Politechnika Warszawska
Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
Instytut Podstaw Budowy Maszyn
Zakład Mechaniki
http://www.ipbm.simr.pw.edu.pl/

Teoria maszyn i podstawy automatyki
semestr zimowy 2017/2018

dr inż. Sebastian Korczak

Wykład 10

Klasyfikacja podstawowych obiektów automatyki z przykładami.

Klasyfikacja podstawowych obiektów automatyki

Nazwa elementu	**Równanie**	**Transmitancja operatorowa**
Proporcjonalny (bezinercyjny)	$y(t)=ku(t)$	k
Inercyjny pierwszego rzędu	$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=ku(t)$	$\frac{k}{Ts+1}$
Całkujący	$y(t)=k\int_0^t u(t)\,dt$ or $\frac{dy(t)}{dt}=ku(t)$	$\frac{k}{s}$

Klasyfikacja podstawowych obiektów automatyki

Nazwa elementu	Równanie	Transmitancja operatorowa
Różniczkujący idealny	$y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$	ks
Różniczkujący rzeczywisty	$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$	$\frac{ks}{Ts+1}$

Klasyfikacja podstawowych obiektów automatyki

Nazwa elementu	**Równanie**	**Transmitancja operatorowa**
Opóźniający	$y(t)=u(t-\tau)$	$e^{-\tau s}$
Inercyjny drugiego rzędu (oscylacyjny)	$T_1^2\frac{d^2y(t)}{dt^2}+T_2\frac{dy(t)}{dt}+$ $+y(t)=ku(t)$	$\frac{k}{T_1^2 s^2+T_2 s+1}$

Element proporcjonalny

1. Równanie: $y(t)=ku(t)$ $u(t)$ - wejście, $y(t)$ - wyjście

Element proporcjonalny

1. Równanie: $y(t) = ku(t)$ $u(t)$ - wejście, $y(t)$ - wyjście

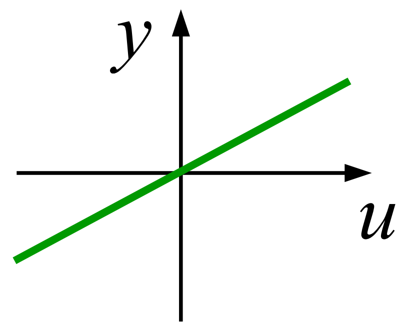
---

2. Charakterystyka statyczna: dla $\frac{dy}{dt} = 0 \wedge \frac{du}{dt} = 0$

Element proporcjonalny

1. Równanie: $y(t) = ku(t)$ $u(t)$ - wejście, $y(t)$ - wyjście

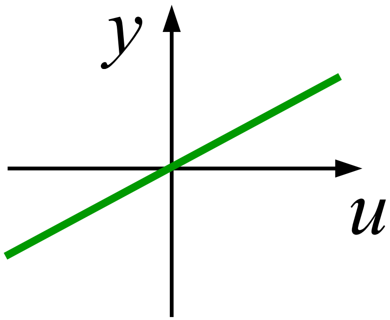
2. Charakterystyka statyczna: $y = ku$ dla $\frac{dy}{dt} = 0 \wedge \frac{du}{dt} = 0$



Element proporcjonalny

1. Równanie: $y(t)=ku(t)$ $u(t)$ - wejście, $y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $y=ku$ dla $\frac{dy}{dt}=0 \wedge \frac{du}{dt}=0$

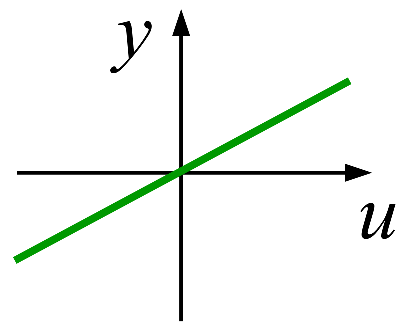


3. Transmitancja:

Element proporcjonalny

1. Równanie: $y(t) = ku(t)$ $u(t)$ - wejście, $y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $y = ku$ dla $\frac{dy}{dt} = 0 \wedge \frac{du}{dt} = 0$

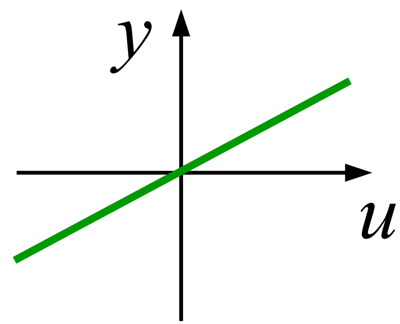


3. Transmitancja: $G(s) = k$

Element proporcjonalny

1. Równanie: $y(t)=ku(t)$ $u(t)$ - wejście, $y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $y=ku$ dla $\frac{dy}{dt}=0 \wedge \frac{du}{dt}=0$



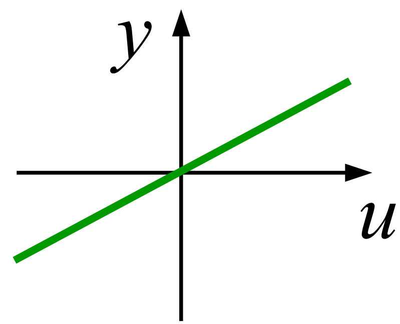
3. Transmitancja: $G(s)=k$

4. Odp. skokowa: dla $u(t)=u_0 1(t)$

Element proporcjonalny

1. Równanie: $y(t)=ku(t)$ $u(t)$ - wejście, $y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $y=ku$ dla $\frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$



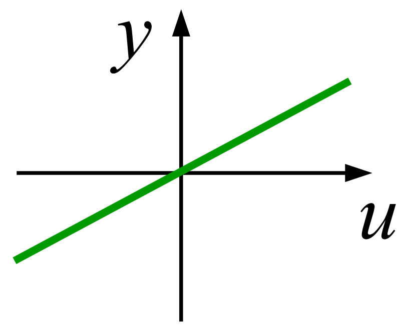
3. Transmitancja: $G(s)=k$

4. Odp. skokowa: $y(t)=k\,u_0 1(t)$ dla $u(t)=u_0 1(t)$

Element proporcjonalny

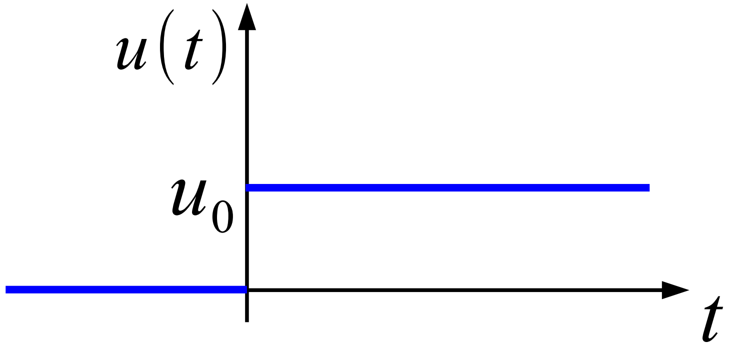
1. Równanie: $y(t)=ku(t)$ $\quad$ $u(t)$ - wejście, $y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $y=ku$ $\quad$ dla $\frac{dy}{dt}=0 \wedge \frac{du}{dt}=0$



3. Transmitancja: $G(s)=k$

4. Odp. skokowa: $y(t)=k\,u_0 1(t)$ $\quad$ dla $u(t)=u_0 1(t)$

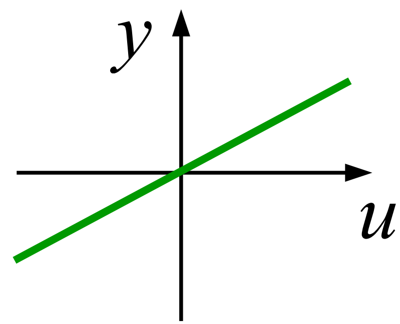


Element proporcjonalny

1. Równanie: $y(t)=ku(t)$ $\quad u(t)$ - wejście, $y(t)$ - wyjście

---

2. Charakterystyka statyczna: $y=ku$ $\quad$ dla $\frac{dy}{dt}=0 \wedge \frac{du}{dt}=0$

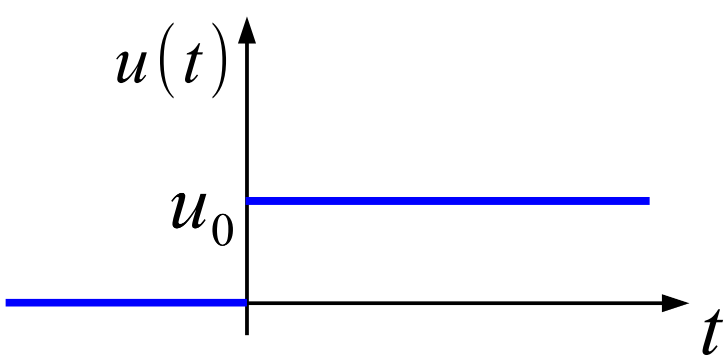


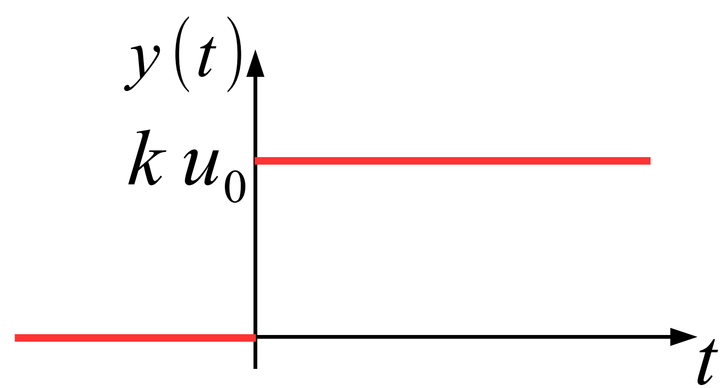
---

3. Transmitancja: $G(s)=k$

---

4. Odp. skokowa: $y(t)=k\,u_0 1(t)$ $\quad$ dla $u(t)=u_0 1(t)$





Element proporcjonalny

5. Transmitancja widmowa:

Element proporcjonalny

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=k$

Element proporcjonalny

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=k \quad P(\omega)=k,\ Q(\omega)=0$

Element proporcjonalny

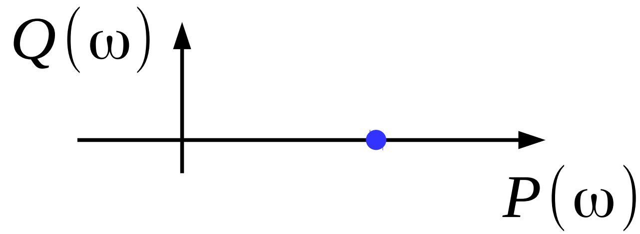
5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=k \qquad P(\omega)=k,\ Q(\omega)=0$

6. Wykres Nyquista:

Element proporcjonalny

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=k \qquad P(\omega)=k,\ Q(\omega)=0$

6. Wykres Nyquista:

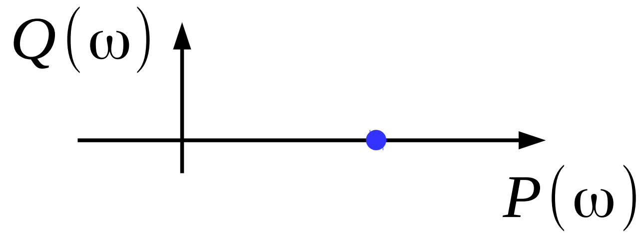


dla $k>0$

Element proporcjonalny

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=k \qquad P(\omega)=k,\ Q(\omega)=0$

6. Wykres Nyquista:



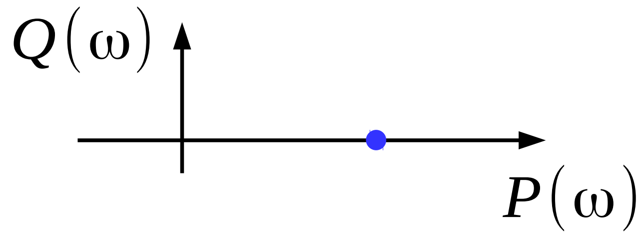
dla $k>0$

7. Wykres Bodego:

Element proporcjonalny

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=k \qquad P(\omega)=k,\ Q(\omega)=0$

6. Wykres Nyquista:



dla $k>0$

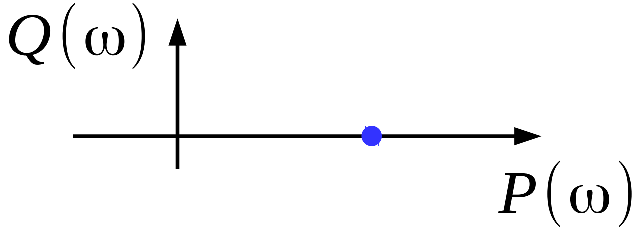
7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k|$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)$$

Element proporcjonalny

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=k \qquad P(\omega)=k\,,\; Q(\omega)=0$

6. Wykres Nyquista:



dla $k>0$

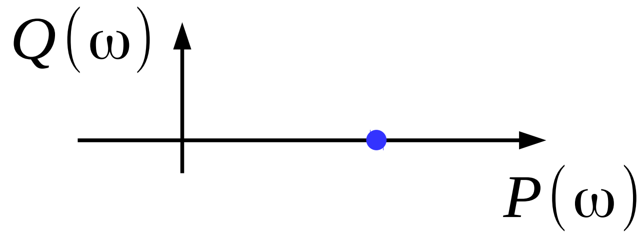
7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k|$

$$L(\omega)=20\log A(\omega) \qquad \varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\begin{cases}0\,, \text{ dla } k\geq 0\\ \pi\,, \text{ dla } k<0\end{cases}$$

Element proporcjonalny

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=k \qquad P(\omega)=k\,,\; Q(\omega)=0$

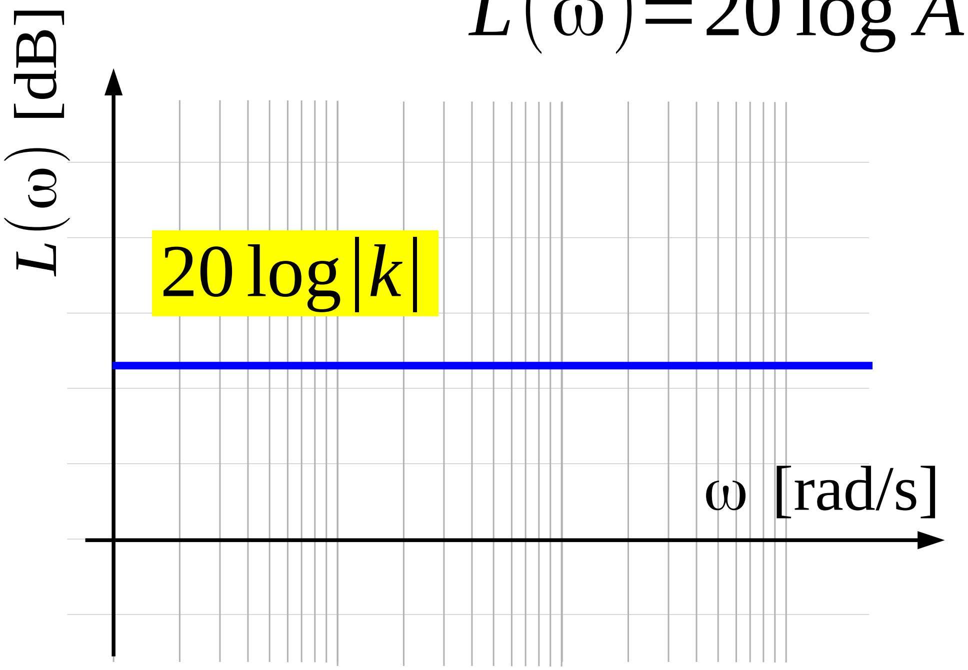
6. Wykres Nyquista:



dla $k>0$

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k|$

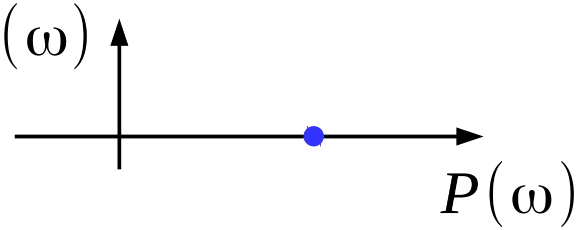
$$L(\omega)=20\log A(\omega) \qquad \varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\begin{cases}0\,, & \text{dla } k\geq 0\\ \pi\,, & \text{dla } k<0\end{cases}$$



Element proporcjonalny

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=k \qquad P(\omega)=k,\ Q(\omega)=0$

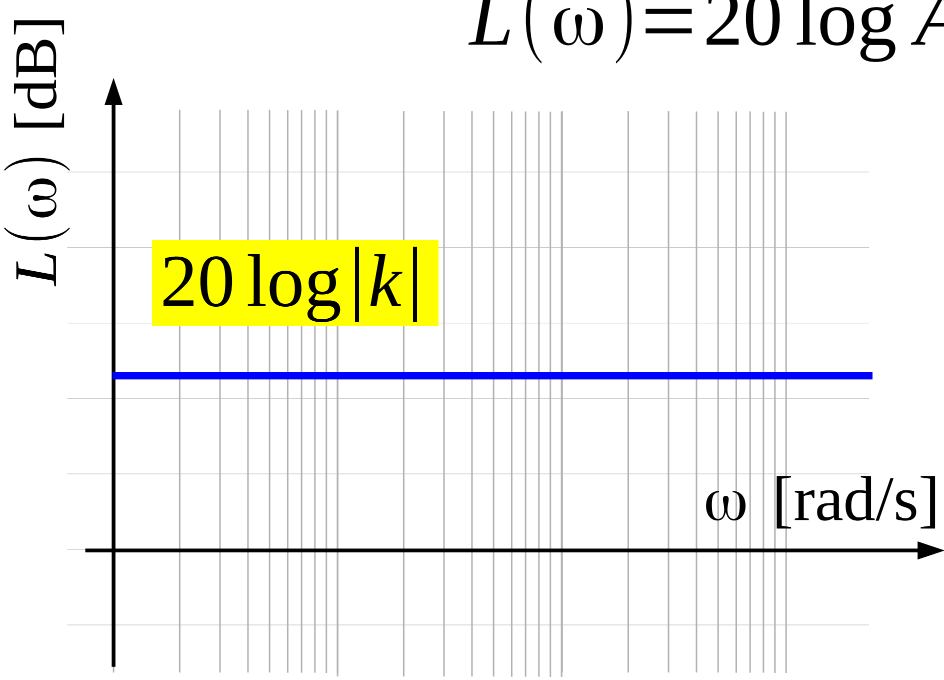
6. Wykres Nyquista:

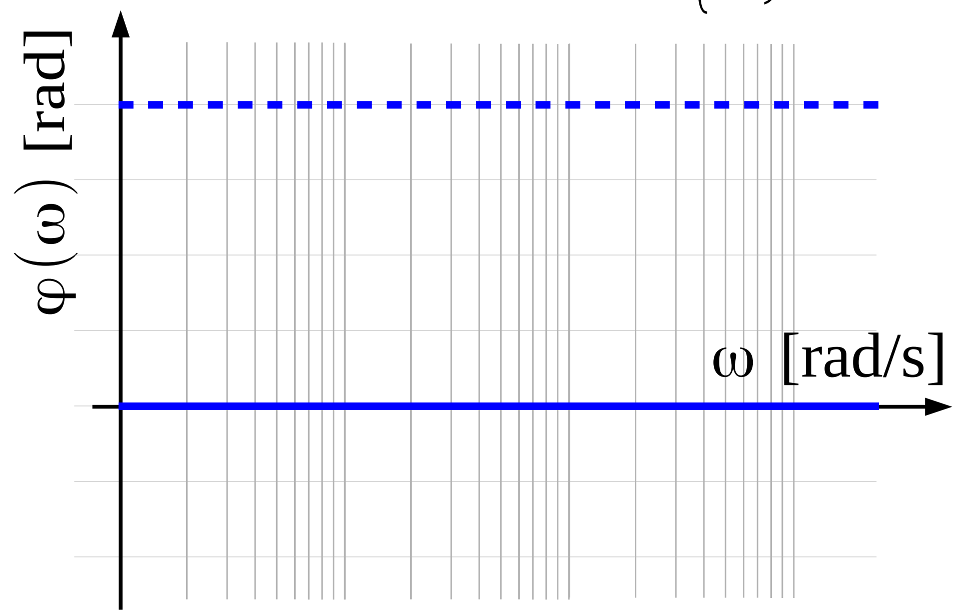


dla $k>0$

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k|$

$$L(\omega)=20\log A(\omega) \qquad \varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\begin{cases}0, \text{ dla } k\geq 0\\ \pi, \text{ dla } k<0\end{cases}$$

