Charakterystyki

Charakterystyki statyczne

Charakterystyki skokowe

Charakterystyki częstotliwościowe

Położenie biegunów i zer

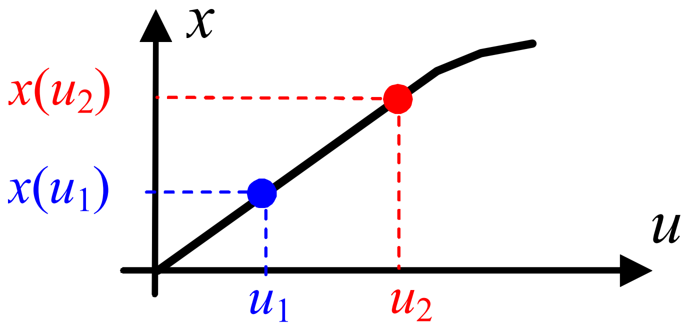
Badanie na obiekcie

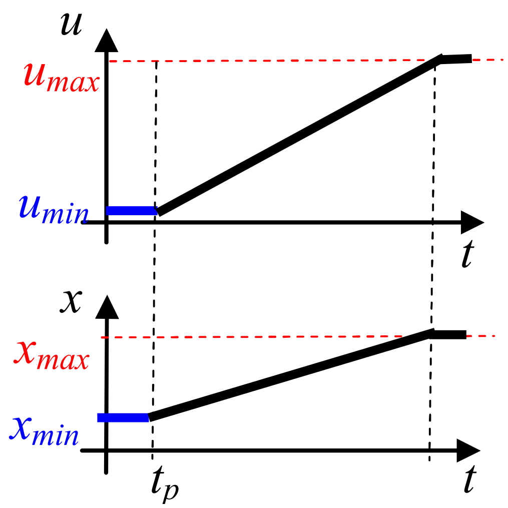
Symulacje Matlab (też Scilab)

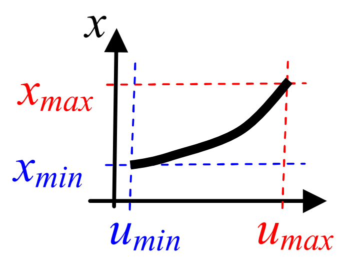
- Schemat graficzny

  (bloki Integrator, State-space, Transfer function)

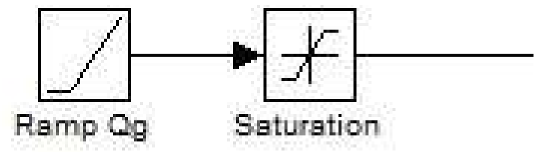
- Tryb tekstowy (funkcje tf, ss, zpk)







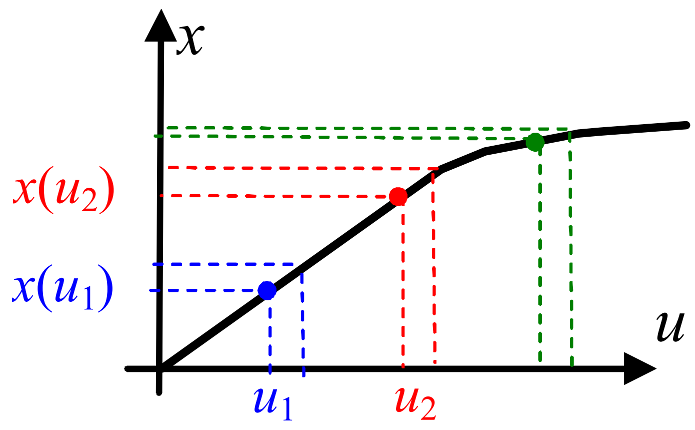
Sposób wyznaczenia:
- ❑ równanie statyczne / układ równań statycznych
  (rozwiązanie, wykres)
- ❑ symulacyjnie
- ❑ zdjęcie charakterystyki na obiekcie
  (seria pomiarów w stanie ustalonym)



