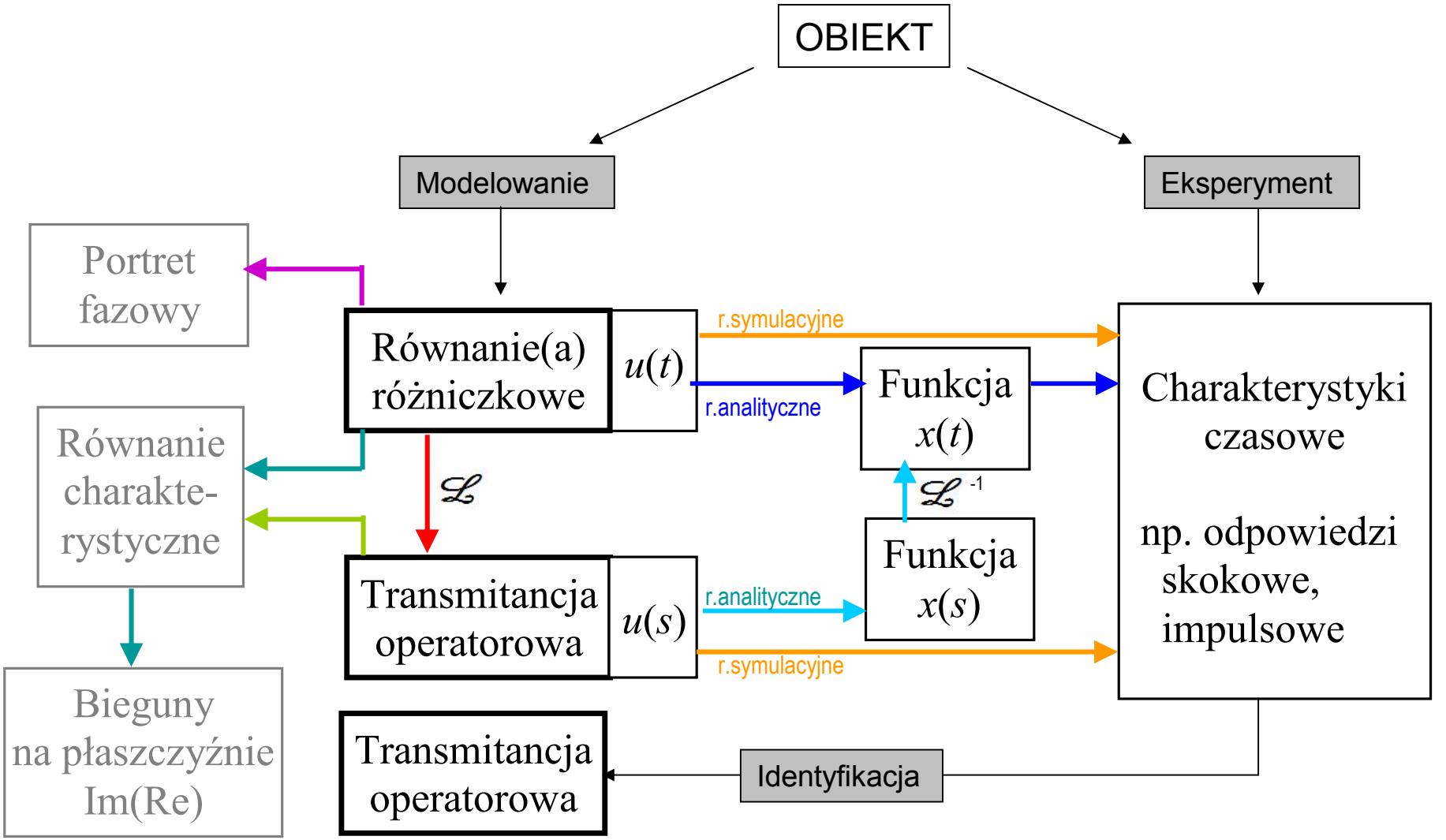
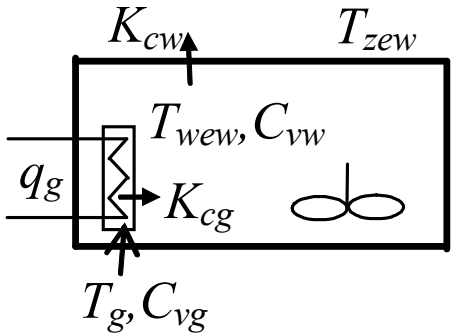
Analiczne i graficzne opis własności dynamicznych (wybrane)