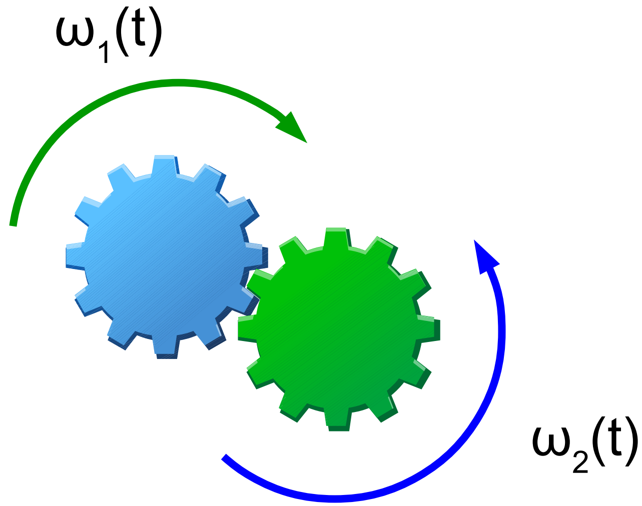




Element proporcjonalny

Przykłady

1

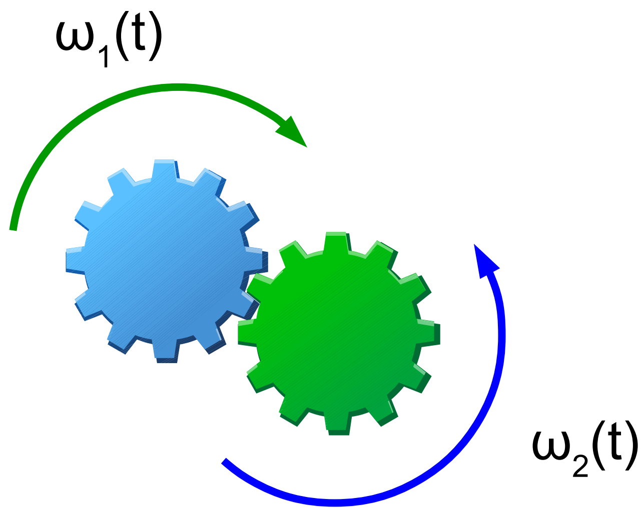


przekładnia zębata:
wejście – prędkość kątowa $\omega_1(t)$
wyjście – prędkość kątowa $\omega_2(t)$

Element proporcjonalny

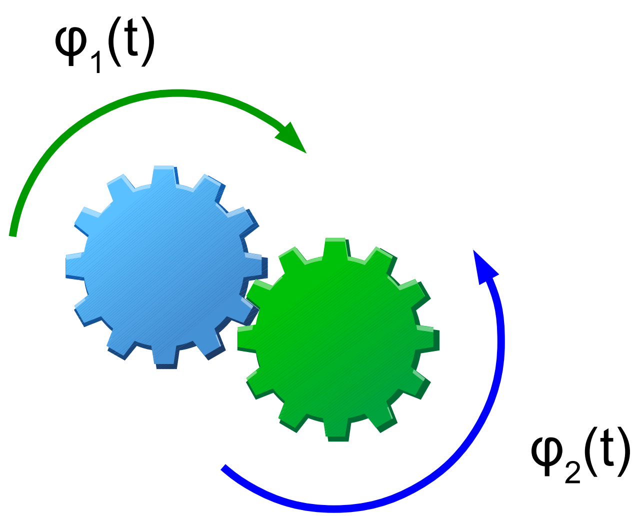
Przykłady

1



przekładnia zębata:
wejście – prędkość kątowa $\omega_1(t)$
wyjście – prędkość kątowa $\omega_2(t)$

2

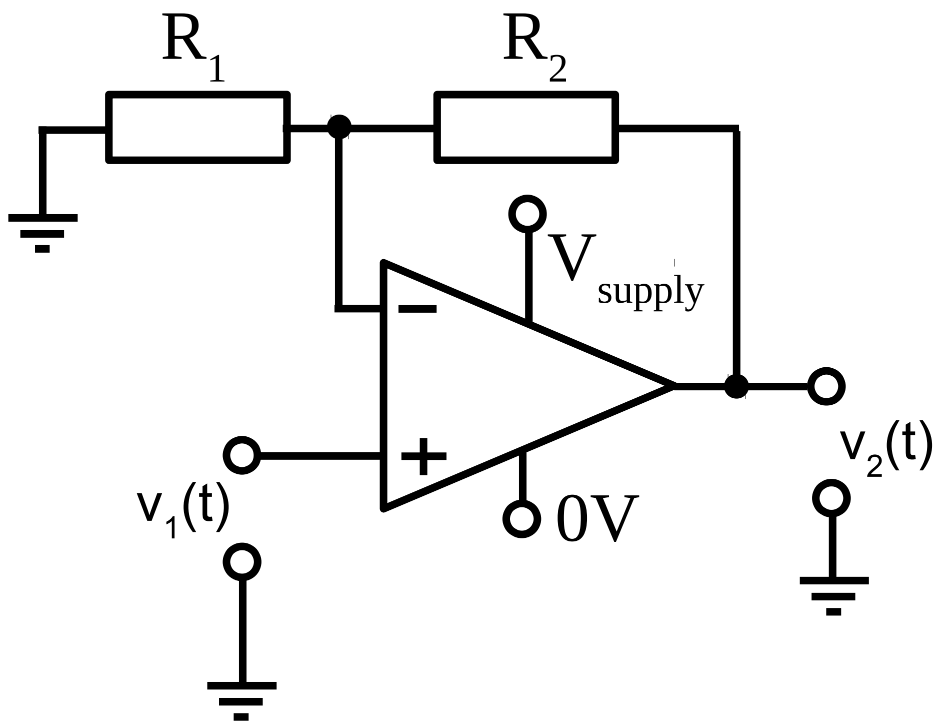


przekładnia zębata:
wejście – kąt obrotu $\varphi_1(t)$
wyjście – kąt obrotu $\varphi_2(t)$

Element proporcjonalny

Przykłady

3



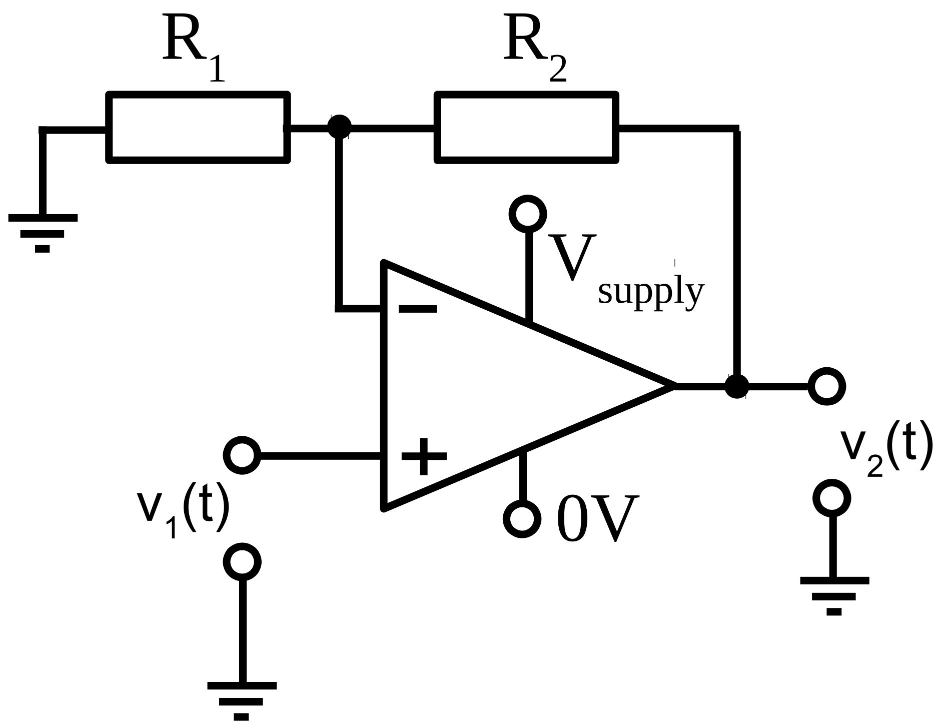
WZMACNIACZ OPERACYJNY:
wejście – napięcie $v_1(t)$
wyjście – napięcie $v_2(t)$

$$v_2(t) = v_1(t)\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Element proporcjonalny

Przykłady

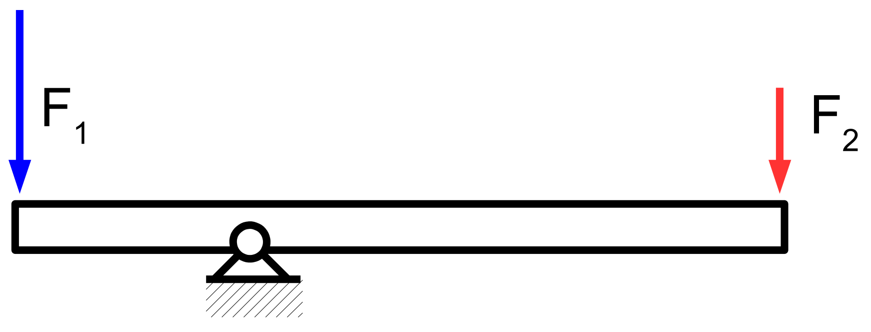
3



WZMACNIACZ OPERACYJNY:
wejście – napięcie $v_1(t)$
wyjście – napięcie $v_2(t)$

$$v_2(t) = v_1(t)\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

4

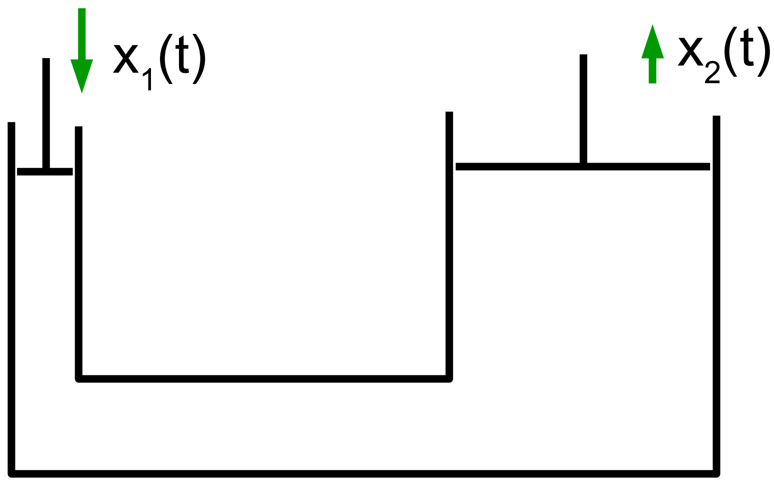


BELKA w stanie ustalonym:
wejście – siła F_1
wyjście – siła F_2

Element proporcjonalny

Przykłady

5

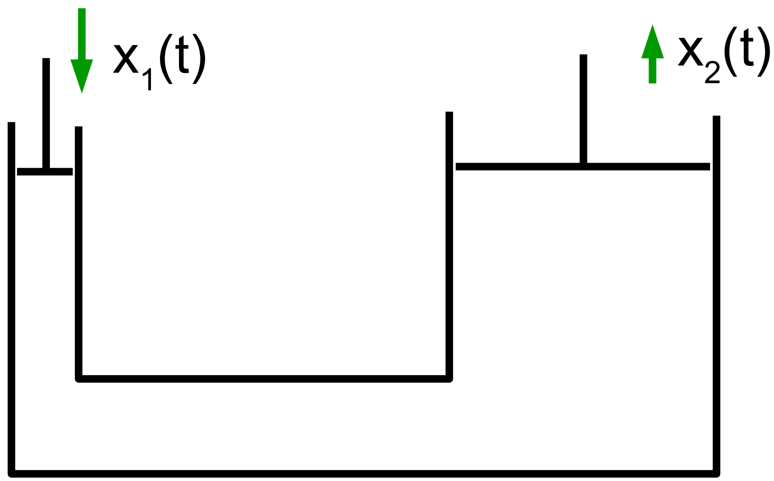


PODNOŚNIK HYDRAULICZNY:
wejście – przemieszczenie $x_1(t)$
wyjście – przemieszczenie $x_2(t)$

Element proporcjonalny

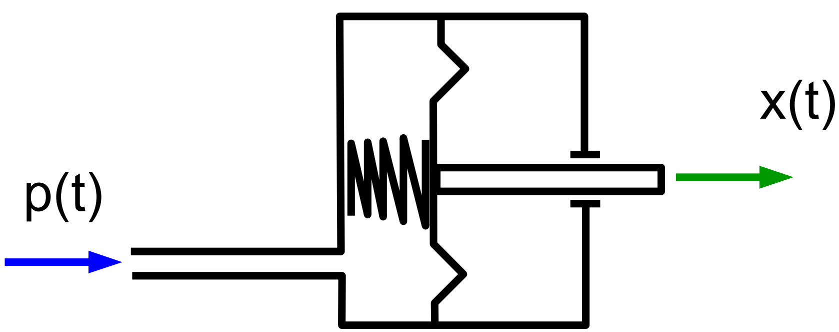
Przykłady

5



PODNOŚNIK HYDRAULICZNY:
wejście – przemieszczenie $x_1(t)$
wyjście – przemieszczenie $x_2(t)$

6



SIŁOWNIK PNEUMATYCZNY:
wejście – ciśnienie $p_1(t)$
wyjście – przemieszczenie x(t)

Element inercyjny pierwszego rzędu

1. Równanie:

$$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=ku(t)$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

Element inercyjny pierwszego rzędu

1. Równanie: $$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=ku(t)$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

---

2. Charakterystyka statyczna:

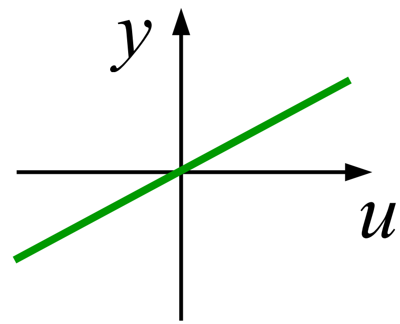
dla $\frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$

Element inercyjny pierwszego rzędu

1. Równanie: $$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=ku(t)$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $$y=ku \qquad \text{dla } \frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$$



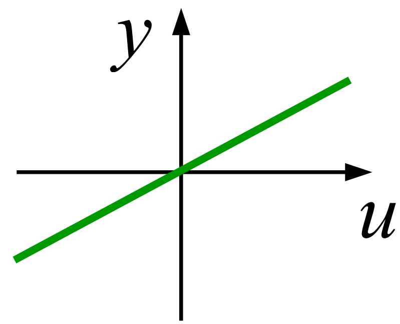
zał.: $k>0$

Element inercyjny pierwszego rzędu

1. Równanie: $T\dfrac{dy(t)}{dt}+y(t)=ku(t)$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $y=ku$ dla $\dfrac{dy}{dt}=0\wedge\dfrac{du}{dt}=0$



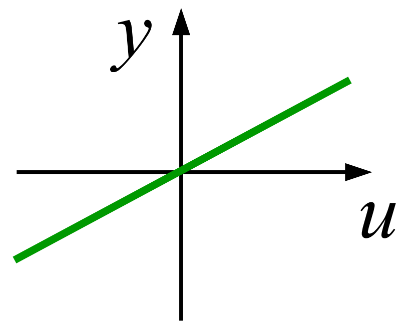
3. Transmitancja:

Element inercyjny pierwszego rzędu

1. Równanie: $$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=ku(t)$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $$y=ku \qquad \text{dla } \frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$$



3. Transmitancja: $$G(s)=\frac{k}{Ts+1}$$

Element inercyjny pierwszego rzędu

4. Odp. skokowa:

Element inercyjny pierwszego rzędu

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplace'a wejścia: $U(s)=u_0\dfrac{1}{s}$

Element inercyjny pierwszego rzędu

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplace'a wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\frac{k\,u_0}{s(Ts+1)}$

Element inercyjny pierwszego rzędu

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplace'a wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\frac{k\,u_0}{s(Ts+1)}$

Wyjście: $y(t)=L^{-1}\{Y(s)\}=k\,u_0\left(1-e^{-t/T}\right)$

Element inercyjny pierwszego rzędu

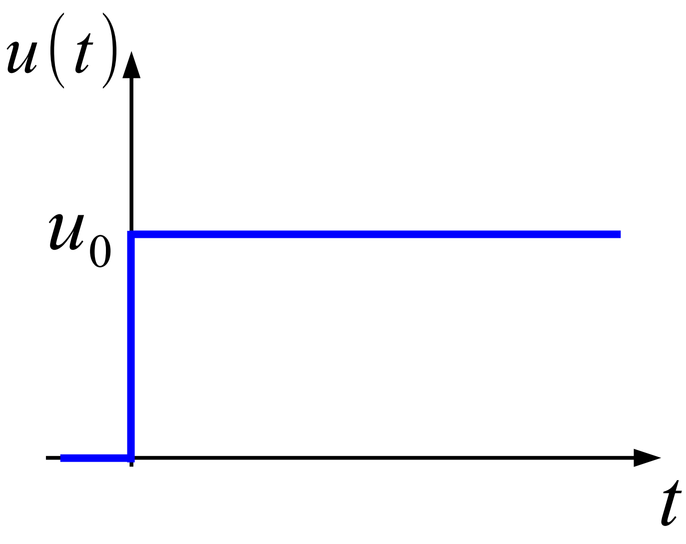
4. Odp. skokowa:

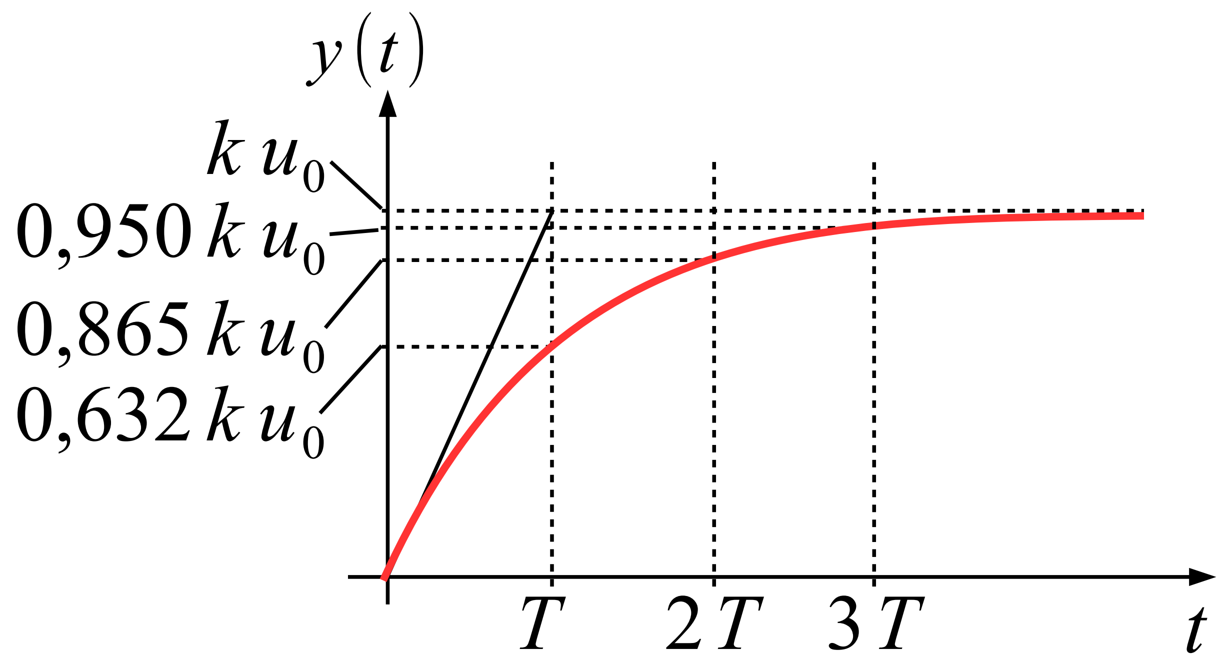
Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplace'a wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\frac{k\,u_0}{s(Ts+1)}$

Wyjście: $y(t)=L^{-1}\{Y(s)\}=k\,u_0\left(1-e^{-t/T}\right)$





Element inercyjny pierwszego rzędu

5. Transmitancja
widmowa:

Element inercyjny pierwszego rzędu

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=\frac{k}{Tj\omega+1}$$

Element inercyjny pierwszego rzędu

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=\frac{k}{Tj\omega+1}$$

$$P(\omega)=\frac{k}{T^2\omega^2+1},\quad Q(\omega)=\frac{-kT\omega}{T^2\omega^2+1}$$

Element inercyjny pierwszego rzędu

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=\frac{k}{Tj\omega+1}$$

$$P(\omega)=\frac{k}{T^2\omega^2+1},\quad Q(\omega)=\frac{-kT\omega}{T^2\omega^2+1}$$