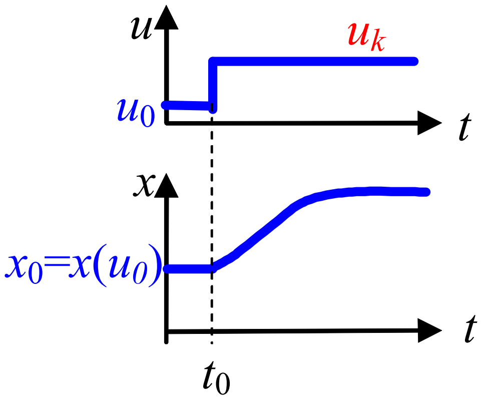
Ramp (Slope, Start time, Initial output)
Saturation (Upper limit, Lower limit)

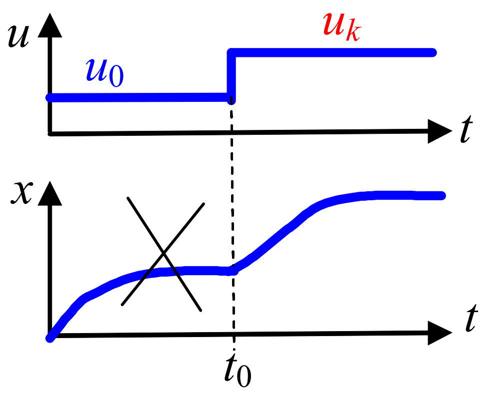
Zastosowanie:
- ❑ punkt pracy,
- ❑ liniowość (zakres liniowości)
- ❑ wzmocnienie układu (przy stałym wymuszeniu)

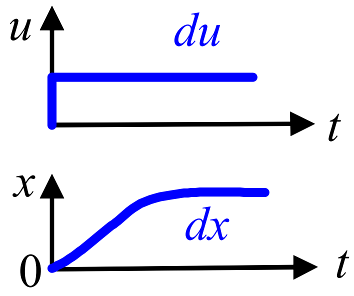
$$k_u = \frac{\Delta x}{\Delta u}$$

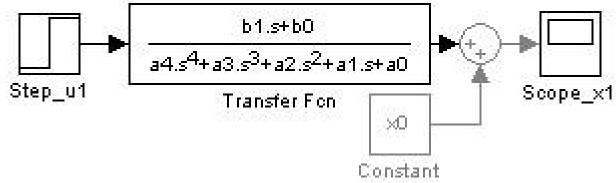


Charakterystyki czasowe – odpowiedź na skok/impuls









Sposób wyznaczenia:

❑ równanie (układ równań) różniczkowych

- rozwiązanie *x(t)*

  analityczne lub symulacyjne

  dla danego *u(t)* (w.początkowe = stan równowagi)

- wykres x(t)

❑ schemat (blok step i rejestracja) lub skrypt (funkcje step, impluse)

❑ zdjęcie charakterystyki na obiekcie

- pojedynczy eksperyment – rejestrujemy stan przejściowy (nieustalony)

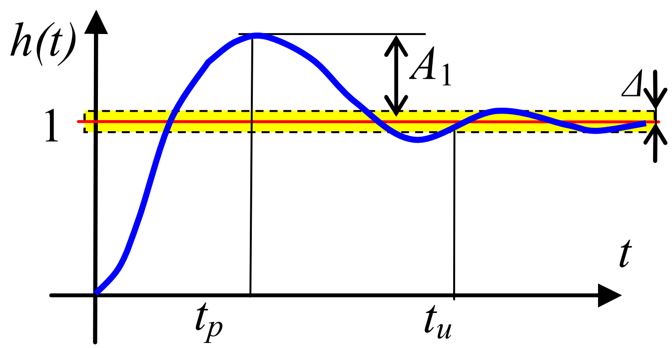
Zastosowanie:

❑ stabilność, oscylacyjność

❑ czas ustalania odpowiedzi (porównanie dynamiki obiektów)

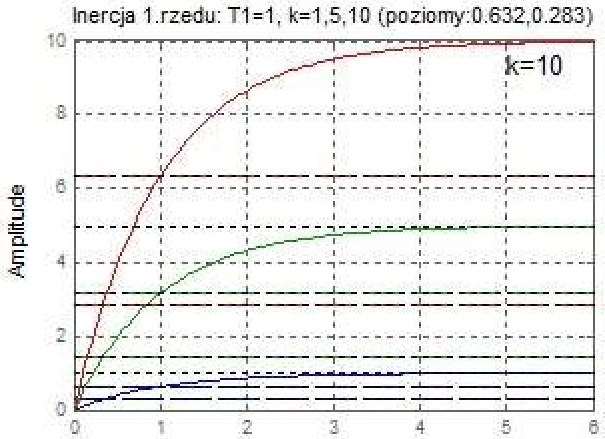
❑ liniowość (jak?)