Modelowanie i identyfikacja



Modelowanie

Opis teoretyczny na podstawie znajomości zjawisk fiz.

$$\begin{cases} C_{vw}\dot{T}_{wew}(t) = K_{cg}\left(T_g(t) - T_{wew}(t)\right) - K_{cw}\left(T_{wew}(t) - T_{zew}(t)\right) \\ C_{vg}\dot{T}_g(t) = q_g(t) - K_{cg}\left(T_g(t) - T_{wew}(t)\right) \end{cases}$$

Obliczenie transmitancji:

$$T_{wew}(s) = G_{11}(s)T_{zew}(s) + G_{12}(s)q_g(s)$$
$$T_g(s) = G_{21}(s)T_{zew}(s) + G_{22}(s)q_g(s)$$

- Identyfikacja wartości K_{cw}, K_{cg} na podstawie pomiarów $T_{zewN}, T_{wewN}, q_{gN}, T_{gN}$
- Identyfikacja wartości K_{cw}, K_{cg} na podstawie wymiarów, własności materiałów

GB

WB

Identyfikacja

Eksperyment na obiekcie (nieznanym/złożonym)

Założenie postaci transmitancji:

$$T_{wew}(s) = H_{11}(s)T_{zew}(s) + H_{12}(s)q_g(s)$$
$$T_g(s) = H_{21}(s)T_{zew}(s) + H_{22}(s)q_g(s)$$

- Identyfikacja transmitancji na podstawie pomiarów (charakterystyk)
  (Identyfikacja wartości parametrów założonej/wybranej transmitancji)

BB

Identyfikacja transmitancji układów MIMO

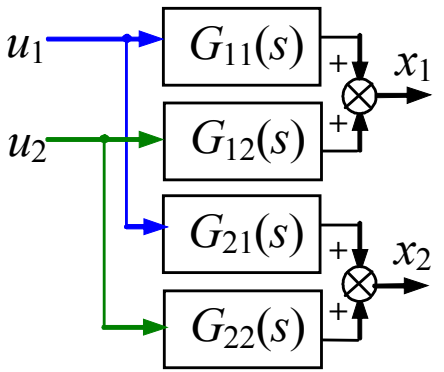
Przykład $\begin{cases} m_1\dot{x}_1(t) + a_1 x_1(t) - a_2 x_2(t) = u_1(t) \\ m_2\dot{x}_2(t) - b_1 x_1(t) + b_2 x_2(t) = u_2(t) \end{cases}$

$$x_1(s) = \frac{m_2 s + b_2}{M(s)} u_1(s) + \frac{a_2}{M(s)} u_2(s)$$

$$x_2(s) = \frac{b_1}{M(s)} u_1(s) + \frac{m_1 s + a_1}{M(s)} u_2(s)$$

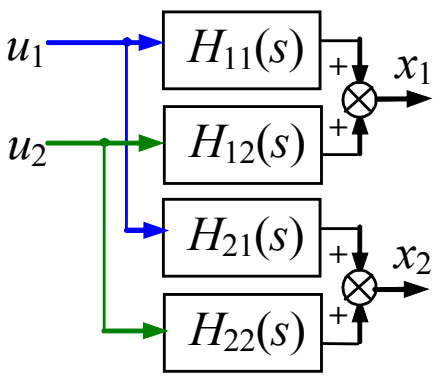
$$M(s) = (m_1 s + a_1)(m_2 s + b_2) - b_1 a_2$$

$$\begin{bmatrix} x_1(s) \\ x_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(s) & G_{12}(s) \\ G_{21}(s) & G_{22}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1(s) \\ u_2(s) \end{bmatrix}$$