6. Wykres Nyquista:

Element inercyjny pierwszego rzędu

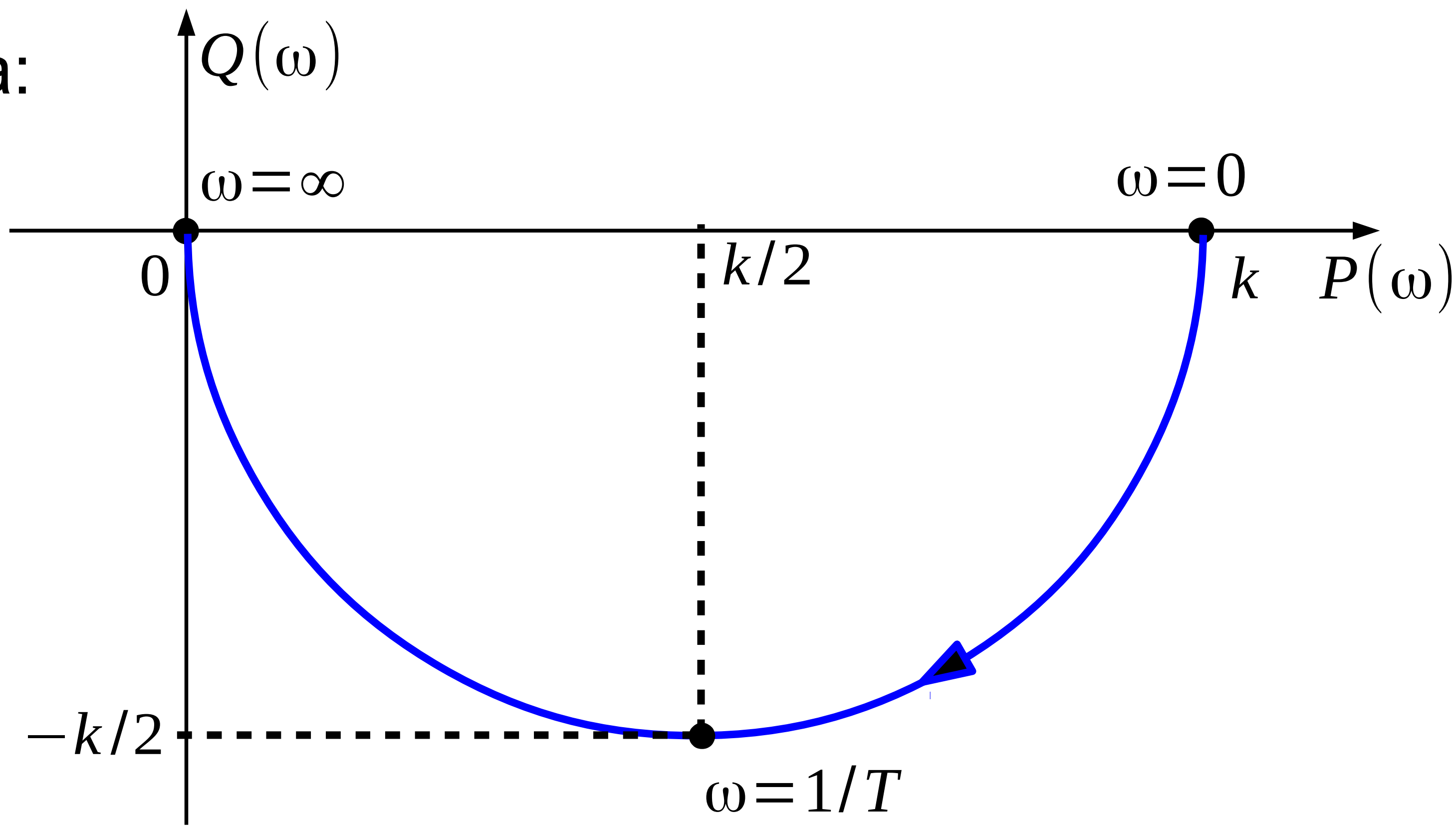
5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=\frac{k}{Tj\omega+1}$$

$$P(\omega)=\frac{k}{T^2\omega^2+1},\quad Q(\omega)=\frac{-kT\omega}{T^2\omega^2+1}$$

6. Wykres Nyquista:

zał.: $k>0$



Element inercyjny pierwszego rzędu

7. Wykres Bodego:

Element inercyjny pierwszego rzędu

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k|/\sqrt{T^2\omega^2+1}$

Element inercyjny pierwszego rzędu

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k|/\sqrt{T^2\omega^2+1}$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k|-20\log\sqrt{T^2\omega^2+1}$$

Element inercyjny pierwszego rzędu

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k|/\sqrt{T^2\omega^2+1}$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k|-20\log\sqrt{T^2\omega^2+1}$$

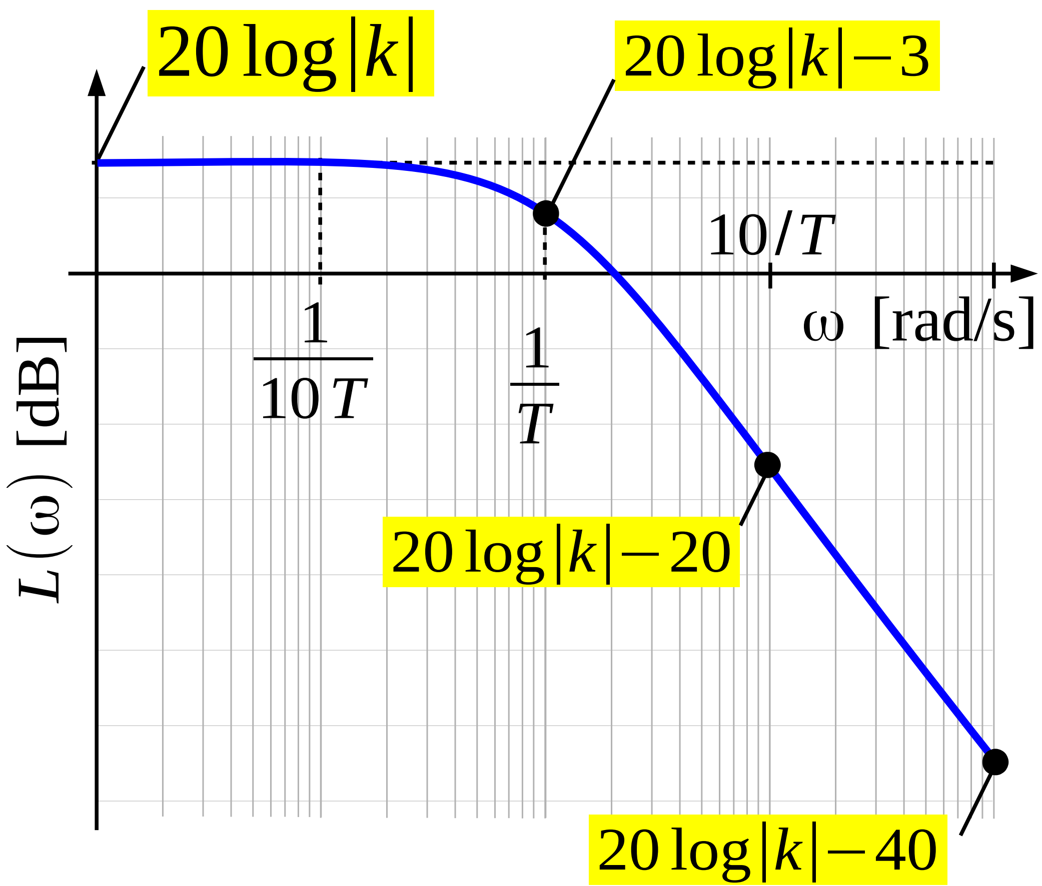
$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan(-T\omega)$$

Element inercyjny pierwszego rzędu

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k|/\sqrt{T^2\omega^2+1}$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k|-20\log\sqrt{T^2\omega^2+1}$$

$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan(-T\omega)$$

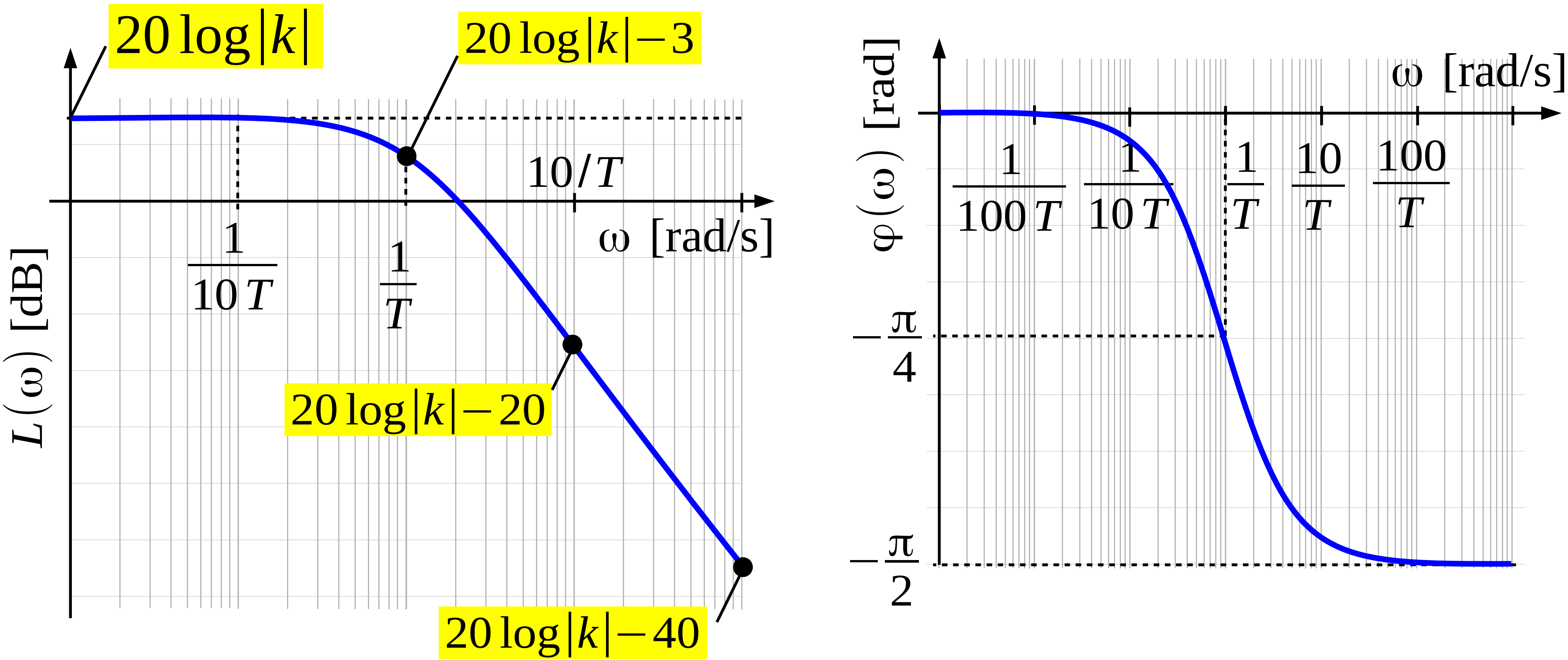


Element inercyjny pierwszego rzędu

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k|/\sqrt{T^2\omega^2+1}$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k|-20\log\sqrt{T^2\omega^2+1}$$

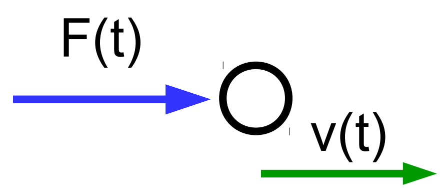
$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan(-T\omega)$$



Element inercyjny pierwszego rzędu

Przykłady

1



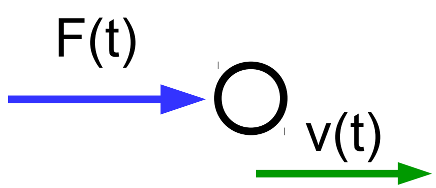
RUCH POSTĘPOWY PUNKTU MATERIALNEGO Z LINIOWYM TŁUMIENIEM:
wejście – siła F(t)
wyjście – prędkość v(t)

Przykład: ruch samochodu po płaskim podłożu z oporem powietrza proporcjonalnym do prędkości (np. opisany za pomocą równania ruchu maszyny ze stałą masą zredukowaną – stałe przełożenia w układzie napędowym)

Element inercyjny pierwszego rzędu

Przykłady

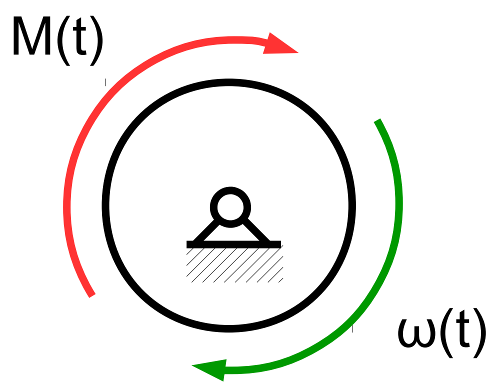
1



RUCH POSTĘPOWY PUNKTU MATERIALNEGO Z LINIOWYM TŁUMIENIEM:
wejście – siła F(t)
wyjście – prędkość v(t)

Przykład: ruch samochodu po płaskim podłożu z oporem powietrza proporcjonalnym do prędkości (np. opisany za pomocą równania ruchu maszyny ze stałą masą zredukowaną)

2

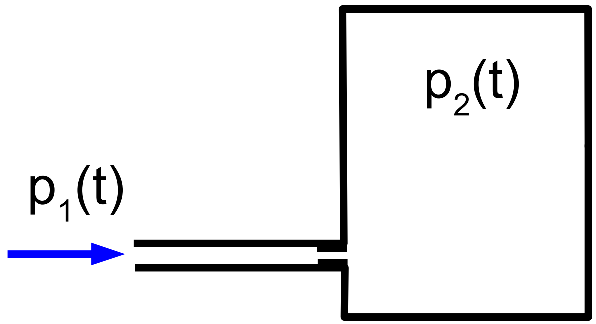


RUCH OBROTOWY BRYŁY SZTYWNEJ Z LINIOWYM TŁUMIENIEM:
wejście – moment M(t)
wyjście – prędkość kątowa ω(t)

Element inercyjny pierwszego rzędu

Przykłady

3

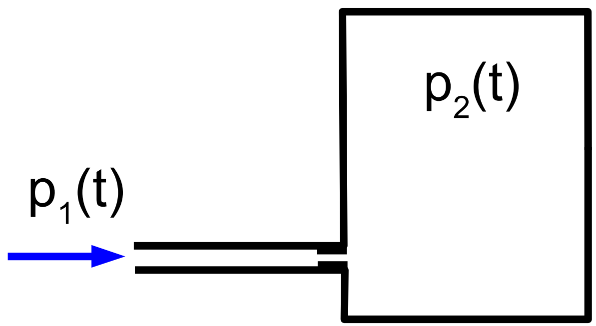


ZBIORNIK POWIETRZA:
wejście – ciśnienie $p_1(t)$
wyjście – ciśnienie $p_2(t)$

Element inercyjny pierwszego rzędu

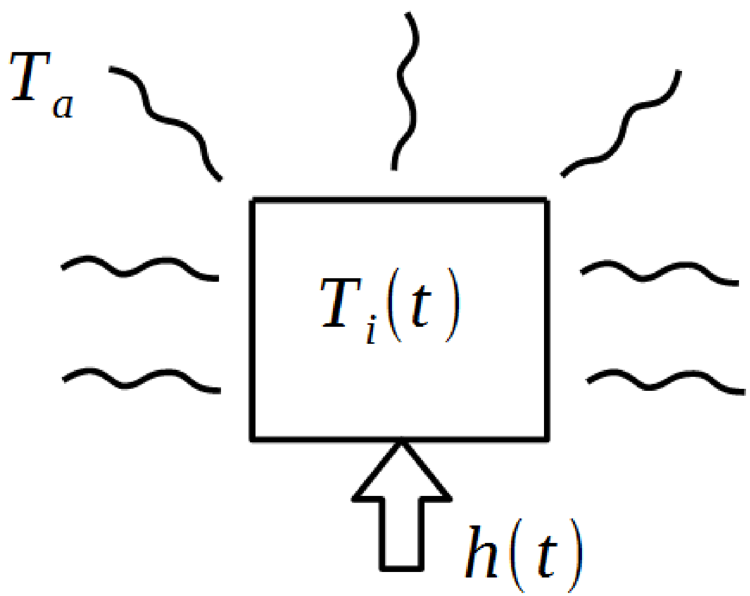
Przykłady

3



ZBIORNIK POWIETRZA:
wejście – ciśnienie $p_1(t)$
wyjście – ciśnienie $p_2(t)$

4



OGRZEWANY OBIEKT O MAŁEJ BEZWŁADNOŚCI:
wejście – moc grzałki h(t)
wyjście – temperatura obiektu $T_i(t)$

Element całkujący

1. Równanie:

$$\frac{dy(t)}{dt} = k\,u(t)$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

Element całkujący

1. Równanie: $$\frac{dy(t)}{dt} = k\,u(t)$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

---

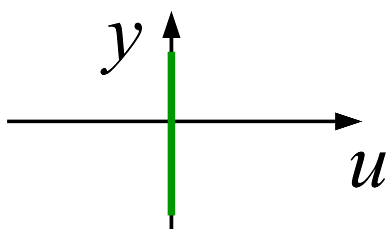
2. Charakterystyka statyczna: dla $\frac{dy}{dt} = 0 \wedge \frac{du}{dt} = 0$

Element całkujący

1. Równanie: $$\frac{dy(t)}{dt} = k\,u(t)$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $u = 0$ dla $\frac{dy}{dt} = 0 \wedge \frac{du}{dt} = 0$

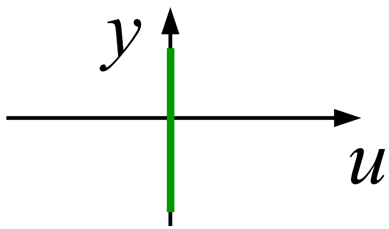


Element całkujący

1. Równanie: $$\frac{dy(t)}{dt} = k\,u(t)$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $$u = 0$$ dla $\frac{dy}{dt} = 0 \wedge \frac{du}{dt} = 0$



3. Transmitancja:

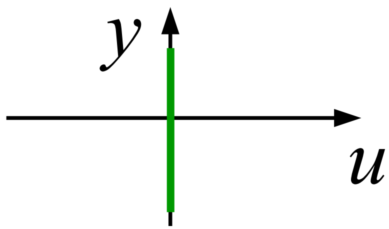
Element całkujący

1. Równanie: $$\frac{dy(t)}{dt}=k\,u(t)$$

$u(t)$ - wejście

$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $$u=0$$ dla $\frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$



3. Transmitancja: $$G(s)=\frac{k}{s}$$

Element całkujący

4. Odp. skokowa:

Element całkujący

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplace'a wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Element całkujący

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplace'a wejścia: $U(s)=u_0\dfrac{1}{s}$

Transformata Laplace'a wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\dfrac{k\,u_0}{s^2}$

Element całkujący

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t) = u_0 1(t)$

Transformata Laplace'a wejścia: $U(s) = u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplace'a wyjścia: $Y(s) = G(s)U(s) = \frac{k u_0}{s^2}$

Wyjście: $y(t) = L^{-1}\{Y(s)\} = k u_0 t$

Element całkujący

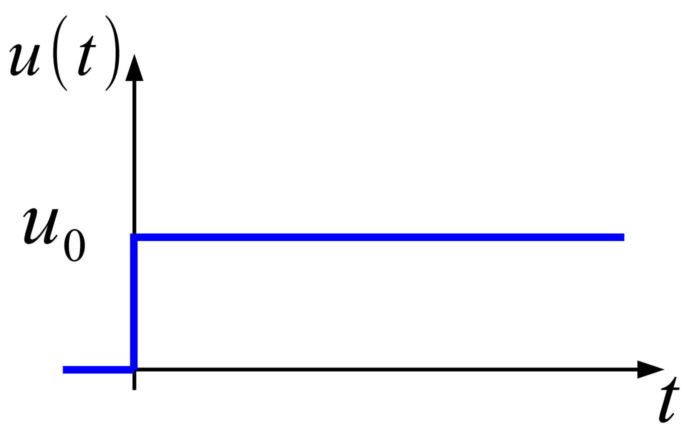
4. Odp. skokowa:

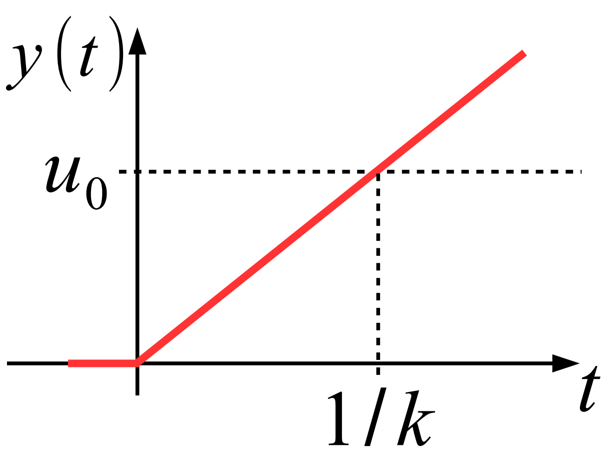
Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplace'a wejścia: $U(s)=u_0\frac{1}{s}$

Transformata Laplace'a wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\frac{k\,u_0}{s^2}$

Wyjście: $y(t)=L^{-1}\{Y(s)\}=k\,u_0\,t$





Element całkujący

5. Transmitancja
widmowa:

Element całkujący

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=\frac{k}{j\omega}$$

Element całkujący

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=\frac{k}{j\omega}$$

$$P(\omega)=0,\quad Q(\omega)=-\frac{k}{\omega}$$

Element całkujący

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=\frac{k}{j\omega}$$

$$P(\omega)=0,\ \ Q(\omega)=-\frac{k}{\omega}$$

6. Wykres Nyquista:

Element całkujący

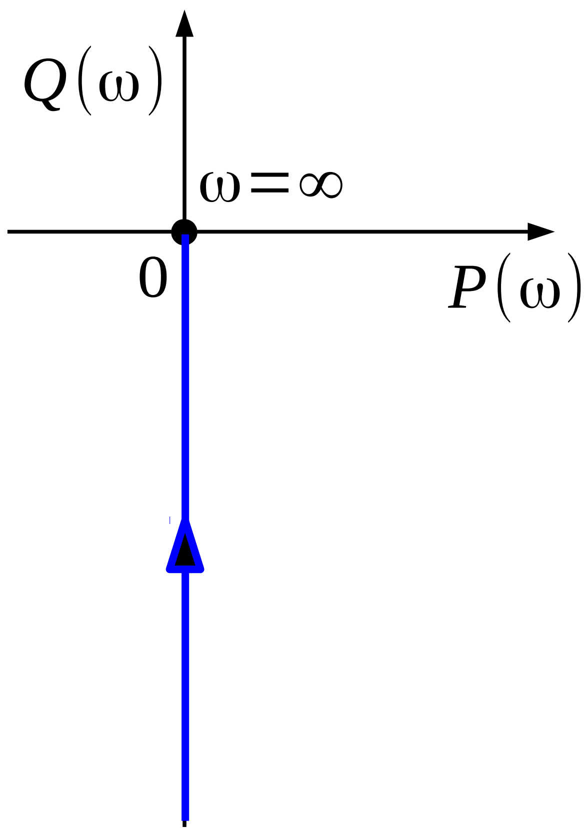
5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=\frac{k}{j\omega}$$

$$P(\omega)=0,\ \ Q(\omega)=-\frac{k}{\omega}$$

6. Wykres Nyquista:

dla $k>0$



Element całkujący

7. Wykres Bodego:

Element całkujący

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=\left|\frac{k}{\omega}\right|$