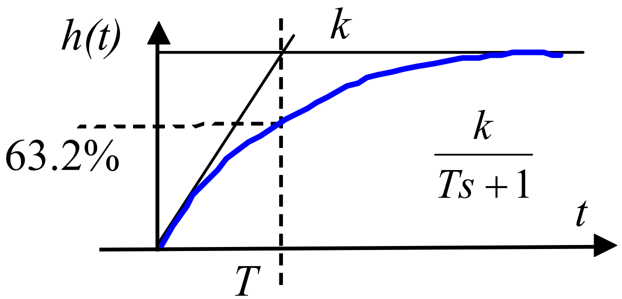
❑ identyfikacja modeli

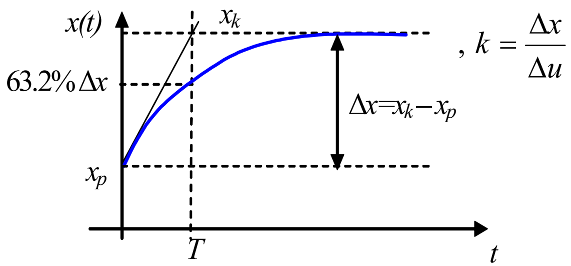


Odpowiedzi skokowe – identyfikacja (proste przykłady)

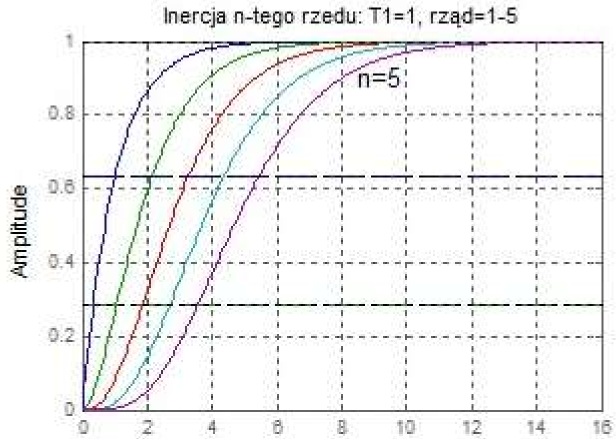
$$\frac{k}{(T_1 s + 1)}$$

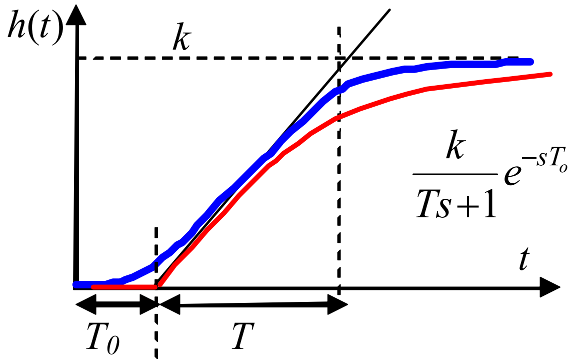


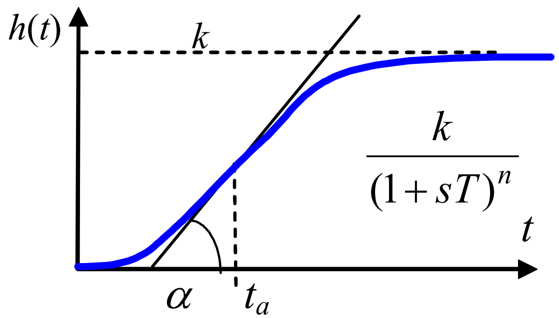


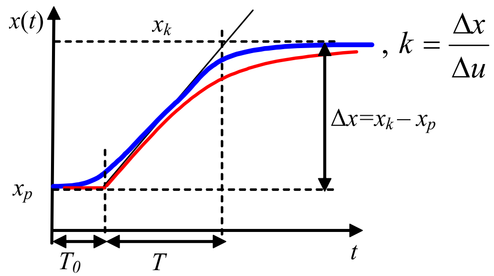


$$\frac{k}{(T_1 s + 1)^n}$$



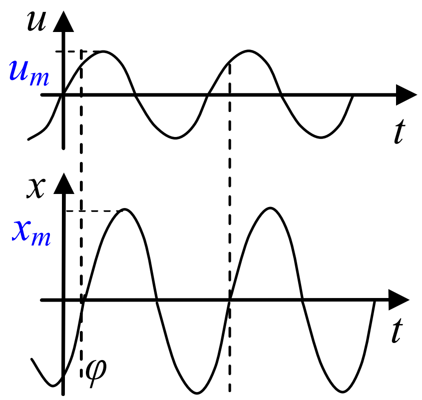






Charakterystyki częstotliwościowe

Odpowiedź częstotliwościowa (dla danego ω)