Transmitancje obliczone
(postać i wartości parametrów wynikają z obliczeń)

$$\begin{bmatrix} x_1(s) \\ x_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11}(s) & H_{12}(s) \\ H_{21}(s) & H_{22}(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1(s) \\ u_2(s) \end{bmatrix}$$

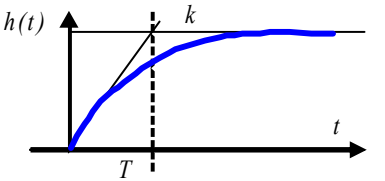


Transmitancje zidentyfikowane
(postać założona, a wartości parametrów zidentyfikowane)

Podstawowe obiekty dynamiki (człony dynamiki)

Człon inercyjny 1 rzędu

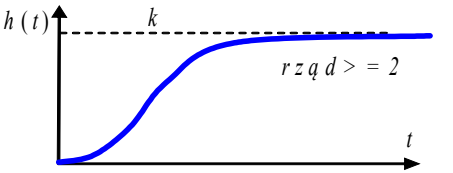
$$a_1\dot{x}(t) + a_0 x(t) = b_0 u(t) \qquad G(s) = \frac{k}{Ts+1} \quad ,T > 0$$



$$a_2\ddot{x}(t) + a_1\dot{x}(t) + a_0 x(t) = b_0 u(t)$$

Człon inercyjny 2 rzędu

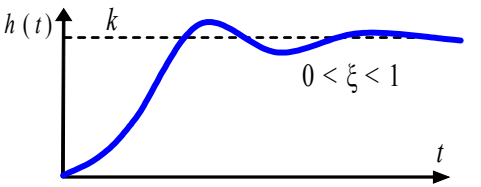
$$G(s) = \frac{k}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)}$$



Człon oscylacyjny

$$\ddot{x}(t) + 2\xi\omega_n\dot{x}(t) + \omega_n^2 x(t) = bu(t) \qquad ,\omega_n > 0$$