Element całkujący

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|\frac{k}{\omega}|$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|\frac{k}{\omega}|$$

Element całkujący

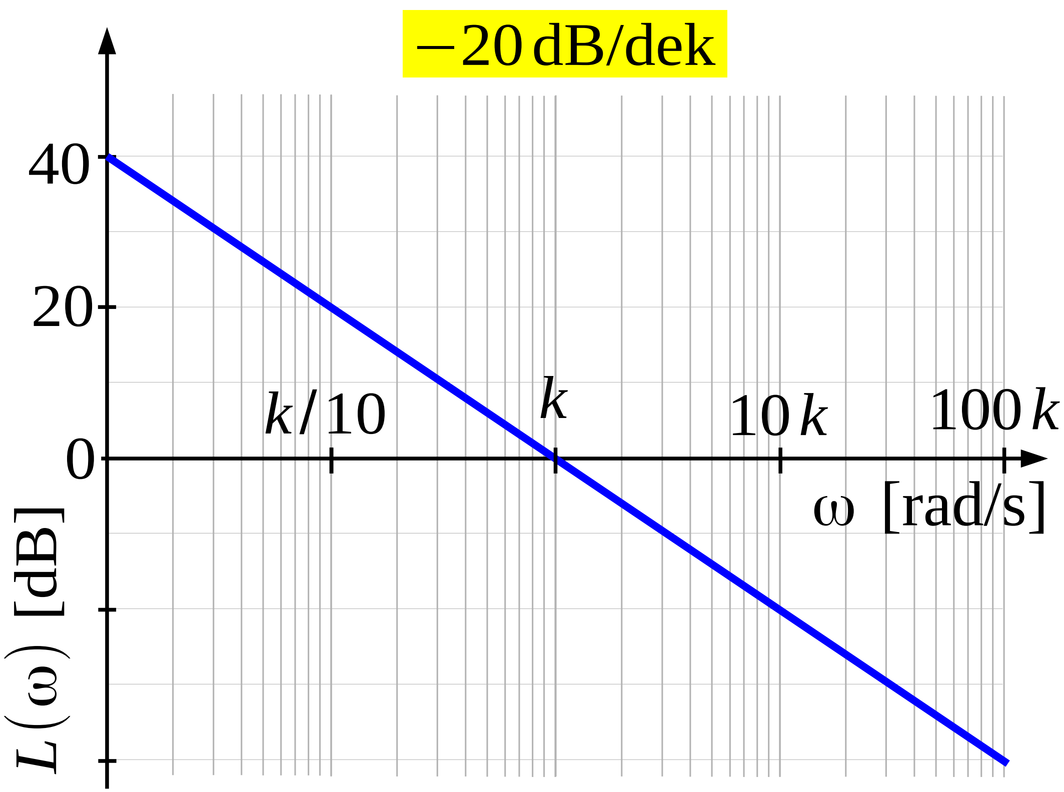
7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|\frac{k}{\omega}|$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|\frac{k}{\omega}| \qquad \varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan(-\infty)$$

Element całkujący

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=\left|\frac{k}{\omega}\right|$

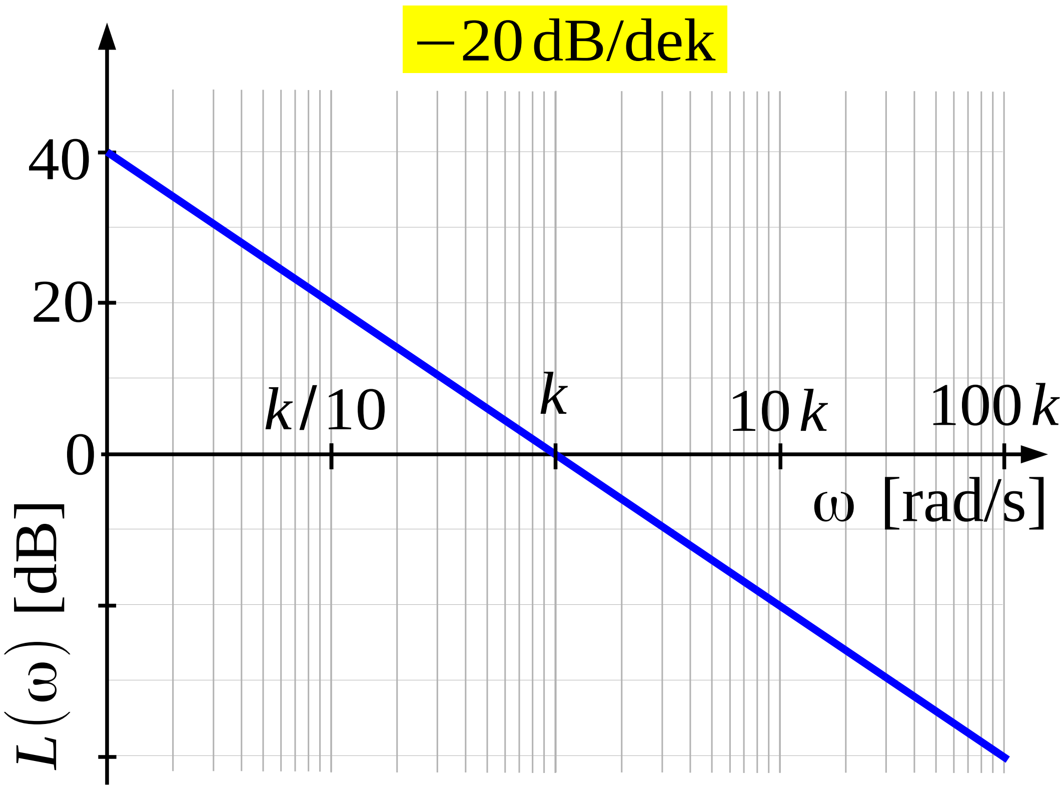
$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log\left|\frac{k}{\omega}\right| \qquad \varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan(-\infty)$$



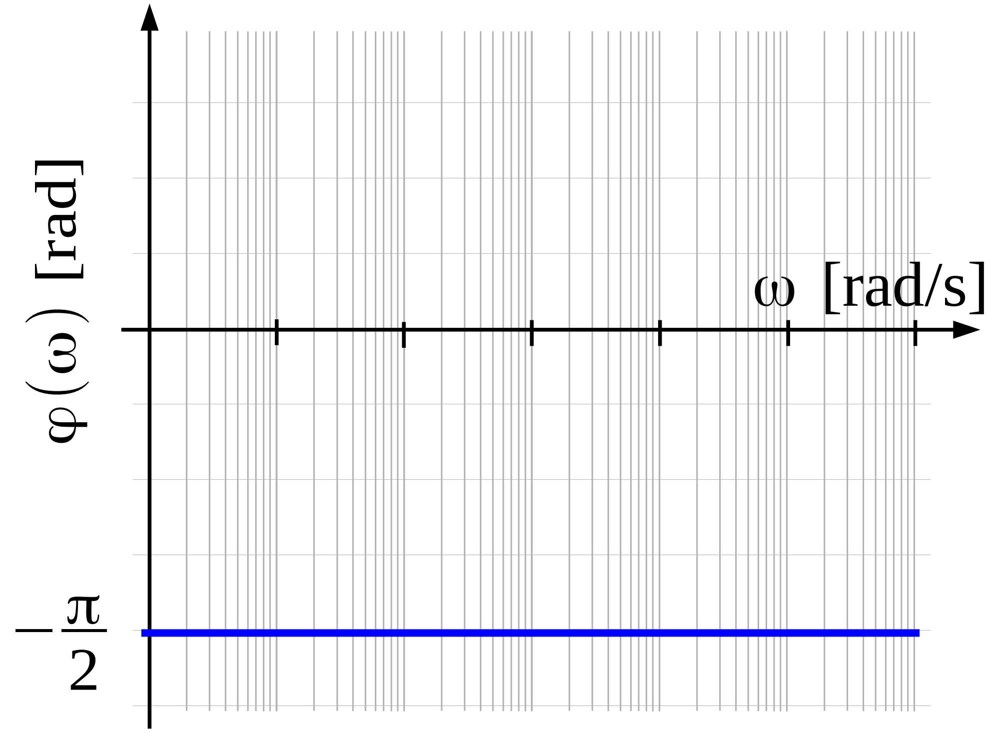
Element całkujący

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=\left|\frac{k}{\omega}\right|$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log\left|\frac{k}{\omega}\right| \qquad \varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan(-\infty)$$



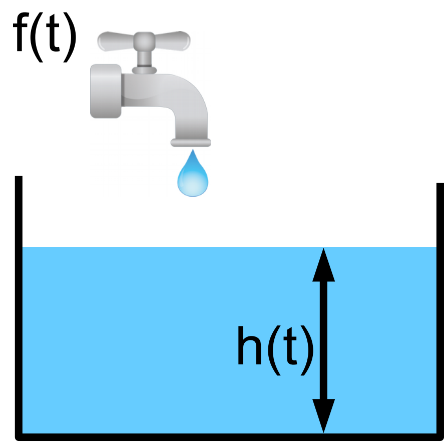
dla $k>0$



Element całkujący

Przykłady

1

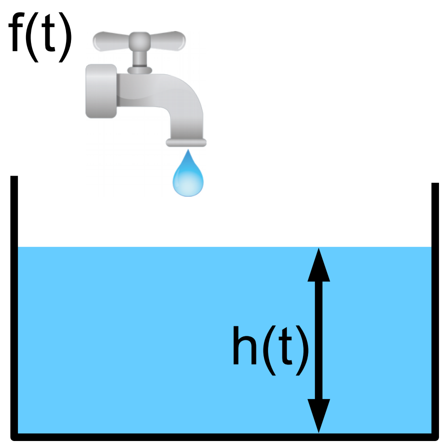


PROSTOPADŁOŚCIENNY
ZBIORNIK PŁYNU:
wejście – wydatek dopływu f(t)
wyjście – poziom cieczy h(t)

Element całkujący

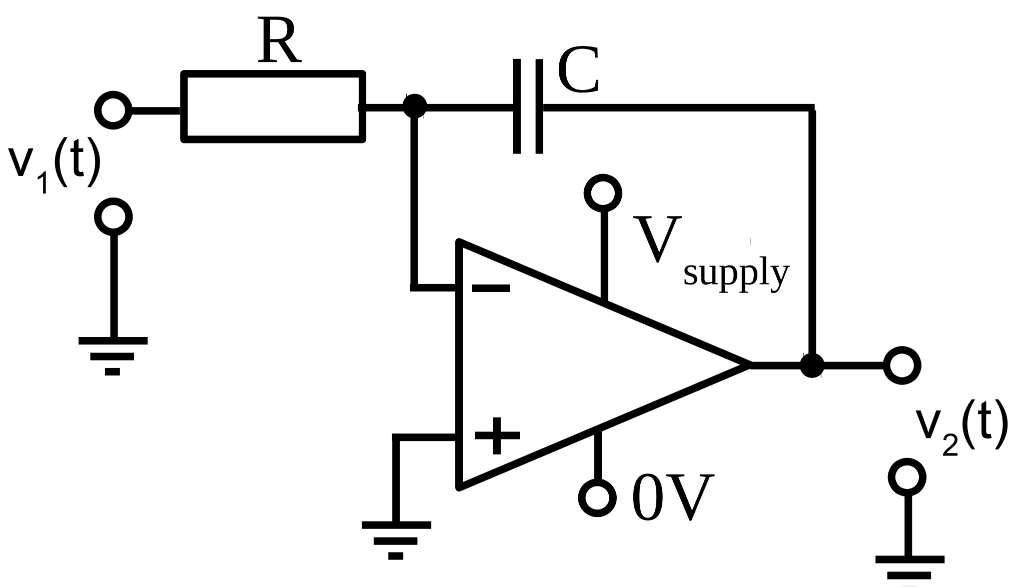
Przykłady

1



PROSTOPADŁOŚCIENNY ZBIORNIK PŁYNU:
wejście – wydatek dopływu f(t)
wyjście – poziom cieczy h(t)

2



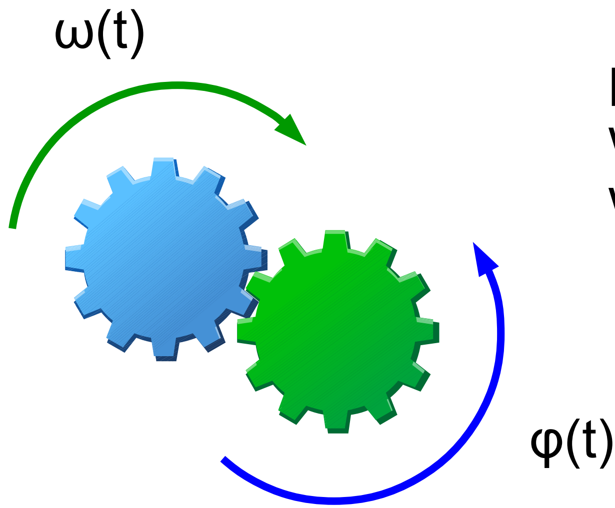
WZMACNIACZ OPERACYJNY:
wejście – napięcie $v_1(t)$
wyjście – napięcie $v_2(t)$

$$v_2(t) = \frac{1}{RC} \int_0^t v_1(t)\,dt$$

Element całkujący

Przykłady

3

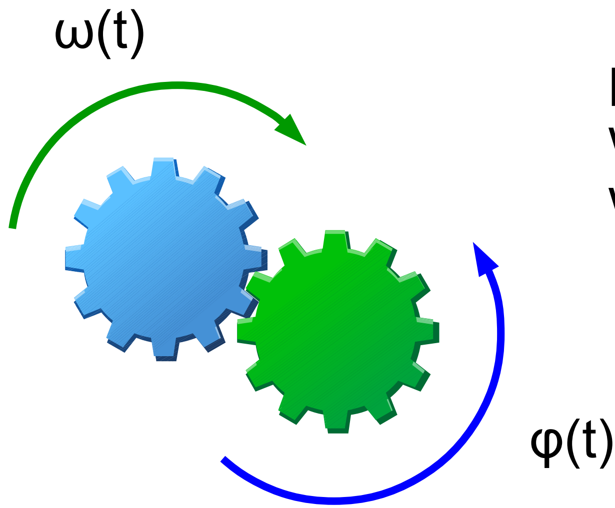


przekładnia zębata:
wejście – prędkość kątowa $\omega(t)$
wyjście – kąt obrotu $\varphi(t)$

Element całkujący

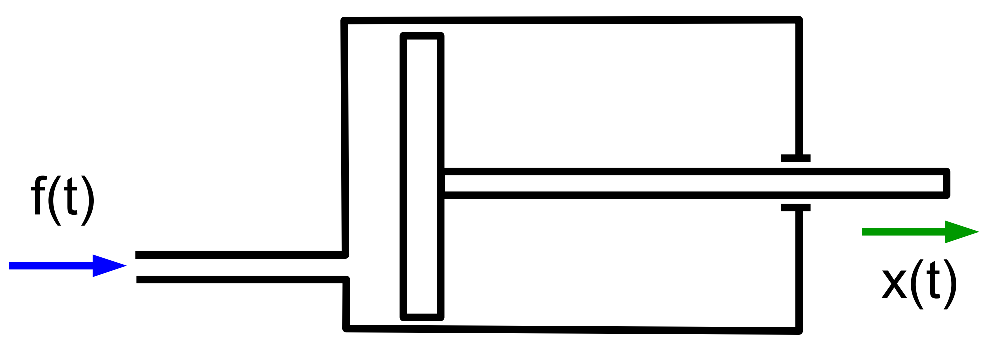
Przykłady

3



przekładnia zębata:
wejście – prędkość kątowa ω(t)
wyjście – kąt obrotu φ(t)

4



CYLINDER HYDRAULICZNY:
wejście – wydatek cieczy f(t)
wyjście – przemieszczenie x(t)

Element różniczkujący idealny

1. Równanie: $$y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

Element różniczkujący idealny

1. Równanie: $$y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

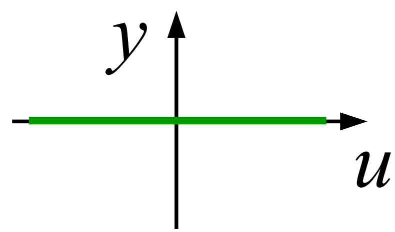
2. Charakterystyka statyczna: dla $\frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$

Element różniczkujący idealny

1. Równanie: $$y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $$y=0 \quad \text{dla } \frac{dy}{dt}=0 \wedge \frac{du}{dt}=0$$

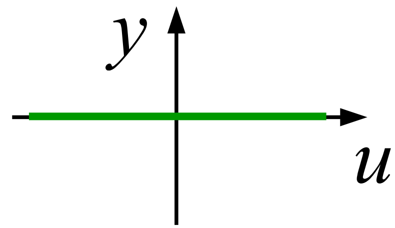


Element różniczkujący idealny

1. Równanie: $$y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $$y=0$$ dla $\frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$



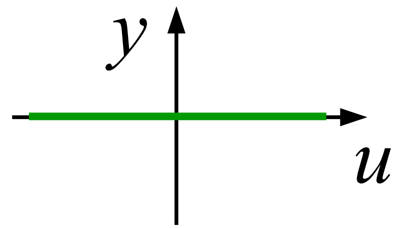
3. Transmitancja:

Element różniczkujący idealny

1. Równanie: $y(t)=k\,\dfrac{du(t)}{dt}$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $y=0$ dla $\dfrac{dy}{dt}=0 \wedge \dfrac{du}{dt}=0$



3. Transmitancja: $G(s)=k\,s$

Element różniczkujący idealny

4. Odp. skokowa:

Element różniczkujący idealny

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t) = u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s) = u_0 \frac{1}{s}$

Element różniczkujący idealny

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=k\,u_0$

Element różniczkujący idealny

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=k\,u_0$

Wyjście: $y(t)=L^{-1}\{Y(s)\}=k\,u_0\,\delta(t)$

Element różniczkujący idealny

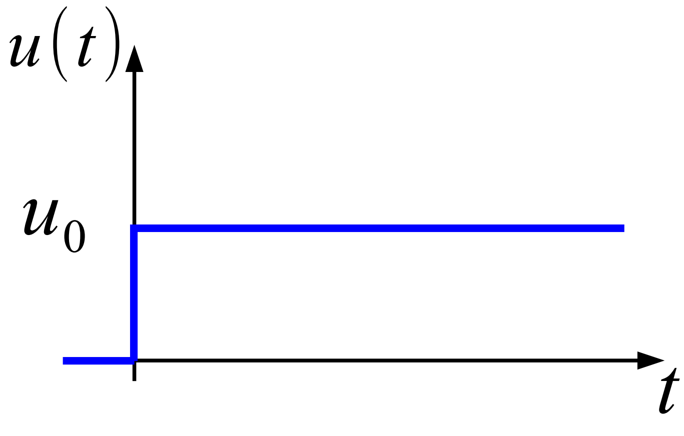
4. Odp. skokowa:

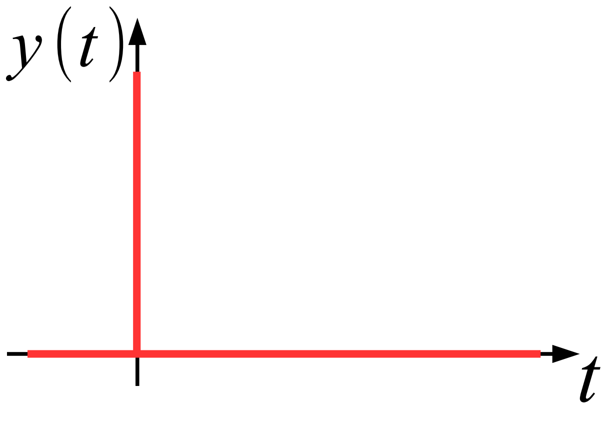
Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=k\,u_0$