Charakterystyki częstotliwościowe

$$G(s) = G(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

Sposób wyznaczenia:

❑ równanie (układ równań) różniczkowych
- rozwiązanie wymuszone *x(t)*
  analityczne lub symulacyjne
- dla danego *u(t)=sin(wt)*
- wykres x(t)

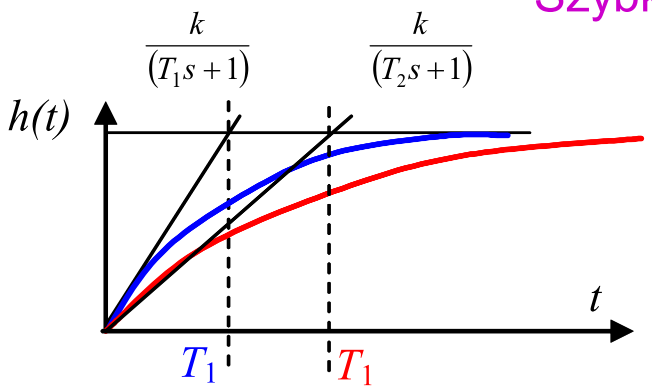
❑ skrypt (funkcje bode, nyquist)

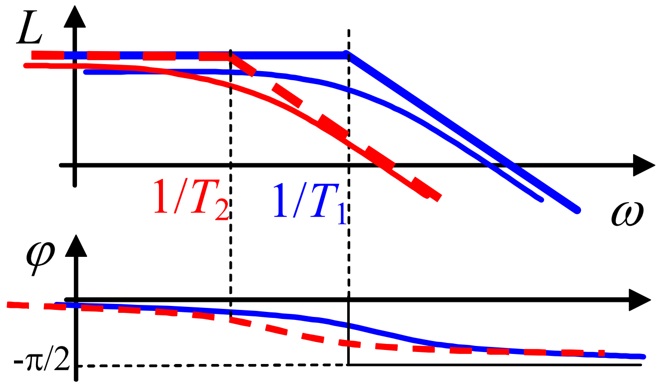
❑zdjęcie charakterystyki na obiekcie
- seria eksperymentów – wykorzystujemy stany ustalone

Zastosowanie:

