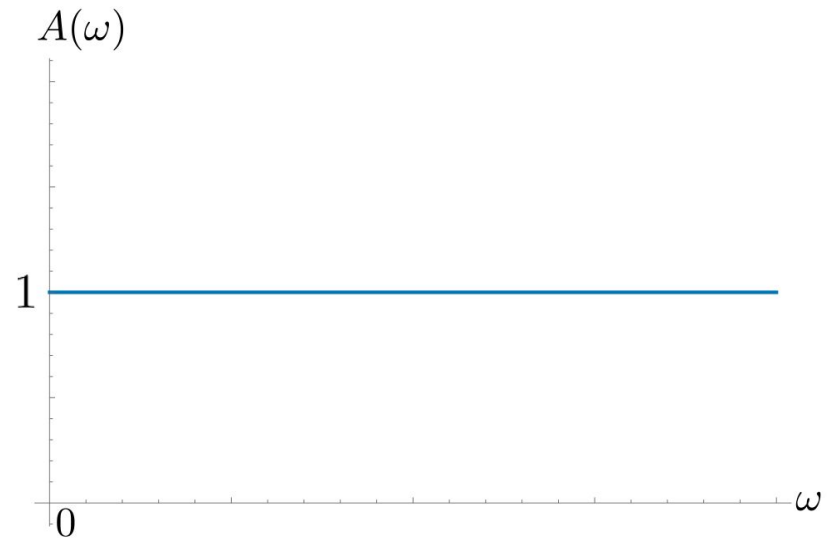


АЧХ и ФЧХ

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

ЛАЧХ

$$L(\omega) = 0$$



# Звено чистого запаздывания

## Примеры

- Акустическая линия связи
- Трубопровод