Wyjście: $y(t)=L^{-1}\{Y(s)\}=k\,u_0 \delta(t)$





Element różniczkujący idealny

5. Transmitancja widmowa:

Element różniczkujący idealny

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=jk\omega$$

$$P(\omega)=0,\ \ Q(\omega)=k\omega$$

Element różniczkujący idealny

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega) = jk\omega$$

$$P(\omega) = 0, \quad Q(\omega) = k\omega$$

6. Wykres Nyquista:

Element różniczkujący idealny

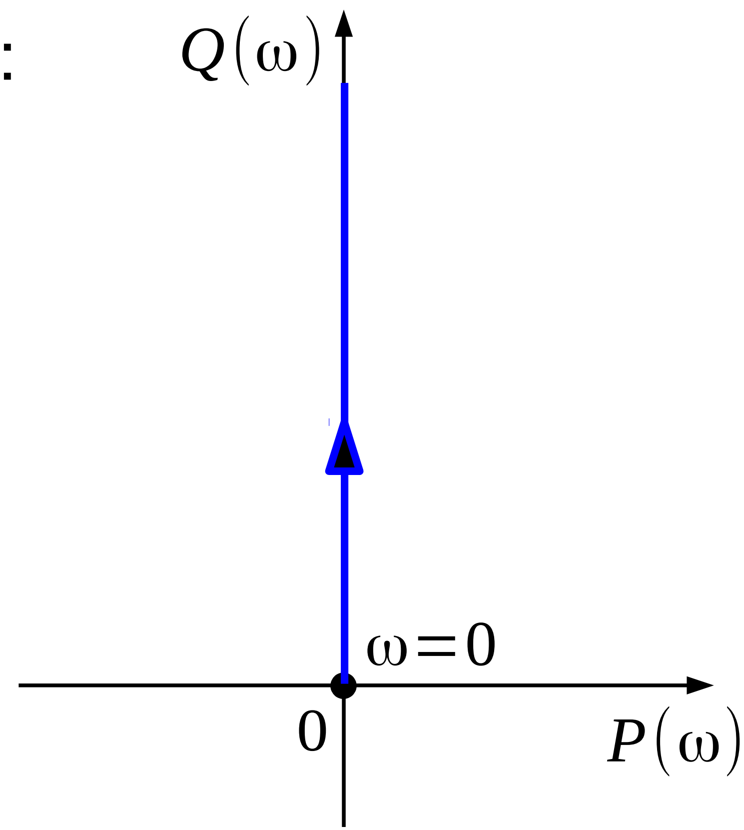
5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega) = jk\omega$$

$$P(\omega) = 0, \quad Q(\omega) = k\omega$$

6. Wykres Nyquista:

dla $k > 0$



Element różniczkujący idealny

7. Wykres Bodego:

Element różniczkujący idealny

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k\,\omega|$

Element różniczkujący idealny

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k\,\omega|$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k\,\omega|$$

Element różniczkujący idealny

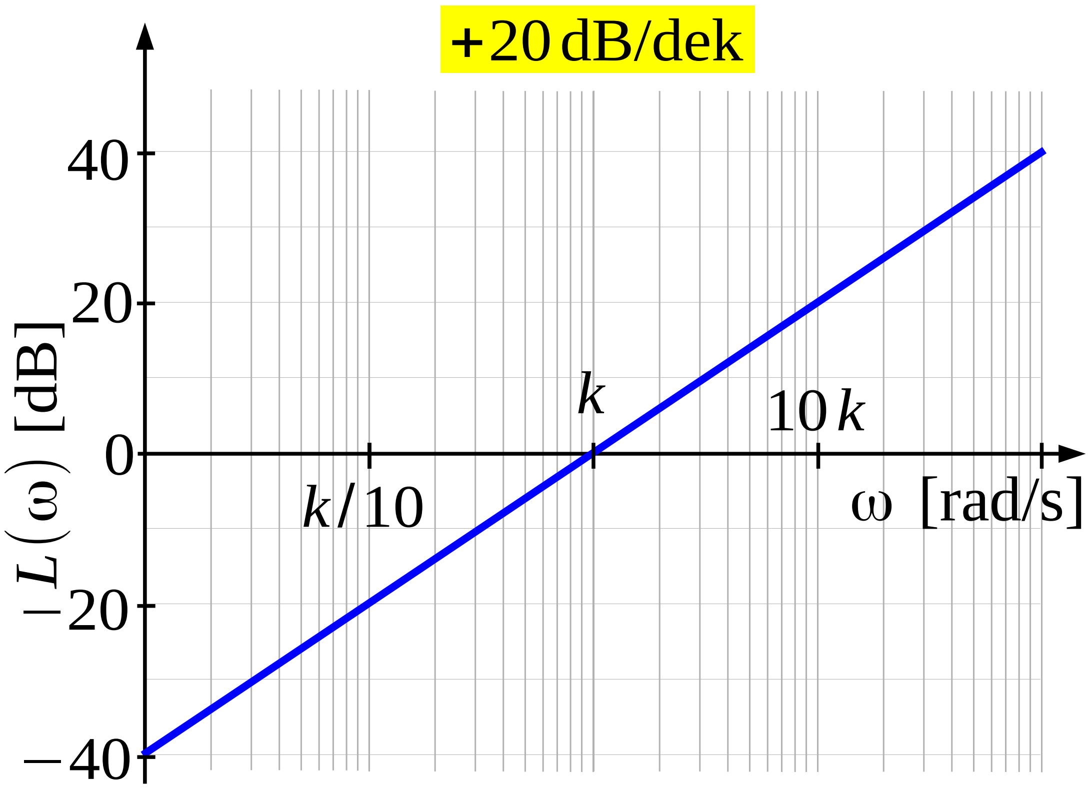
7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k\omega|$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k\omega| \qquad \varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan(\infty)$$

Element różniczkujący idealny

7. Wykres Bodego: $A(\omega) = \sqrt{P^2 + Q^2} = |k\,\omega|$

$$L(\omega) = 20\log A(\omega) = 20\log|k\,\omega| \qquad \varphi(\omega) = \arctan\frac{Q}{P} = \arctan(\infty)$$

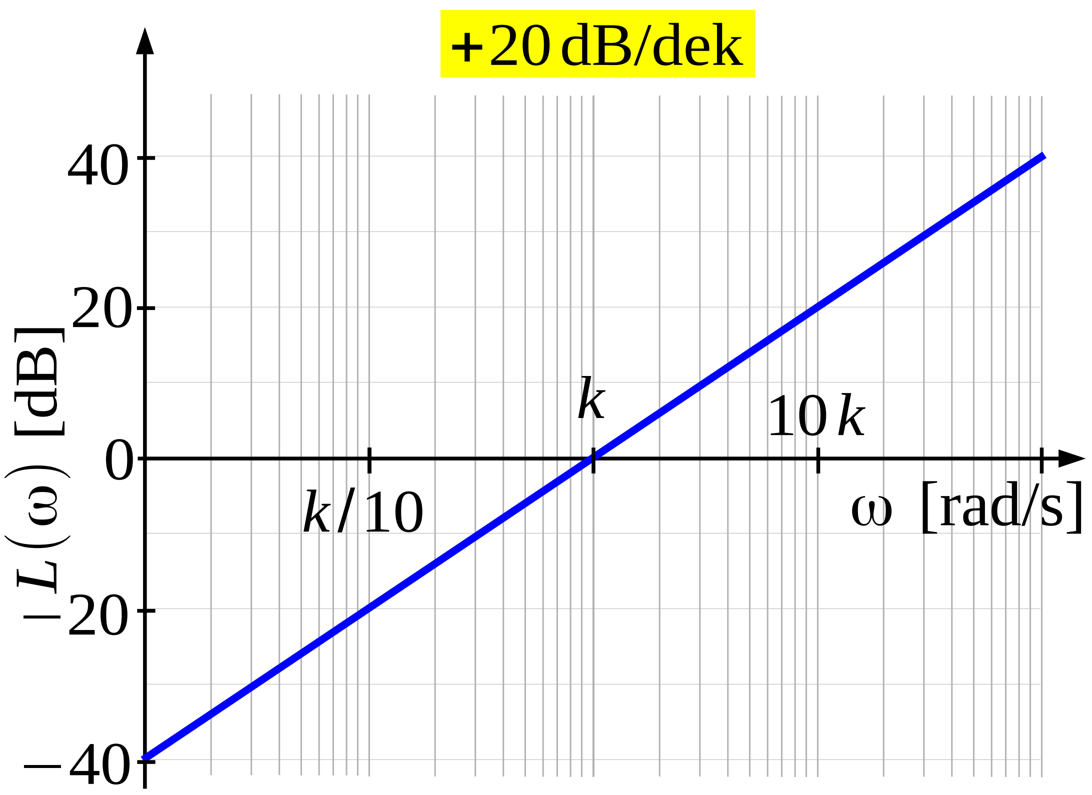


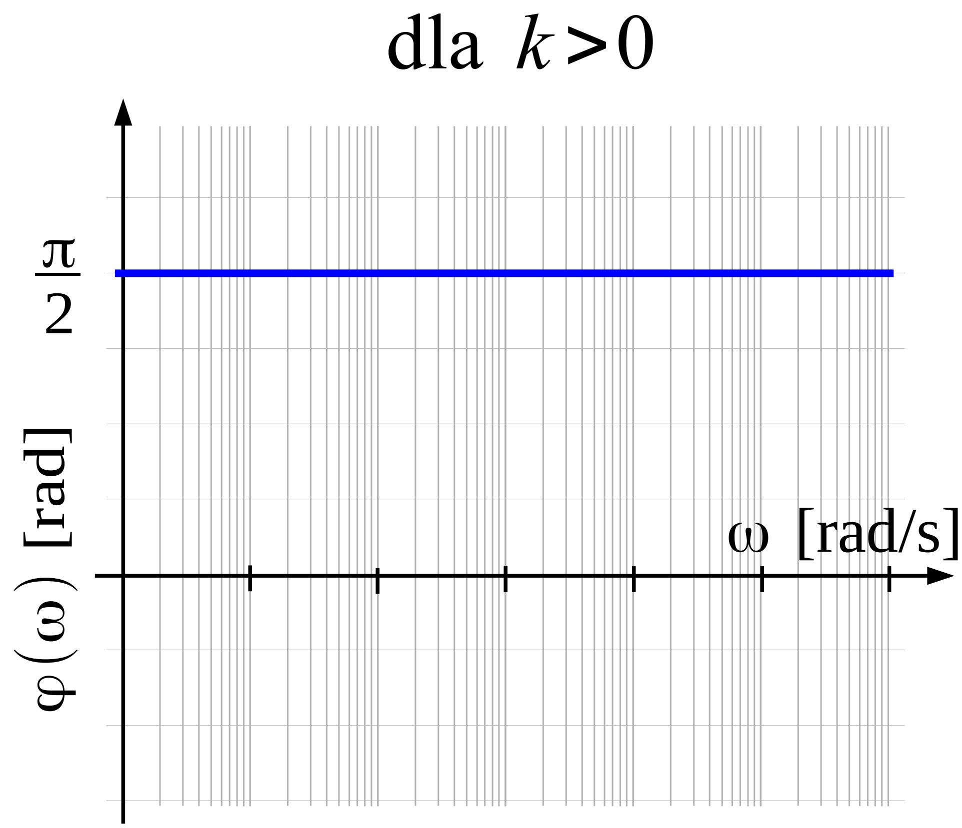
Element różniczkujący idealny

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k\,\omega|$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k\,\omega|$$

$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan(\infty)$$

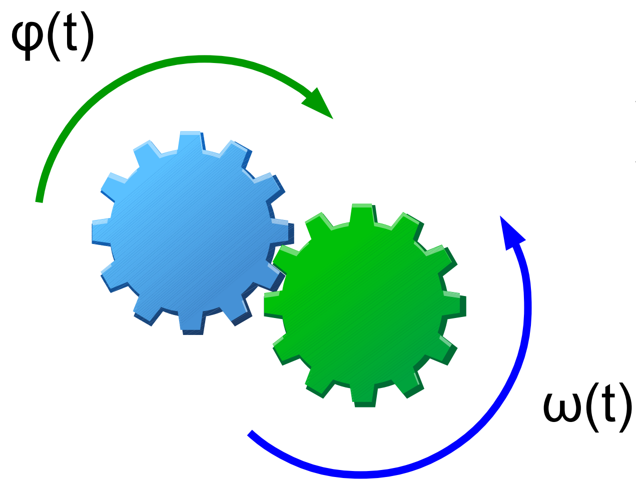




Element różniczkujący idealny

Przykłady

1

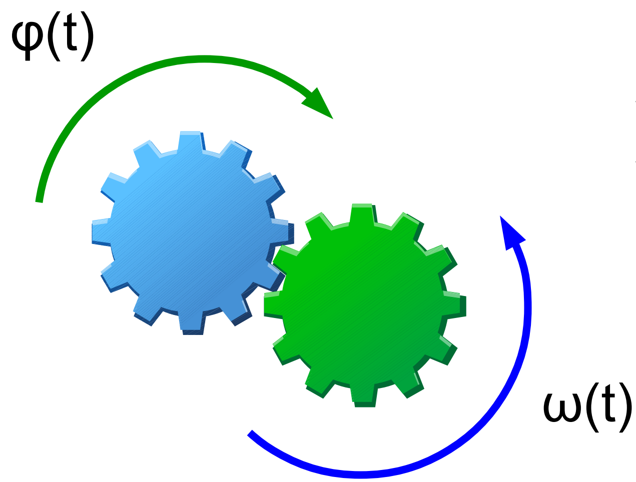


PRZEKŁADNIA ZĘBATA:
wejście – kąt obrotu φ(t)
wyjście – prędkość kątowa ω(t)

Element różniczkujący idealny

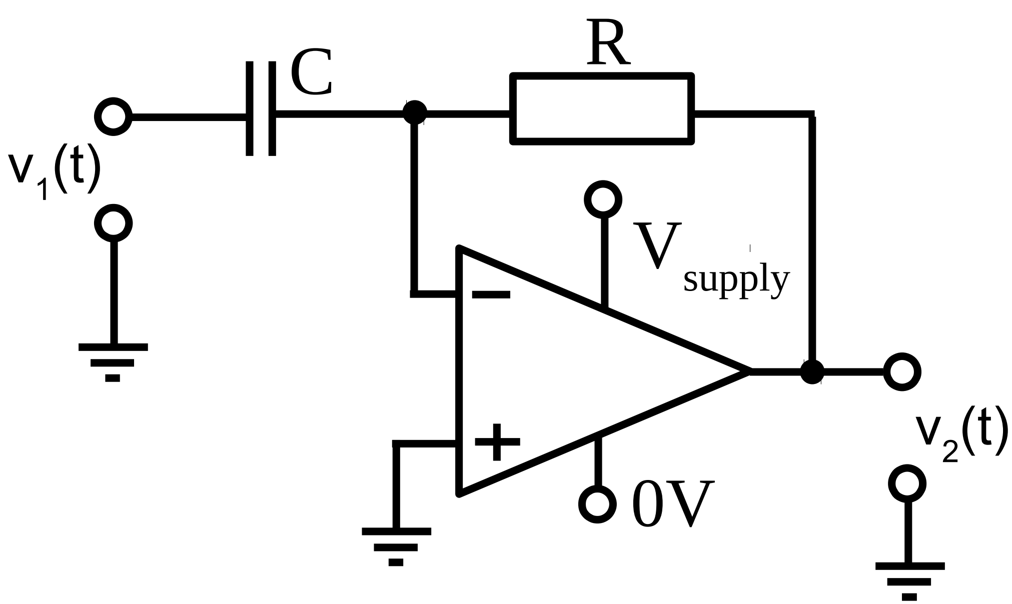
Przykłady

1



PRZEKŁADNIA ZĘBATA:
wejście – kąt obrotu φ(t)
wyjście – prędkość kątowa ω(t)

2



WZMACNIACZ OPERACYJNY:
wejście – napięcie $v_1(t)$
wyjście – napięcie $v_2(t)$

$$v_2(t) = -RC\frac{dv_1(t)}{dt}$$

Element różniczkujący rzeczywisty

1. Równanie: $$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

Element różniczkujący rzeczywisty

1. Równanie: $$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$$ $u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

---

2. Charakterystyka statyczna: dla $\frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$

Element różniczkujący rzeczywisty

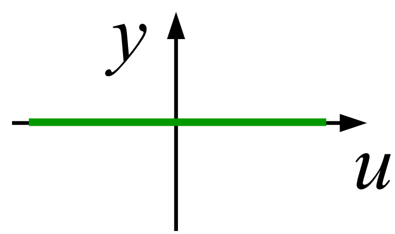
1. Równanie:

$$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna:

$$y=0 \qquad \text{dla } \frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$$

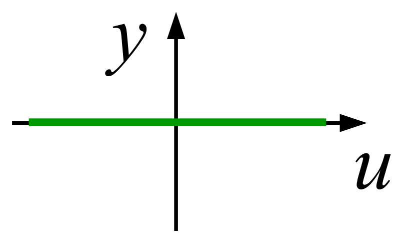


Element różniczkujący rzeczywisty

1. Równanie: $$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $$y=0 \quad \text{dla } \frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$$



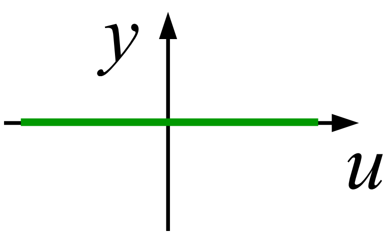
3. Transmitancja:

Element różniczkujący rzeczywisty

1. Równanie: $$T\frac{dy(t)}{dt}+y(t)=k\frac{du(t)}{dt}$$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $$y=0 \quad \text{dla } \frac{dy}{dt}=0\wedge\frac{du}{dt}=0$$



3. Transmitancja: $$G(s)=\frac{k\,s}{Ts+1}$$

Element różniczkujący rzeczywisty

4. Odp. skokowa:

Element różniczkujący rzeczywisty

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0\dfrac{1}{s}$

Element różniczkujący rzeczywisty

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\frac{k u_0}{Ts+1}$

Element różniczkujący rzeczywisty

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t) = u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s) = u_0 \dfrac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s) = G(s)U(s) = \dfrac{k\, u_0}{Ts+1}$

Wyjście: $y(t) = L^{-1}\{Y(s)\} = k\, u_0 e^{-t/T}$

Element różniczkujący rzeczywisty

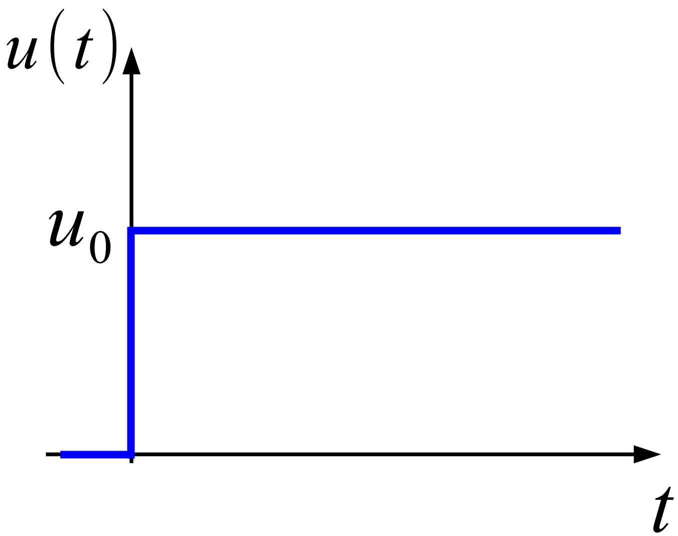
4. Odp. skokowa:

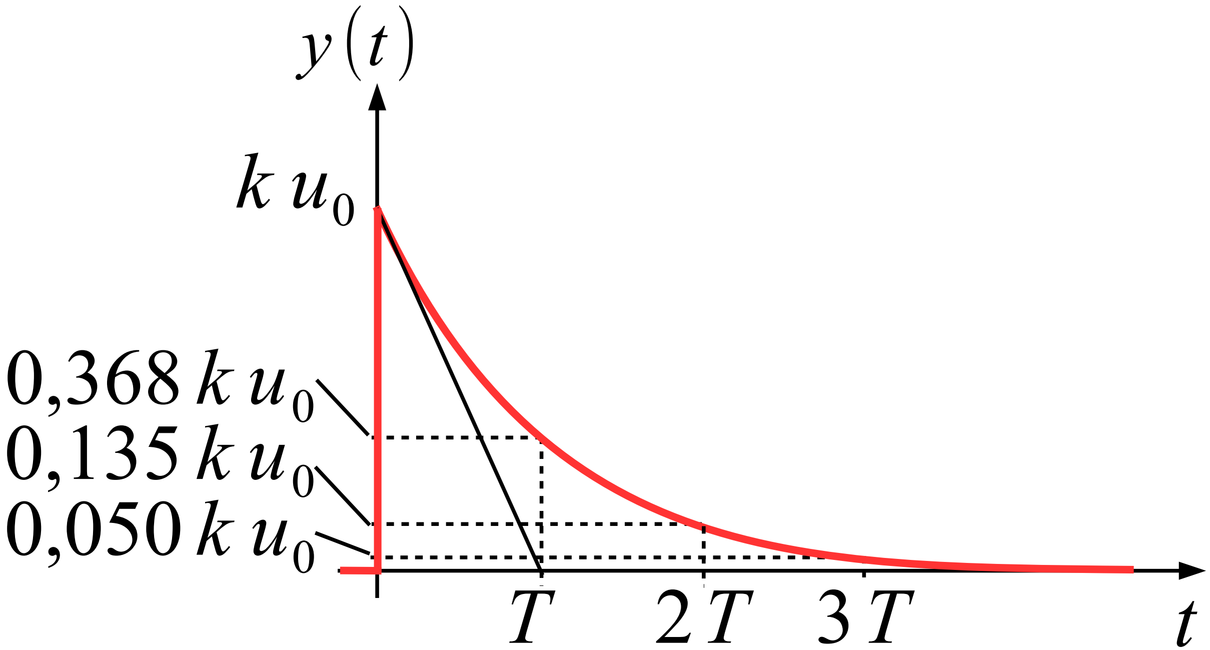
Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0\dfrac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\dfrac{k u_0}{Ts+1}$

Wyjście: $y(t)=L^{-1}\{Y(s)\}=k u_0 e^{-t/T}$





Element różniczkujący rzeczywisty

5. Transmitancja widmowa:

Element różniczkujący rzeczywisty

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=\frac{k\,j\omega}{Tj\omega+1}$$