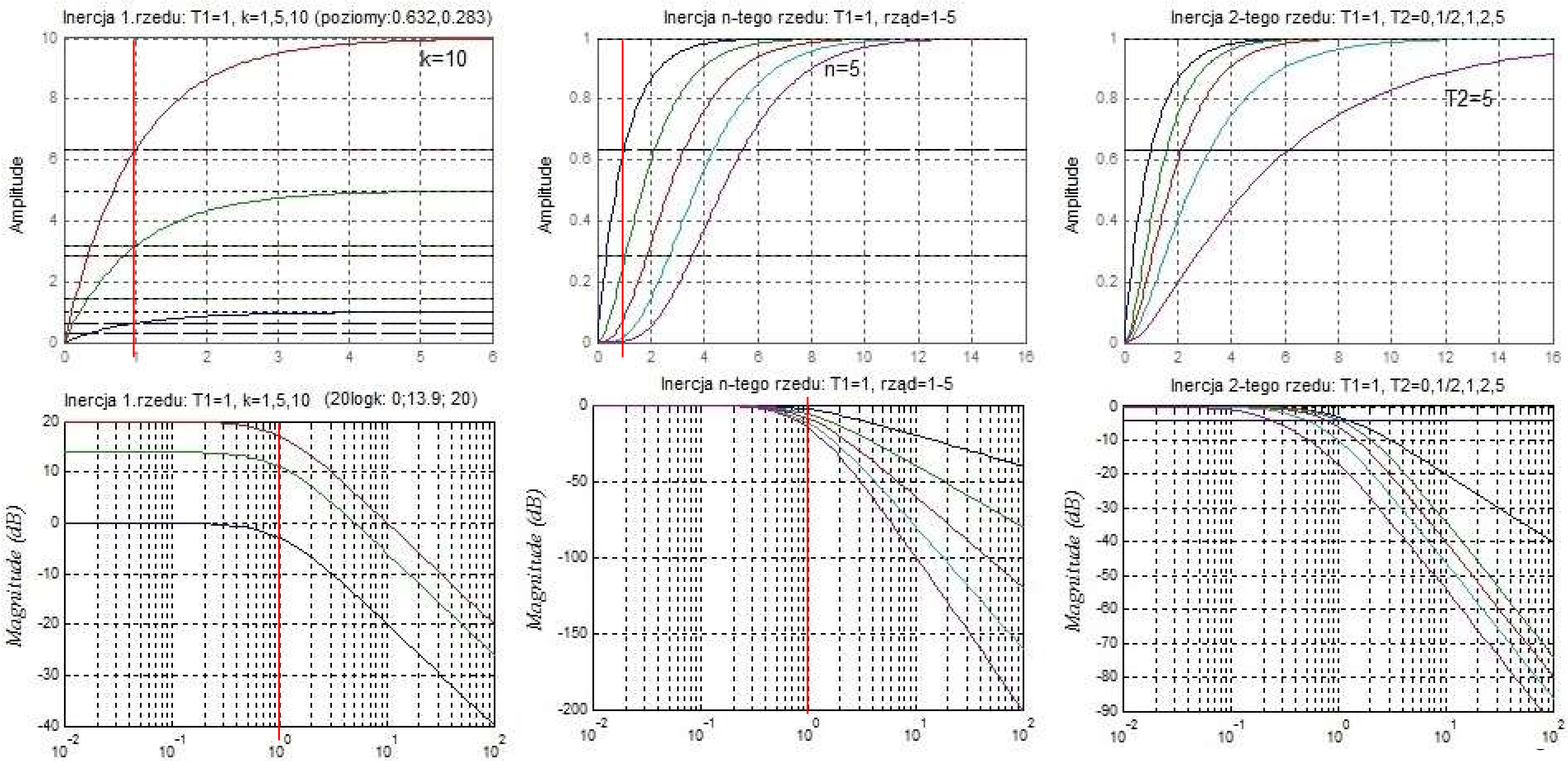
❑ pasmo przenoszenia (porównanie dynamiki obiektów)
❑ identyfikacja modeli

Szybkość działania a pasmo przenoszenia



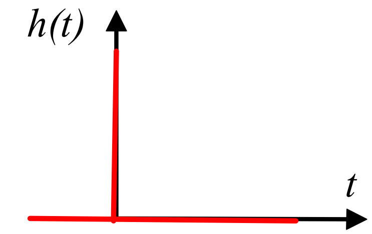


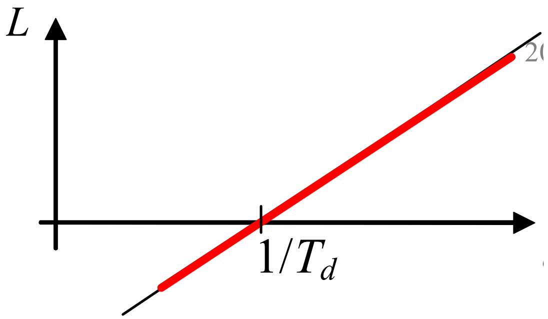
$$\frac{k}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)}$$