Element różniczkujący rzeczywisty

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega) = \frac{k\, j\omega}{Tj\omega + 1}$$

$$P(\omega) = \frac{k\,T\,\omega^2}{T^2\omega^2 + 1}, \quad Q(\omega) = \frac{k\,\omega}{T^2\omega^2 + 1}$$

Element różniczkujący rzeczywisty

5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega) = \frac{k\,j\omega}{Tj\omega + 1}$$

$$P(\omega) = \frac{kT\omega^2}{T^2\omega^2 + 1}, \quad Q(\omega) = \frac{k\omega}{T^2\omega^2 + 1}$$

6. Wykres Nyquista:

Element różniczkujący rzeczywisty

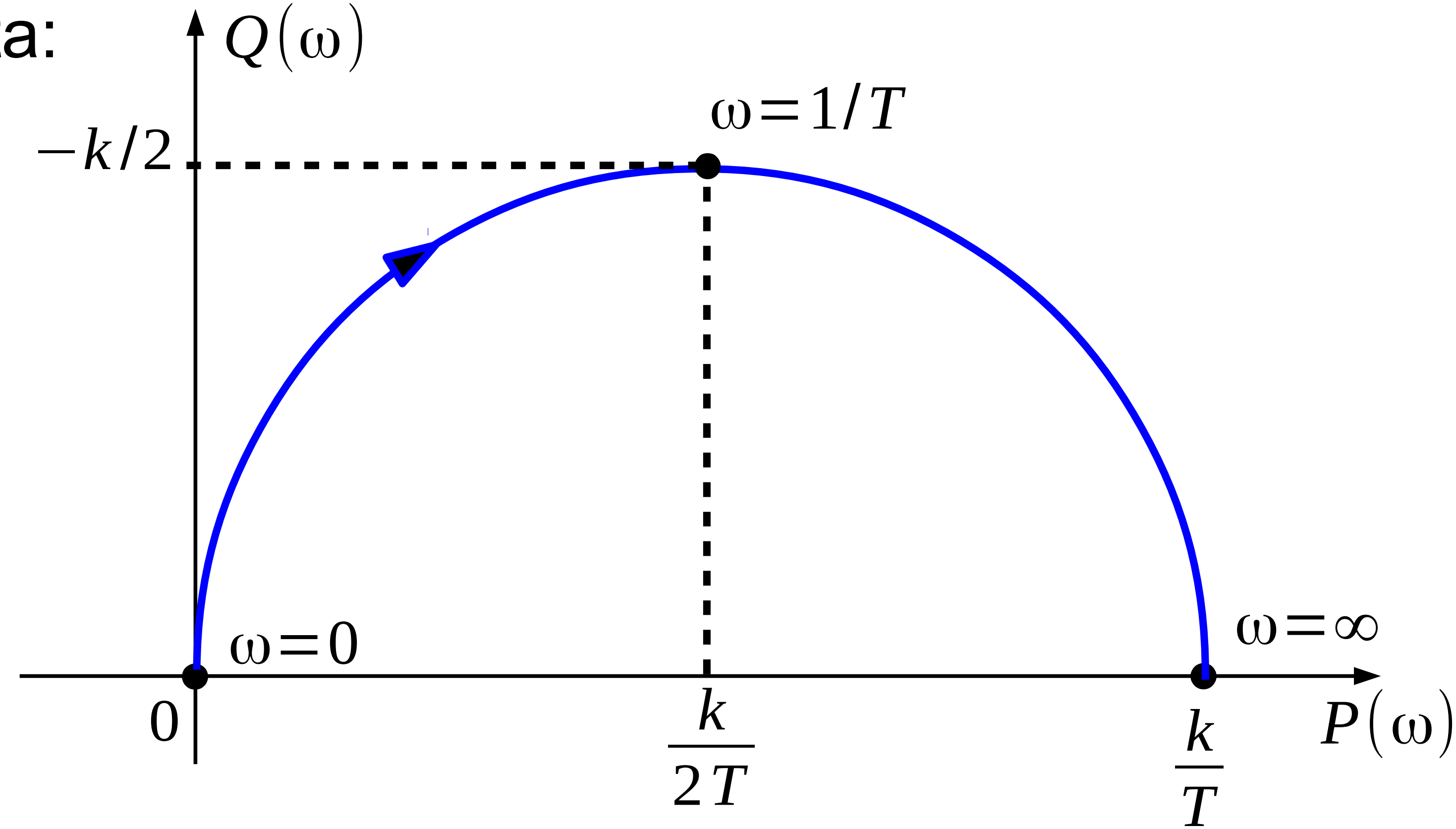
5. Transmitancja widmowa:

$$G(j\omega)=\frac{k\,j\omega}{Tj\omega+1}$$

$$P(\omega)=\frac{kT\omega^2}{T^2\omega^2+1},\quad Q(\omega)=\frac{k\omega}{T^2\omega^2+1}$$

6. Wykres Nyquista:

dla $k>0$



Element różniczkujący rzeczywisty

7. Wykres Bodego:

Element różniczkujący rzeczywisty

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k\omega|/\sqrt{T^2\omega^2+1}$

Element różniczkujący rzeczywisty

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k\omega|/\sqrt{T^2\omega^2+1}$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k\omega|-20\log\sqrt{T^2\omega^2+1}$$

Element różniczkujący rzeczywisty

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k\omega|/\sqrt{T^2\omega^2+1}$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k\omega|-20\log\sqrt{T^2\omega^2+1}$$

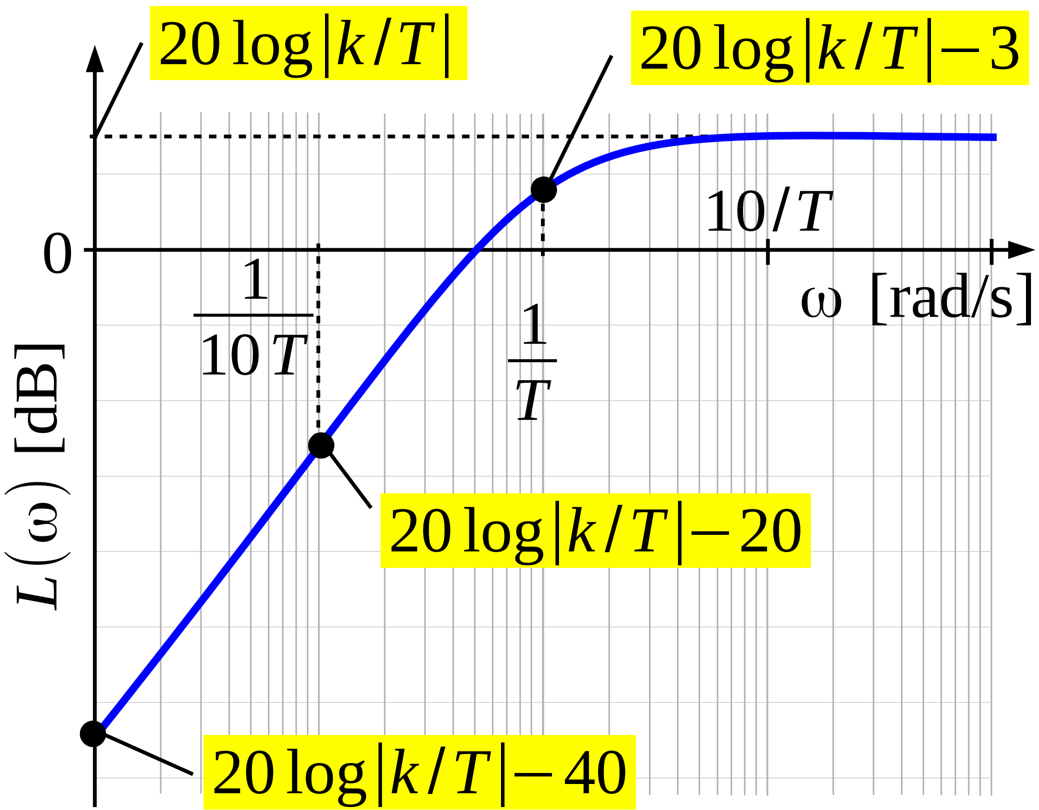
$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan\left(\frac{1}{T\omega}\right)$$

Element różniczkujący rzeczywisty

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k\,\omega|/\sqrt{T^2\omega^2+1}$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k\,\omega|-20\log\sqrt{T^2\omega^2+1}$$

$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan\left(\frac{1}{T\,\omega}\right)$$

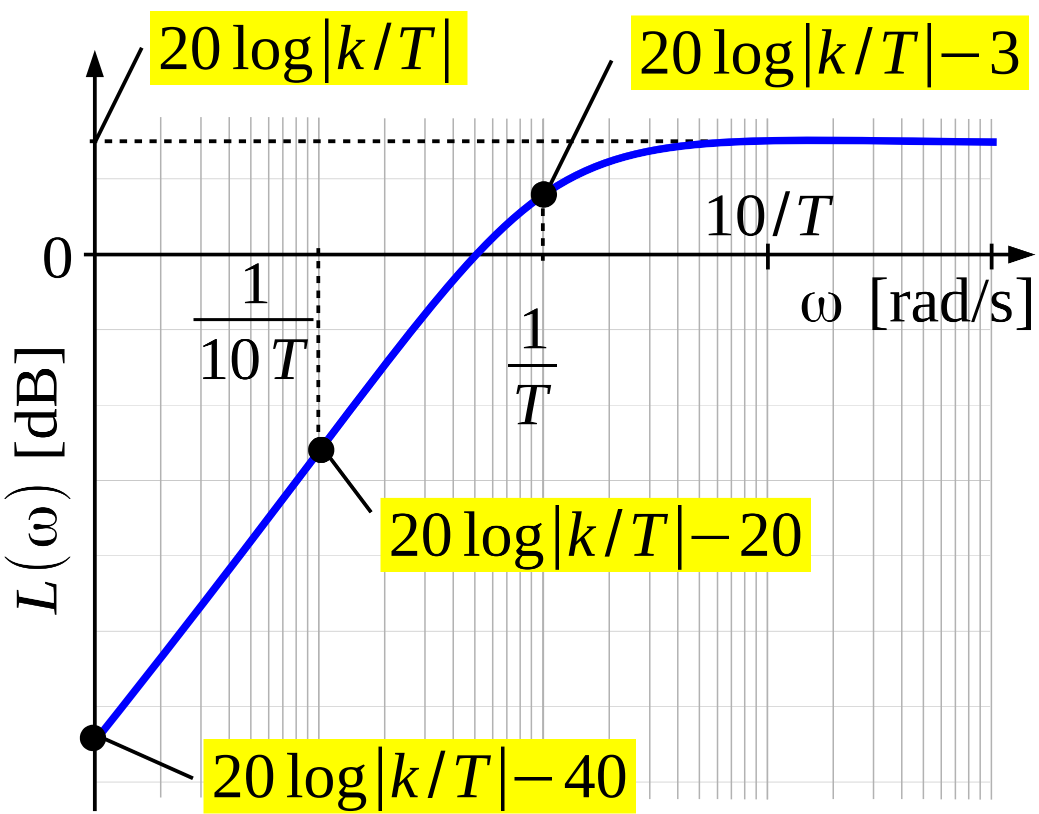


Element różniczkujący rzeczywisty

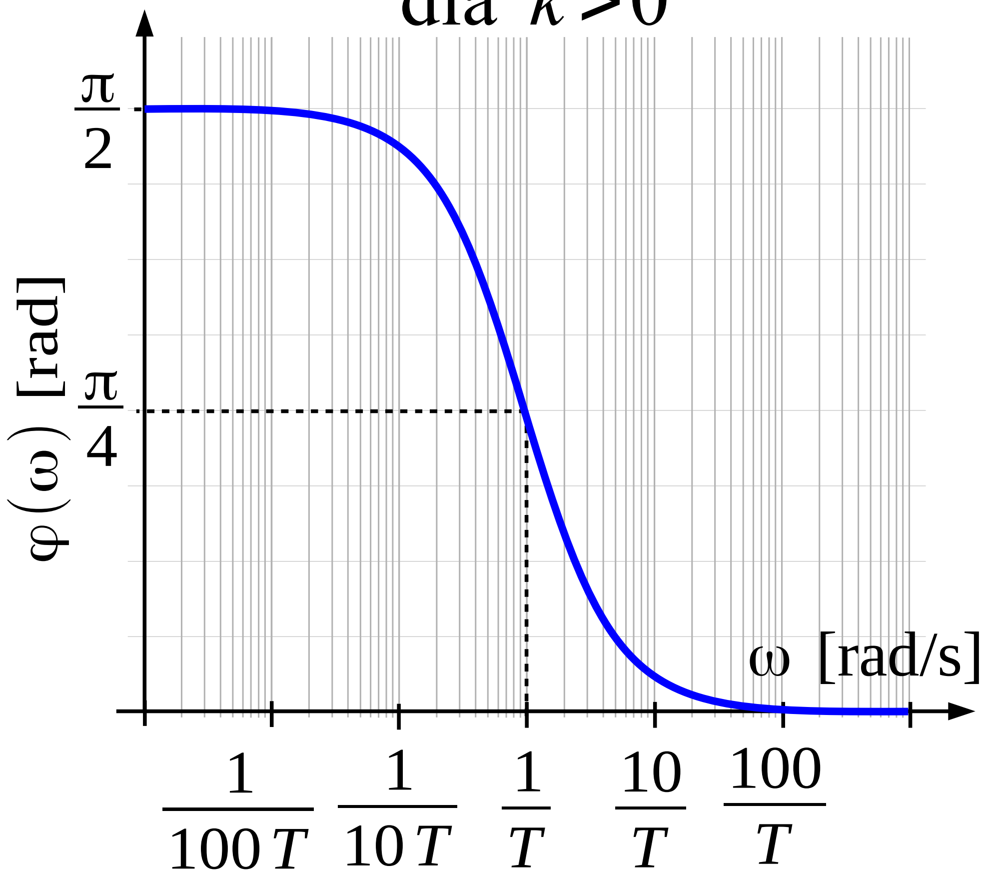
7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=|k\omega|/\sqrt{T^2\omega^2+1}$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log|k\omega|-20\log\sqrt{T^2\omega^2+1}$$

$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan\left(\frac{1}{T\omega}\right)$$



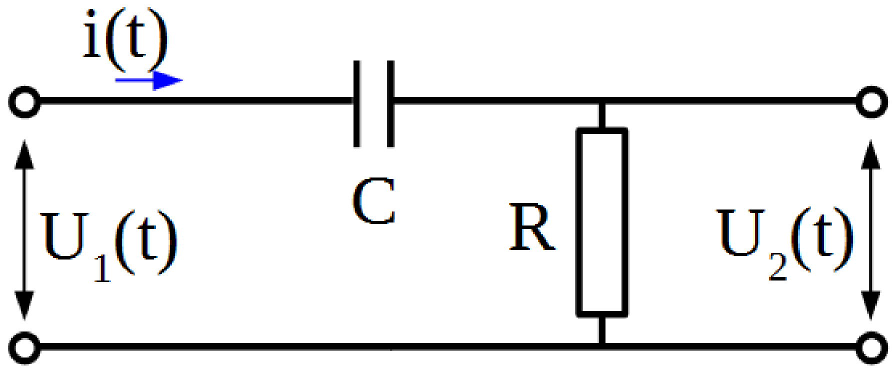
dla $k>0$



Element różniczkujący rzeczywisty

Przykłady

1



OBWÓD RC:
wejście – napięcie $u_1(t)$
wyjście – napięcie $u_2(t)$

Element opóźniający

1. Równanie: $y(t)=u(t-\tau)$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

Element opóźniający

1. Równanie: $y(t)=u(t-\tau)$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

---

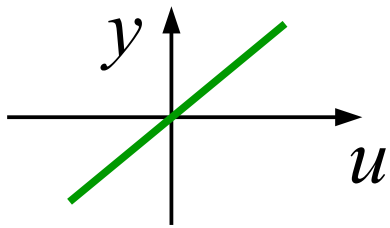
2. Charakterystyka statyczna: dla $\frac{dy}{dt}=0 \wedge \frac{du}{dt}=0$

Element opóźniający

1. Równanie: $y(t)=u(t-\tau)$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $y=u$ dla $\frac{dy}{dt}=0 \wedge \frac{du}{dt}=0$

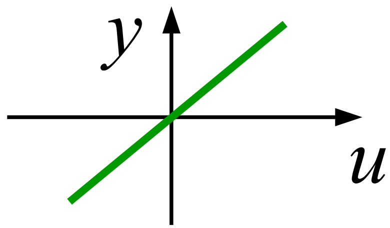


Element opóźniający

1. Równanie: $y(t)=u(t-\tau)$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $y=u$ dla $\frac{dy}{dt}=0 \wedge \frac{du}{dt}=0$



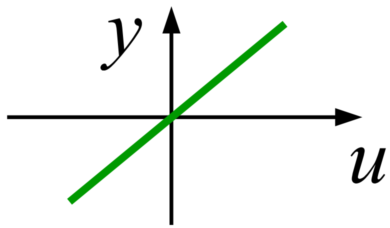
3. Transmitancja:

Element opóźniający

1. Równanie: $y(t)=u(t-\tau)$

$u(t)$ - wejście
$y(t)$ - wyjście

2. Charakterystyka statyczna: $y=u$ dla $\frac{dy}{dt}=0 \wedge \frac{du}{dt}=0$



3. Transmitancja: $G(s)=e^{-\tau s}$

Element opóźniający

4. Odp. skokowa:

Element opóźniający

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Element opóźniający

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\frac{u_0}{s}e^{-\tau s}$

Element opóźniający

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0\dfrac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\dfrac{u_0}{s}e^{-\tau s}$

Wyjście: $y(t)=L^{-1}\{Y(s)\}=u_0 1(t-\tau)$

Element opóźniający

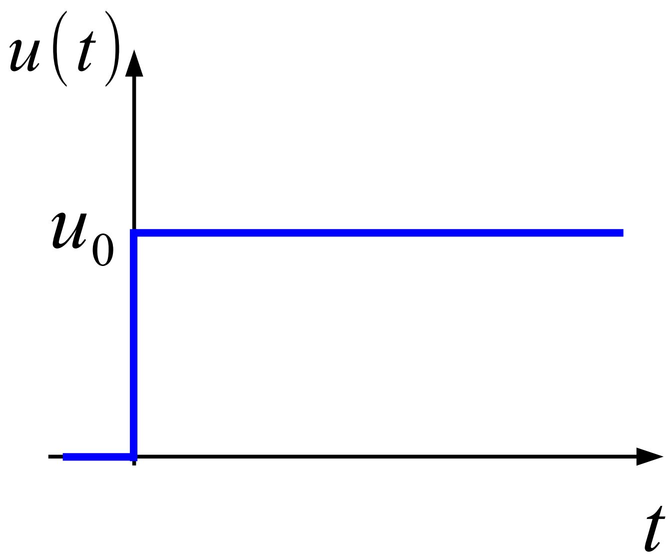
4. Odp. skokowa:

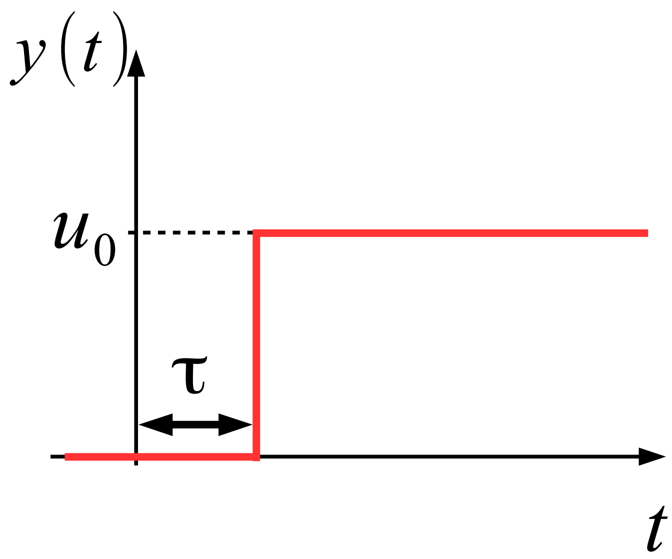
Wejście: $u(t) = u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s) = u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s) = G(s)U(s) = \frac{u_0}{s} e^{-\tau s}$

Wyjście: $y(t) = L^{-1}\{Y(s)\} = u_0 1(t-\tau)$





Element opóźniający

5. Transmitancja widmowa:

Element opóźniający

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=e^{-\tau j\omega}$

Element opóźniający

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=e^{-\tau j\omega}$

$$\boxed{e^{-x}=\cos x-j\sin x}$$

$$P(\omega)=\cos(\tau\omega),\ \ Q(\omega)=-\sin(\tau\omega)$$

Element opóźniający

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=e^{-\tau j\omega}$

$$\boxed{e^{-x}=\cos x-j\sin x}$$

$$P(\omega)=\cos(\tau\omega),\ \ Q(\omega)=-\sin(\tau\omega)$$

6. Wykres Nyquista:

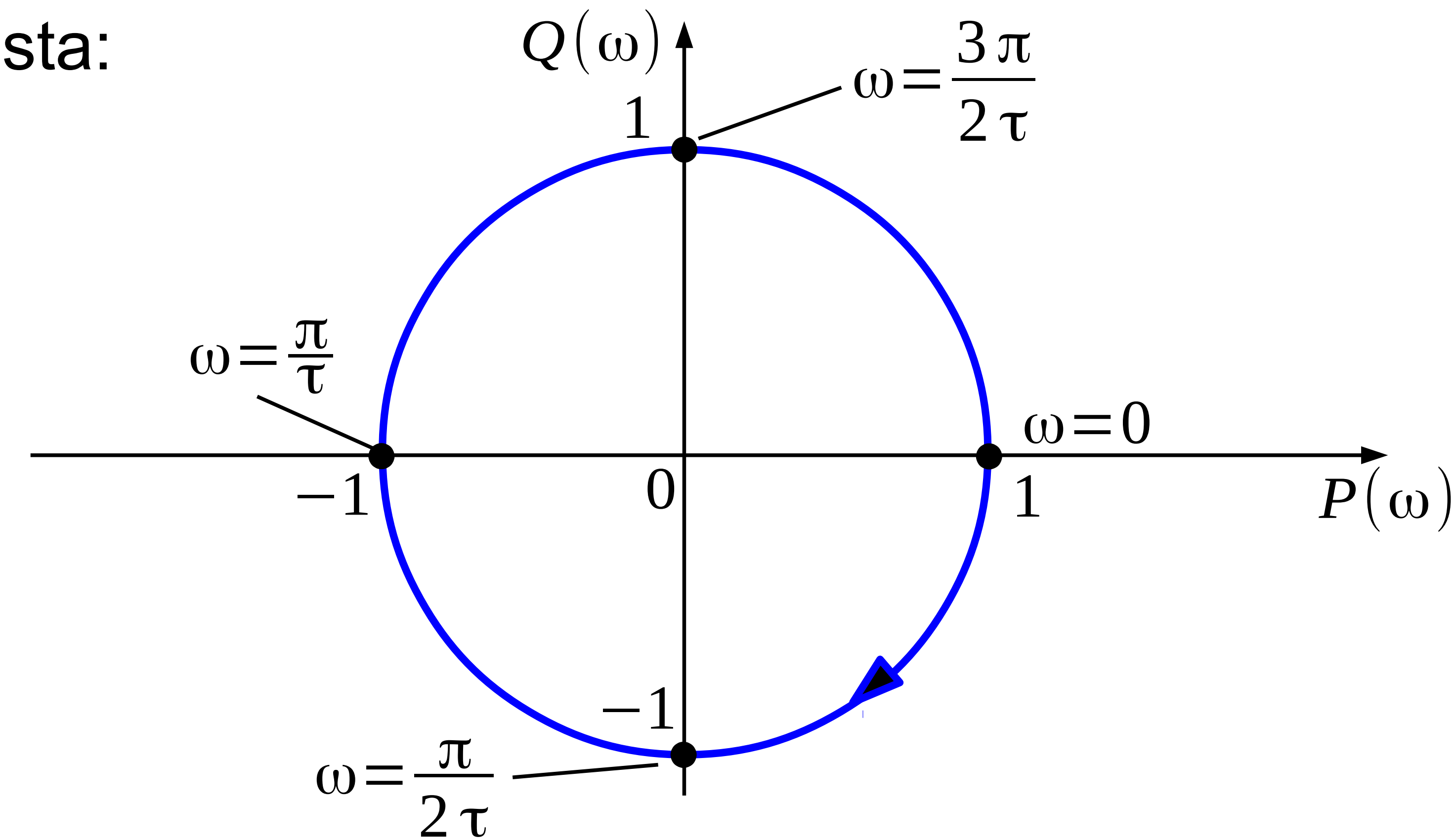
Element opóźniający

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega) = e^{-\tau j\omega}$

$$\boxed{e^{-x} = \cos x - j\sin x}$$

$$P(\omega) = \cos(\tau\omega), \quad Q(\omega) = -\sin(\tau\omega)$$

6. Wykres Nyquista:



Element opóźniający

7. Wykres Bodego:

Element opóźniający

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=1$

Element opóźniający

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=1$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log 1=0$$

Element opóźniający

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=1$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log 1=0$$

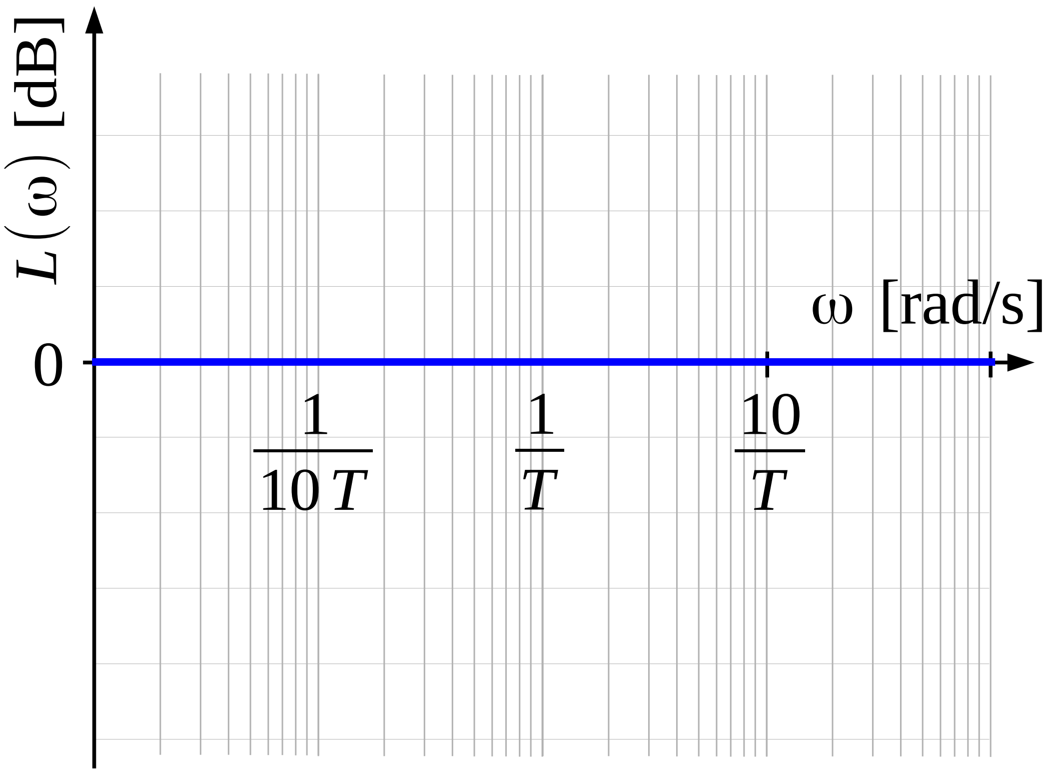
$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan\left(-\tan(\tau\omega)\right)=-\tau\omega$$

Element opóźniający

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=1$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log 1=0$$

$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan\left(-\tan(\tau\omega)\right)=-\tau\omega$$

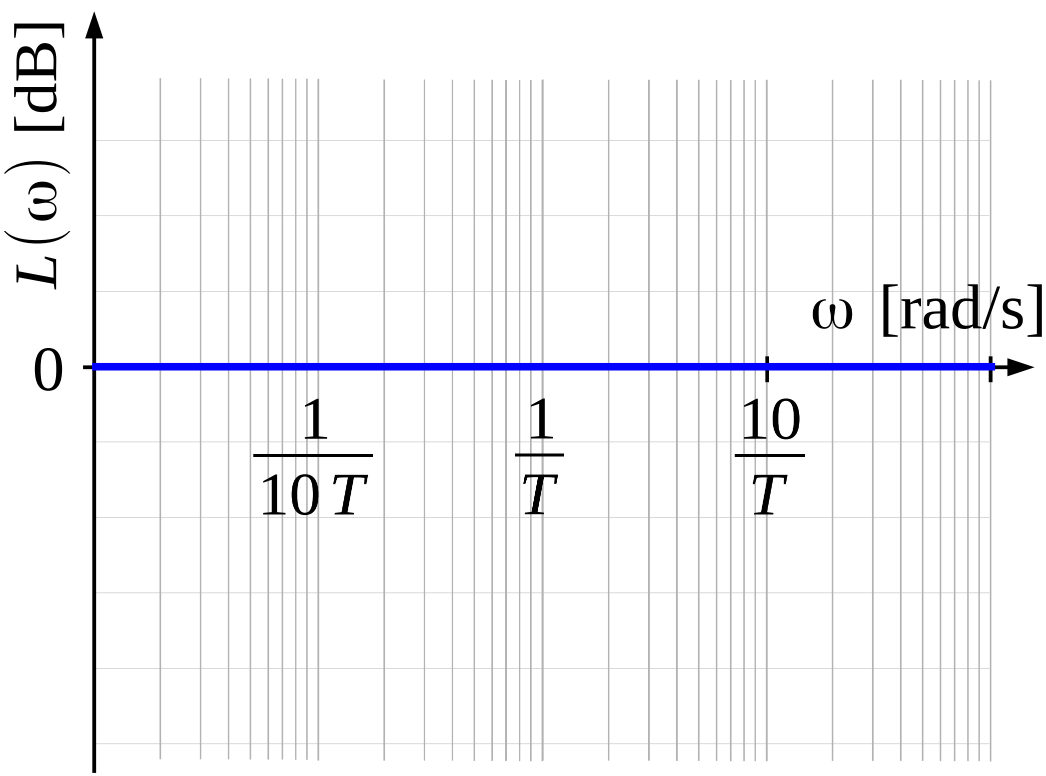


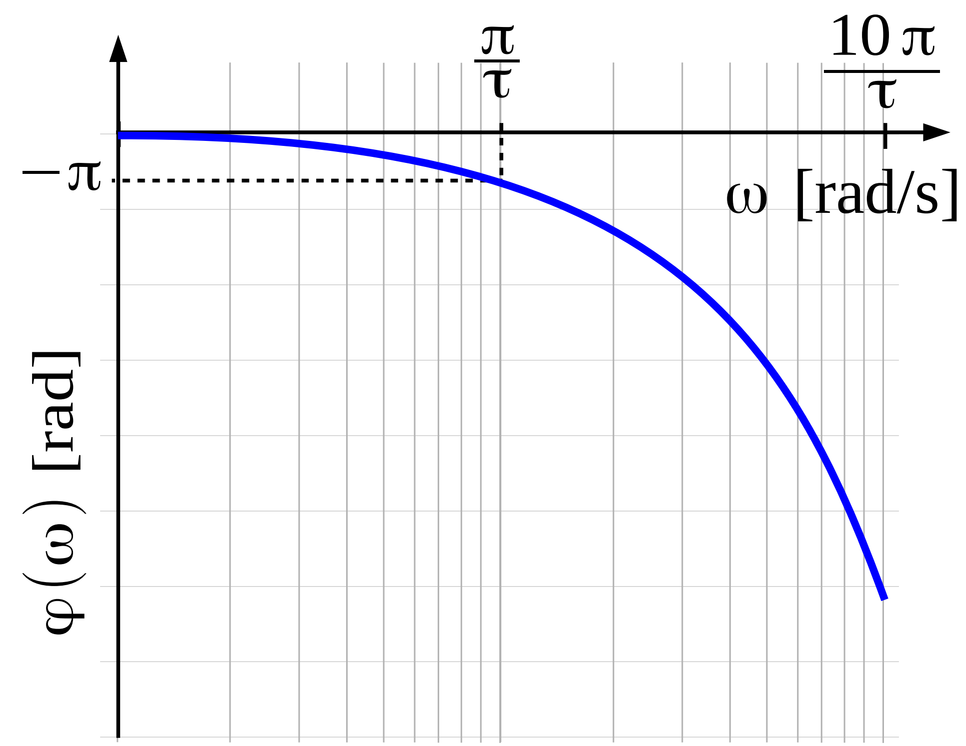
Element opóźniający

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}=1$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)=20\log 1=0$$

$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}=\arctan\left(-\tan(\tau\omega)\right)=-\tau\omega$$

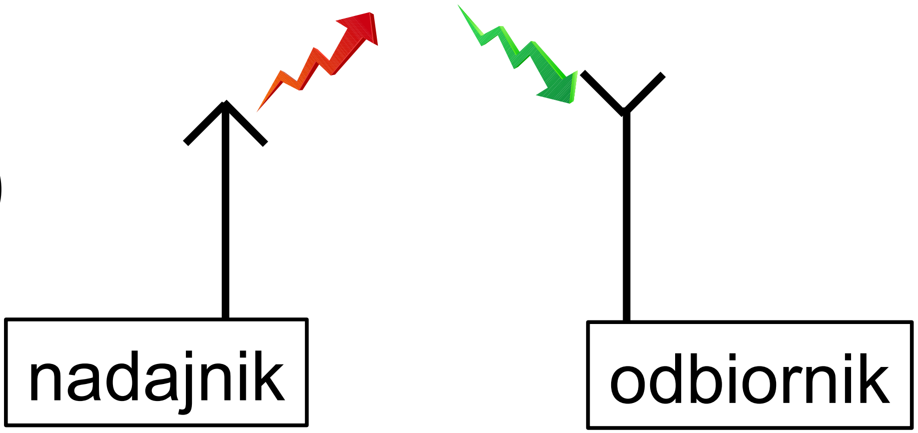




Element opóźniający

Przykłady

1



TRANSMISJA BEZPRZEWODOWA:
wejście – dane wysłane
wyjście – dane odebrane

Element inercyjny drugiego rzędu

1. Równanie: $$T_1^2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + T_2 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k\,u(t)$$

Element inercyjny drugiego rzędu

1. Równanie:

$$T_1^2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + T_2 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k\,u(t)$$

---

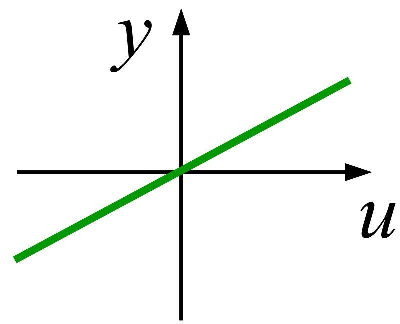
2. Charakterystyka statyczna:

$$\text{dla } \frac{dy}{dt} = 0 \wedge \frac{du}{dt} = 0$$

Element inercyjny drugiego rzędu

1. Równanie: $$T_1^2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + T_2 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k\,u(t)$$

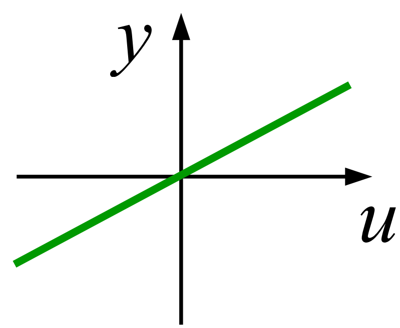
2. Charakterystyka statyczna: $$y = ku \qquad \text{dla } \frac{dy}{dt} = 0 \wedge \frac{du}{dt} = 0$$



Element inercyjny drugiego rzędu

1. Równanie: $$T_1^2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + T_2 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k\,u(t)$$

2. Charakterystyka statyczna: $$y = ku \qquad \text{dla } \frac{dy}{dt} = 0 \wedge \frac{du}{dt} = 0$$

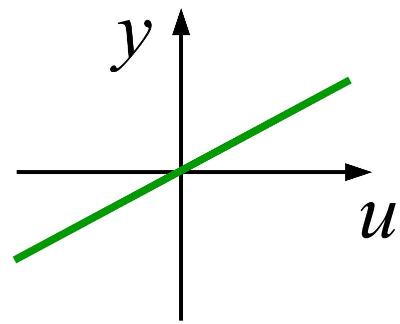


3. Transmitancja:

Element inercyjny drugiego rzędu

1. Równanie: $$T_1^2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + T_2 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k\, u(t)$$

2. Charakterystyka statyczna: $$y = ku \qquad \text{dla } \frac{dy}{dt} = 0 \wedge \frac{du}{dt} = 0$$



3. Transmitancja: $$G(s) = \frac{k}{T_1^2 s^2 + T_2 s + 1}$$

Element inercyjny drugiego rzędu

4. Odp. skokowa:

Element inercyjny drugiego rzędu

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t) = u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s) = u_0 \frac{1}{s}$

Element inercyjny drugiego rzędu

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0 \frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\frac{k u_0}{s(T_1^2 s^2+T_2 s+1)}$

Element inercyjny drugiego rzędu

4. Odp. skokowa:

Wejście: $u(t)=u_0 1(t)$

Transformata Laplacea wejścia: $U(s)=u_0\frac{1}{s}$

Transformata Laplacea wyjścia: $Y(s)=G(s)U(s)=\frac{k\,u_0}{s\left(T_1^2 s^2+T_2 s+1\right)}$

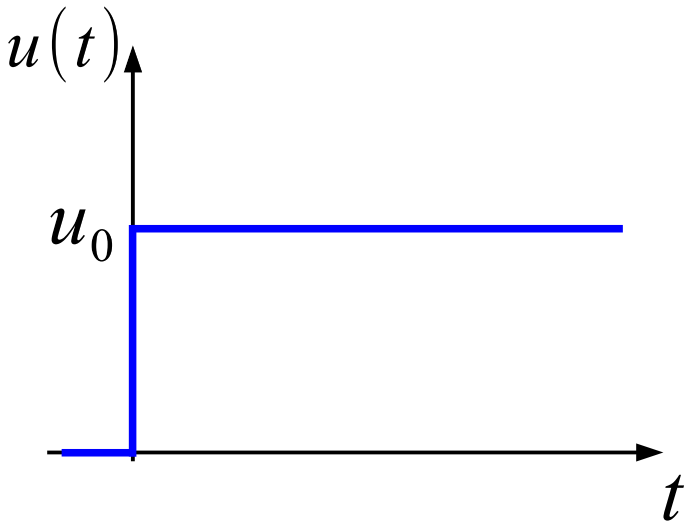
wyjście: $y(t)=L^{-1}\{Y(s)\}=$

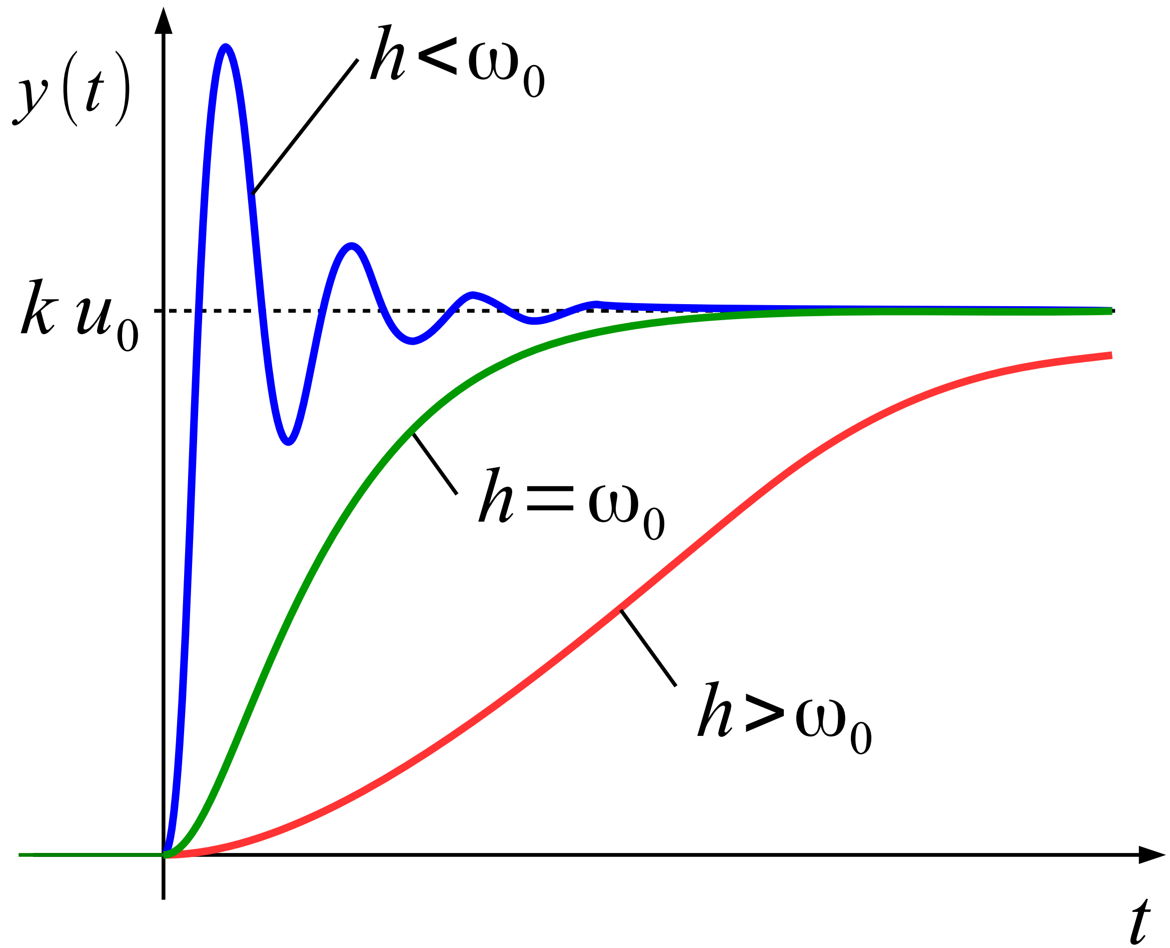
$$=\begin{cases}\frac{k\,u_0}{T_1^2}\left(1-e^{-ht}\left(\cos\omega t+\frac{h}{\omega}\sin\omega t\right)\right), \text{ dla } h\le\omega_0\\ \frac{k\,u_0}{T_1^2}\left(1+e^{-ht}\left(\left(\frac{h+w}{2w}-1\right)e^{-wt}-\frac{h+w}{2w}e^{wt}\right)\right), \text{ dla } h\ge\omega_0\end{cases}$$

gdzie: $h=\frac{T_2}{2T_1^2},\ \omega_0=\frac{1}{T_1},\ \omega=\sqrt{\omega_0^2-h^2},\ w=\sqrt{h^2-\omega_0^2}$