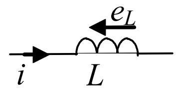


Idealne i rzeczywiste różniczkowanie

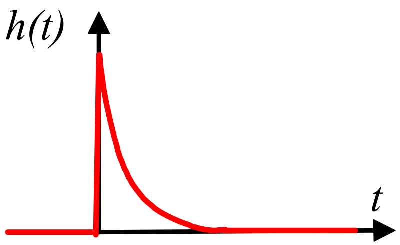
$$a_0 x(t) = b_1 \dot{u}(t) \qquad G(s) = T_d s$$

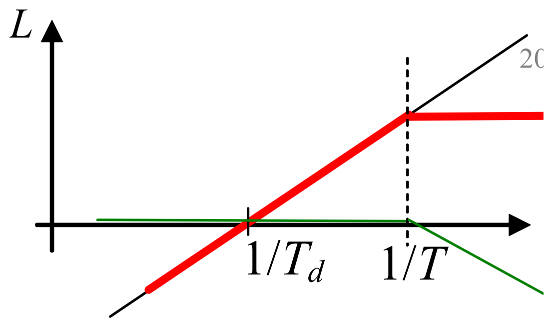


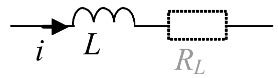




$$e_L(t) = -L\frac{di(t)}{dt}$$



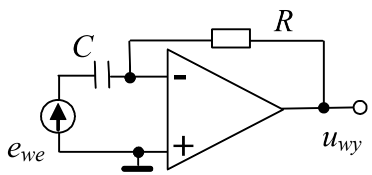




$$u_L(t) = L\frac{di(t)}{dt} + R_L i(t)$$

$$u_L(s) = sLi(s) + R_L i(s)$$

$$u_L(s) = (sL + R_L)i(s)$$



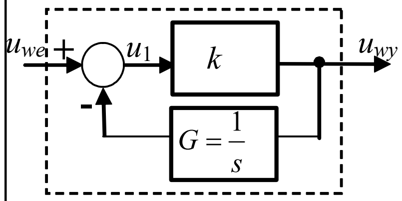
$$u_{wy} = -sRC\, e_{we}$$

$$G(s) = \frac{T_d s}{Ts+1}, T_d >> T$$

Definicja członów w programach symulacyjnych:

$G(s) = \dfrac{L(s)}{M(s)}$ (stopień licznika < stopień mianownika)

Realizacja transmitancji odwrotnej $1/G$ ✵



$$u_{wy} = ku_1 = k(u_{we} - u_{wy}G)$$

$$u_{wy} = \frac{k}{1+kG}u_{we}$$

Duże k:

$$u_{wy} \approx \frac{k}{kG}u_{we} = \frac{1}{G}u_{we}$$

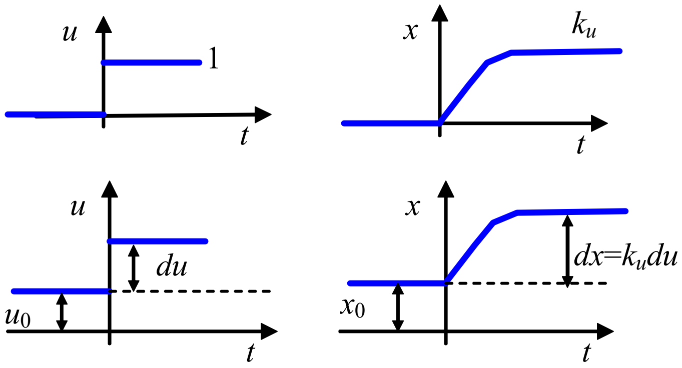
Symulacje w trybie tekstowym

```
%====== II część (parametry, definicje) ===========
%parametry
Fp0 = FpN * 1.0;      % np.: 1.0, 0.7, 0.3 (parametr)
%-----------------
%definicja macierzy (u=[Qg; Tzew], x=[Twew; Tp]) i modelu ob2
A = [-(Kg+K1+cpp*rop*Fp0)/Cvw, Kg/Cvw; ...
       Kg/Cvg,                  -Kg/Cvg];
B = [0,        (K1+cpp*rop*Fp0)/Cvw; ...
     1/Cvg,        0 ];
C = [1,0; 0,1]; D = [0,0;0,0];
%-----------------
%definicja modelu MIMO
%ob2 = ss(A, B, C, D);       %definicja podstawowa (bez nazw)
ob2 = ss(A, B, C, D, 'InputName',['Qg '; 'Tzew'],'OutputName', ['Twew'; 'Tp ']);

%====== III część (symulacje) ==============
%symulacja i  wykresy
step(ob2)
title('Odowiedzi skokowe obiektu');
```

```
%====== II czesc (parametry, definicje) ===========
%parametry
Fp0 = FpN * 1.0;   %np.: 1.0, 0.7, 0.3 (parametr)
%-----------------
%definicja współczynników transmitancji (G11=Twew/Qg, G12=Twew/Tzew, G21=Tg/Qg,G22=Tg/Tzew)
M = [Cvg*Cvw, Cvg*(Kg+K1+cpp*rop*Fp0)+Cvw*Kg, Kg*(K1+cpp*rop*Fp0)];
L11 = [Kg];
L12 = [Cvg*(K1+cpp*rop*Fp0), Kg*(K1+cpp*rop*Fp0)];
L21 = [Cvw, Kg+K1+cpp*rop*Fp0];
L22 = [Kg*((K1+cpp*rop*Fp0))];
%-----------------
%definicja modelu MIMO
ob3 = tf({L11,L12; L21,L22},{M,M; M,M});

%====== III czesc (symulacje) ==============
%symulacja i wykresy
step(ob3)
title('Odpowiedzi skokowe obiektu');
```




```
ObiektG = ss(A,B,C,D);   %definicja modelu MIMO (2 wejścia, 2 wyjścia)
u0 = [1,3];              %wartości początkowe na wejściach
du = [2, 0.1];           %wielkość skoku na poszczególnych wejściach
x0 = -A^-1 * B*u0;       %punkt równowagi
[y, t] = step(ObiektG11);  %odpowiedzi skokowe
subplot(221), plot(t, x0(1)+y(:,1,1)*du(1));   %reakcja x(1) od u(1)
subplot(222), plot(t, x0(1)+y(:,1,2)*du(2));   %reakcja x(1) od u(2)
subplot(223), plot(t, x0(2)+y(:,2,1)*du(1));   %reakcja x(2) od u(1)
subplot(224), plot(t, x0(2)+y(:,2,2)*du(2));   %reakcja x(2) od u(2)
```

Matlab (nowszy)

```
u0=1; du=2;          %parametry wymuszenia skokowego
stepDataOptions();  %odczytanie parametrów
opcje = stepDataOptions('InputOffset',u0, 'StepAmplitude',du);

step(ObiektG11);
```

```
%definicja transmitancji (G11=Twew/Qg, G12=Twew/Tzew, G21=Tg/Qg, G22=Tg/Tzew)
s=tf('s');
M = Cvg*Cvw*s^2 + ( Cvg*(Kg+K1+cpp*rop*Fp0)+Cvw*Kg )*s + Kg*(K1+cpp*rop*Fp0);
ob3_G11 = Kg / M;
ob3_G12 = ( Cvg*(K1+cpp*rop*Fp0)*s + Kg*(K1+cpp*rop*Fp0) ) / M;
ob3_G21 = ( Cvw*s + Kg+K1+cpp*rop*Fp0 ) / M;
ob3_G22 = Kg*(K1+cpp*rop*Fp0) / M;
```

$$\frac{b_1 s + b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}$$

Ga=tf([b1,b0], [a2, a1, a0])
tf(Gb)

s= tf('s');
Ga= (b1*s+b0) / (a2*s^2+a1*s+a0)

$$\frac{k_1 (s - z_1)}{(s - p_1)(s - p_2)}$$

Gb=zpk([z1], [p1, p2],k1)
zpk(Ga)

s= tf('s');
Gb= k1*(s-pz1) / ((s-p1)*(s-p2))

step(Ga), impulse(Ga), pzmap(Ga)
bode(Ga)
dcgain(Ga),
pole(Ga), zero(Ga)
damp(Ga)