Element inercyjny drugiego rzędu

4. Odp. skokowa:





Element inercyjny drugiego rzędu

5. Transmitancja widmowa:

Element inercyjny drugiego rzędu

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=\dfrac{k}{-T_1^2\omega^2+T_2 j\omega+1}$

Element inercyjny drugiego rzędu

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=\dfrac{k}{-T_1^2\omega^2+T_2 j\omega+1}$

$$P(\omega)=\frac{k\left(1-T_1^2\omega^2\right)}{\left(1-T_1^2\omega^2\right)^2+T_2^2\omega^2},\quad Q(\omega)=\frac{-k\,T_2\,\omega}{\left(1-T_1^2\omega^2\right)^2+T_2^2\omega^2}$$

Element inercyjny drugiego rzędu

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=\dfrac{k}{-T_1^2\omega^2+T_2 j\omega+1}$

$$P(\omega)=\frac{k\left(1-T_1^2\omega^2\right)}{\left(1-T_1^2\omega^2\right)^2+T_2^2\omega^2},\quad Q(\omega)=\frac{-k\,T_2\,\omega}{\left(1-T_1^2\omega^2\right)^2+T_2^2\omega^2}$$

6. Wykres Nyquista:

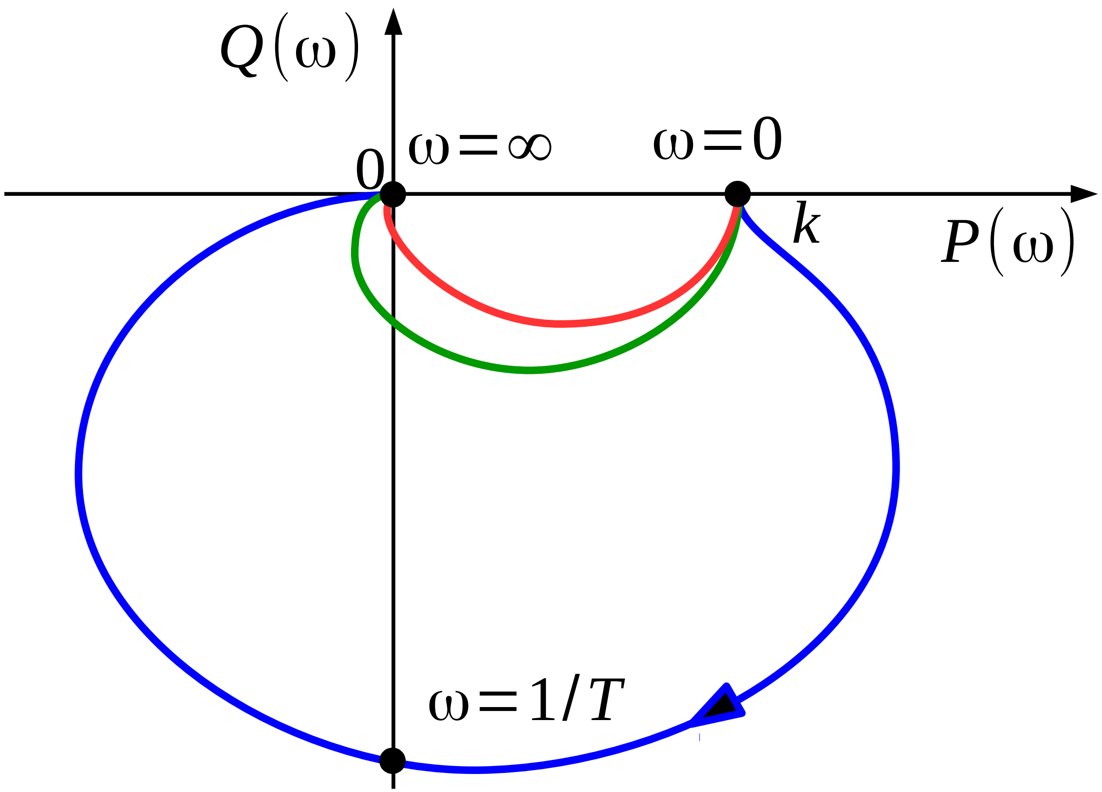
Element inercyjny drugiego rzędu

5. Transmitancja widmowa: $G(j\omega)=\dfrac{k}{-T_1^2\omega^2+T_2 j\omega+1}$

$$P(\omega)=\frac{k\left(1-T_1^2\omega^2\right)}{\left(1-T_1^2\omega^2\right)^2+T_2^2\omega^2},\quad Q(\omega)=\frac{-kT_2\omega}{\left(1-T_1^2\omega^2\right)^2+T_2^2\omega^2}$$

6. Wykres Nyquista:

dla $k>0$



dla $h<\omega_0$

dla $h=\omega_0$

dla $h>\omega_0$

Element inercyjny drugiego rzędu

7. Wykres Bodego:

Element inercyjny drugiego rzędu

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}$

$$L(\omega)=20\log A(\omega)$$

$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}$$

Element inercyjny drugiego rzędu

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}$

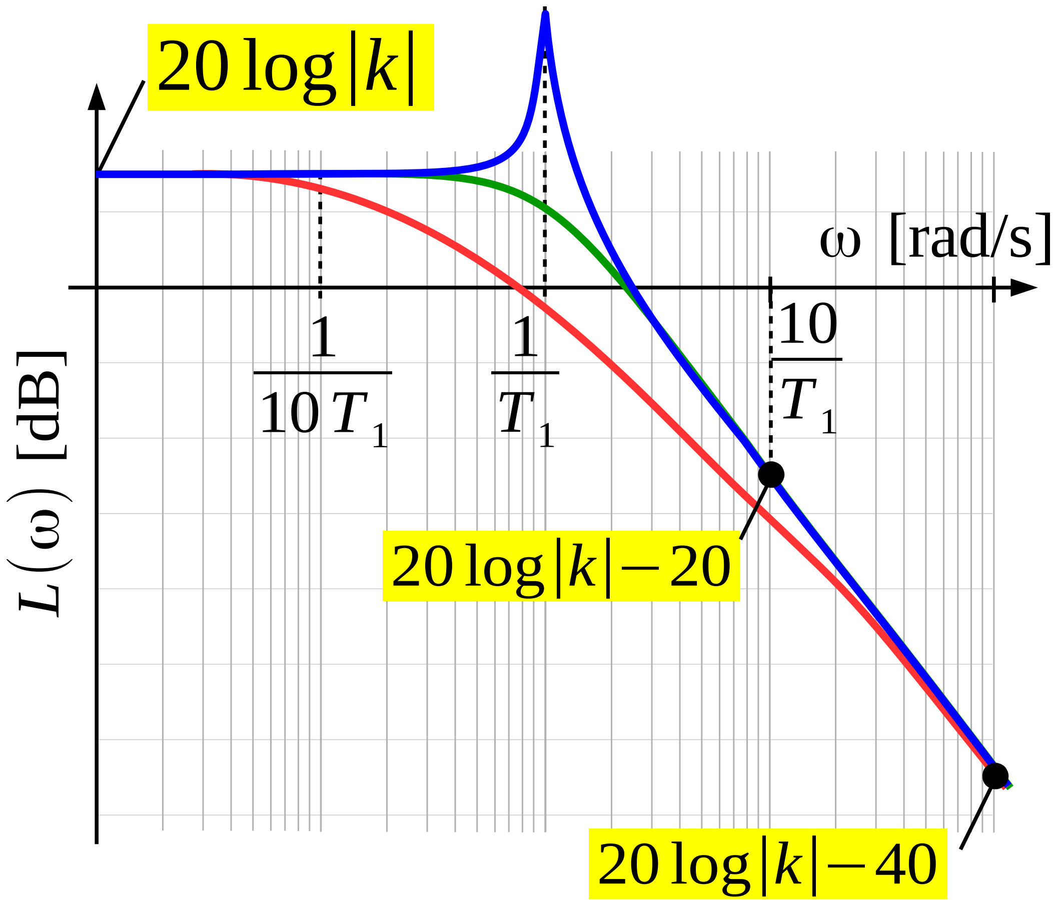
$$L(\omega)=20\log A(\omega)$$

$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}$$

dla $h<\omega_0$

dla $h=\omega_0$

dla $h>\omega_0$



Element inercyjny drugiego rzędu

7. Wykres Bodego: $A(\omega)=\sqrt{P^2+Q^2}$

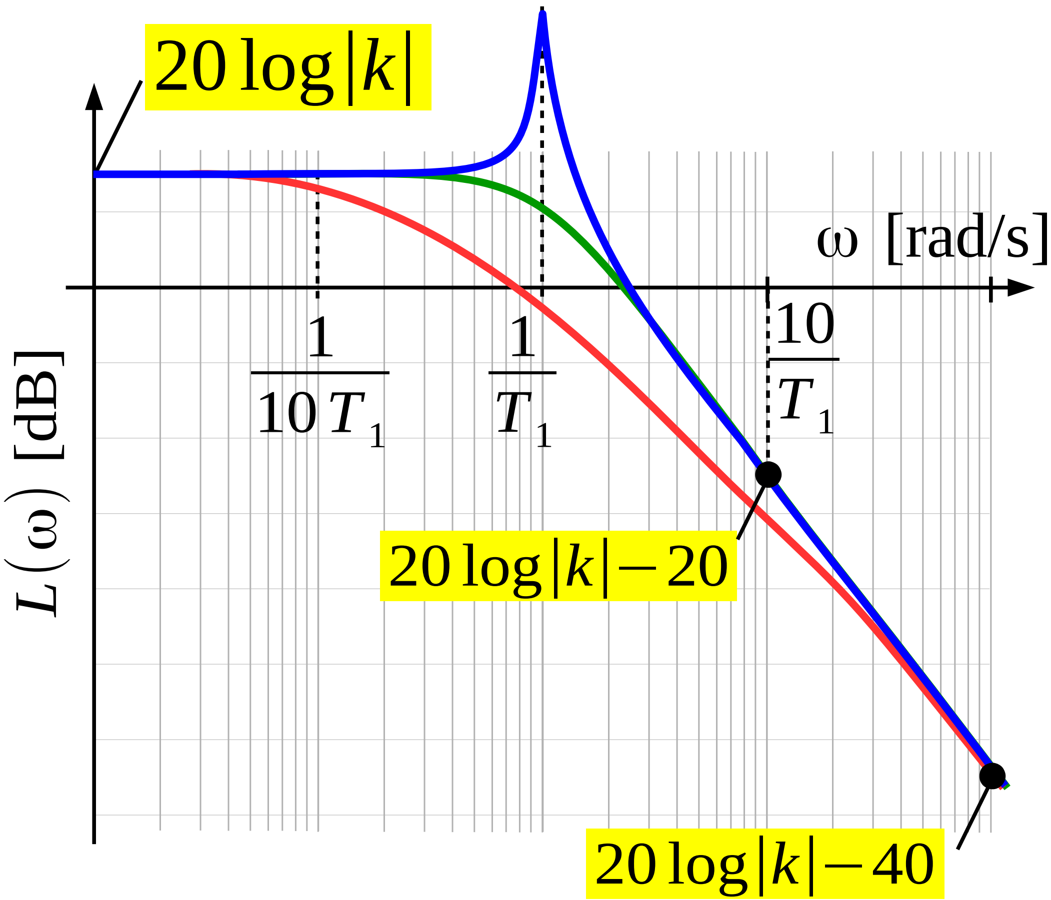
$$L(\omega)=20\log A(\omega)$$

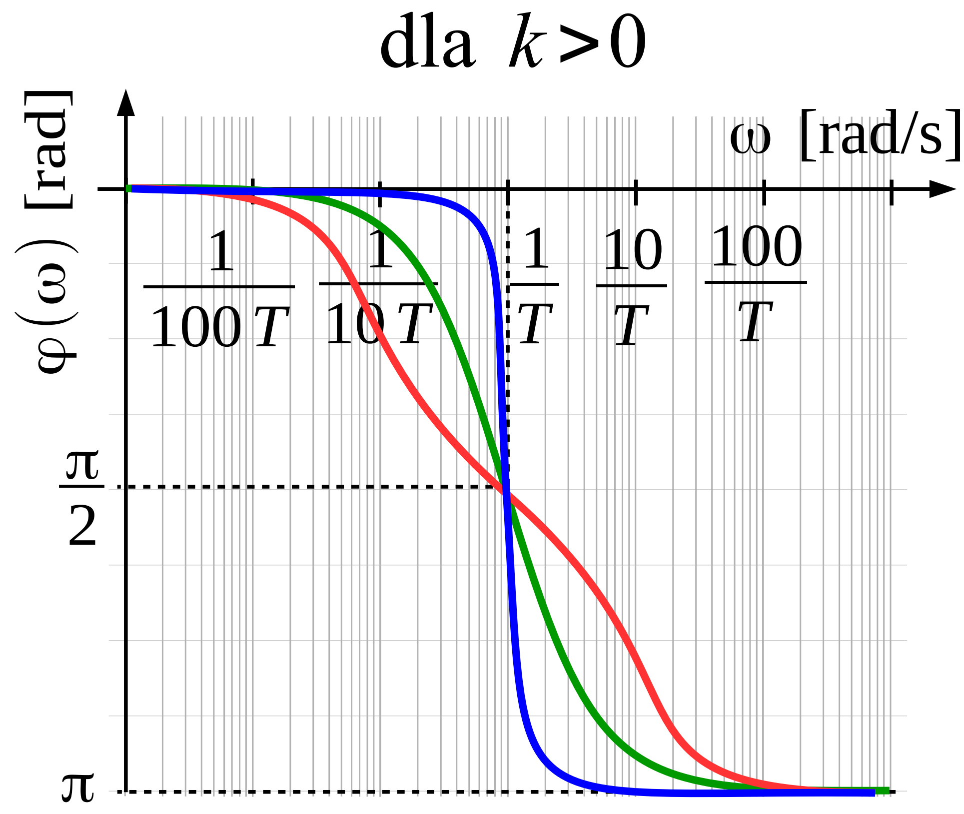
$$\varphi(\omega)=\arctan\frac{Q}{P}$$

dla $h<\omega_0$

dla $h=\omega_0$

dla $h>\omega_0$



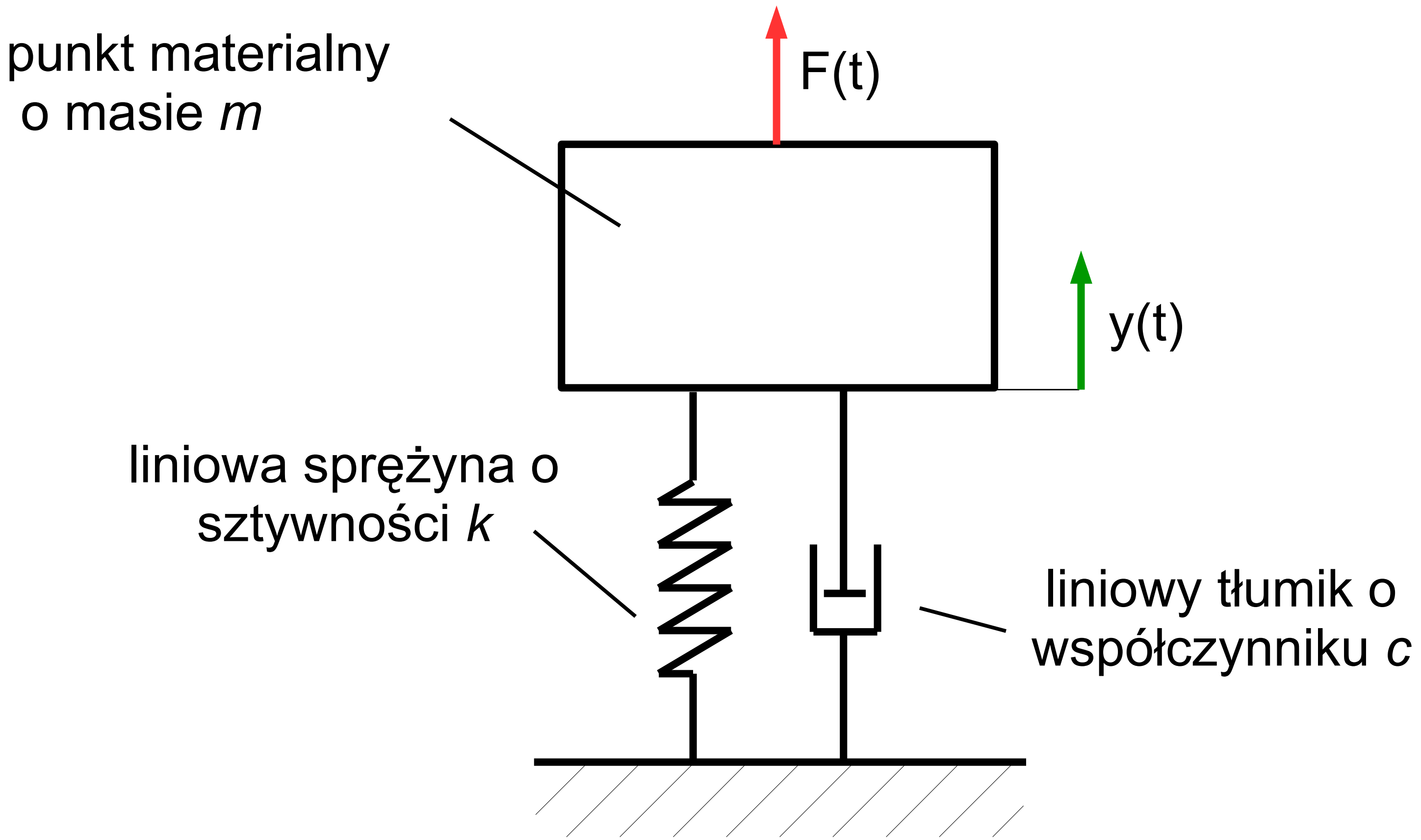


Element inercyjny drugiego rzędu

Przykłady

1

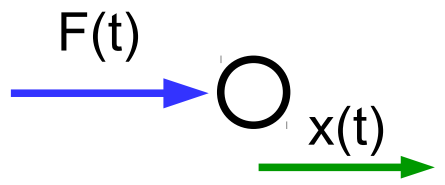
UKŁAD DRGAJĄCY:
wejście – siła F(t)
wyjście – przemieszczenie y(t)



Element inercyjny drugiego rzędu

Przykłady

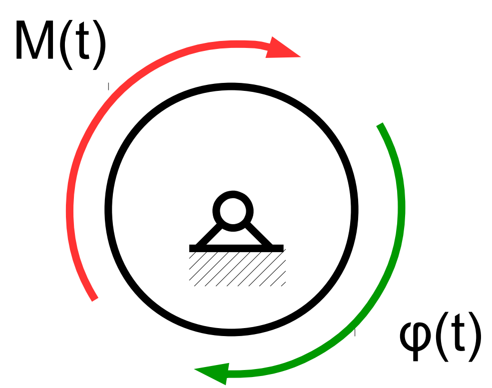
1



RUCH POSTĘPOWY PUNKTU MATERIALNEGO Z LINIOWYM TŁUMIENIEM:
wejście – siła F(t)
wyjście – przemieszczenie x(t)

Przykład: ruch samochodu po płaskim podłożu z oporem powietrza proporcjonalnym do prędkości (np. opisany za pomocą równania ruchu maszyny ze stałą masą zredukowaną)

2

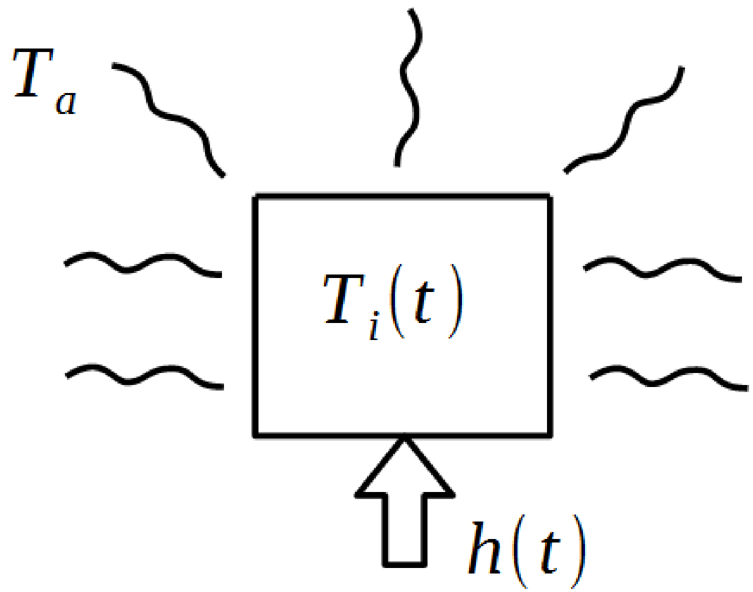


RUCH OBROTOWY BRYŁY SZTYWNEJ Z LINIOWYM TŁUMIENIEM:
wejście – moment M(t)
wyjście – kąt obrotu φ(t)

Element inercyjny drugiego rzędu

Przykłady

4



OGRZEWANY OBIEKT O DUŻEJ BEZWŁADNOŚCI:
wejście – moc grzałki h(t)
wyjście – temperatura obiektu $T_i(t)$

Klasyfikacja podstawowych obiektów automatyki

nazwa elementu	transmitancja
Proporcjonalny	k
Inercyjny pierwszego rzędu	$\frac{k}{Ts+1}$
Całkujący	$\frac{k}{s}$
Różniczkujący idealny	ks
Różniczkujący rzeczywisty	$\frac{ks}{Ts+1}$
Element opóźniający	$e^{-\tau s}$
Inercyjny drugiego rzędu	$\frac{k}{T_1^2 s^2 + T_2 s + 1}$