$$G(s) = \frac{k1}{s^2 + 2\,\xi\,\omega_n s + \omega_n^2}$$

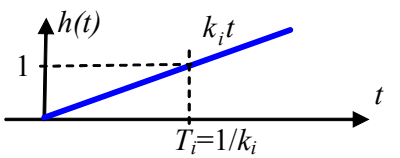


Człon proporcjonalny

$$a_0 x(t) = b_0 u(t) \qquad G(s) = k$$

Człon całkujący

$$a_1\dot{x}(t) = b_0 u(t) \qquad G(s) = \frac{1}{T_i s} = k_i\frac{1}{s}$$

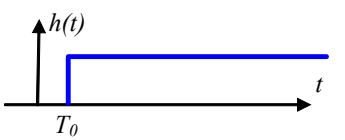


Człon różniczkujący

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

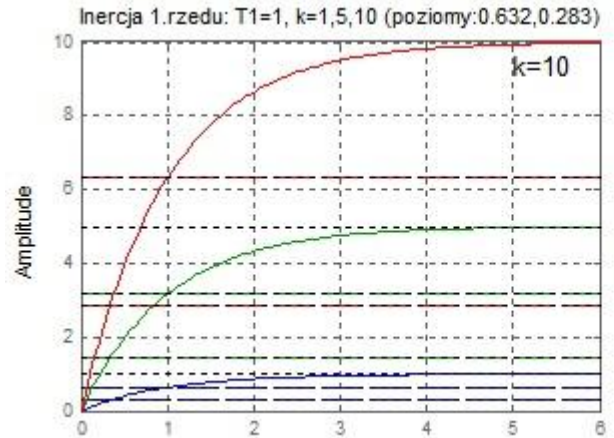
Człon opóźniający

$$x(t) = u(t - T_0) \qquad G(s) = e^{-T_0 s}$$

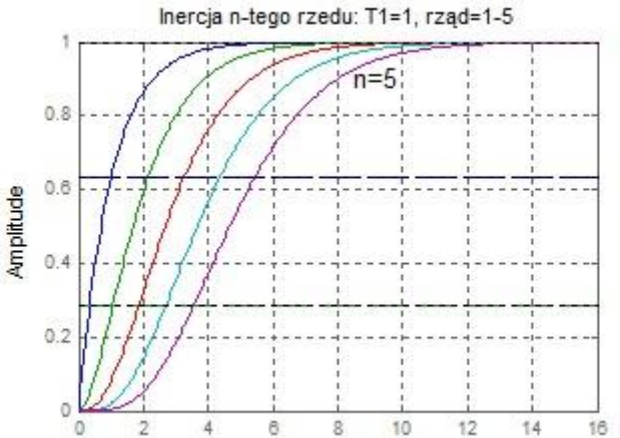


Odpowiedzi skokowe – wpływ parametrów

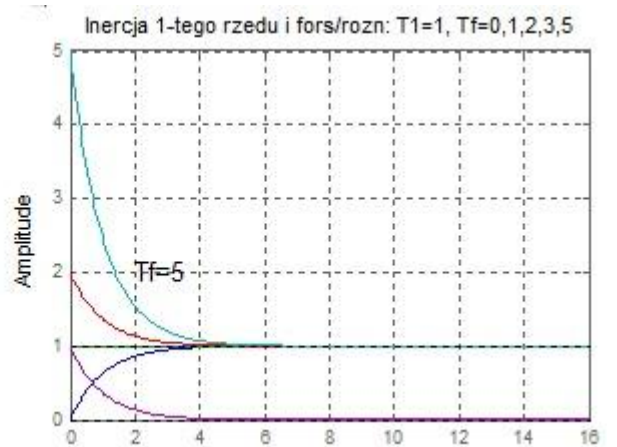
$$\frac{k}{(T_1 s+1)}$$

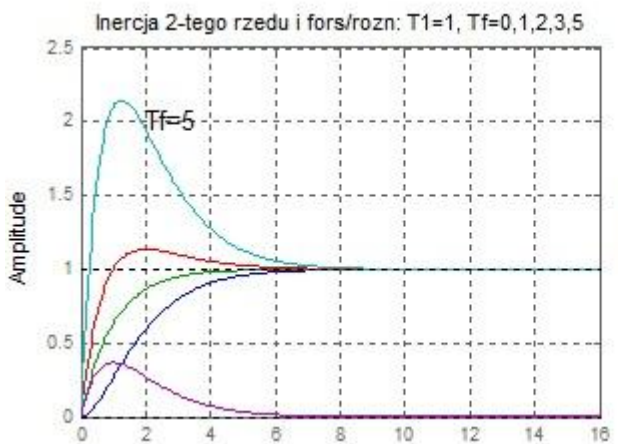


$$\frac{k}{(T_1 s+1)^n}$$



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





$$\frac{k(T_f s+1)}{(T_1 s+1)^2} \qquad \frac{ks}{(T_1 s+1)^2}$$

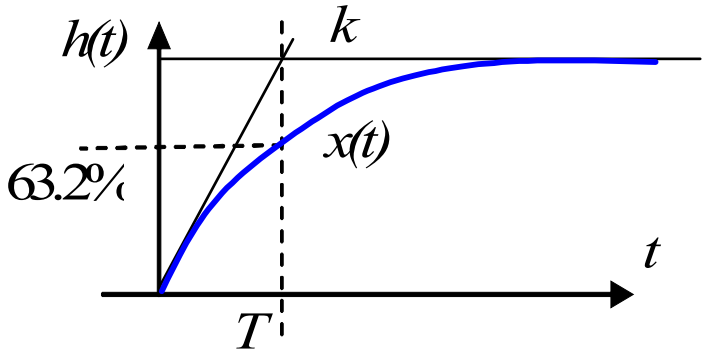
$$\frac{k}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)}$$

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

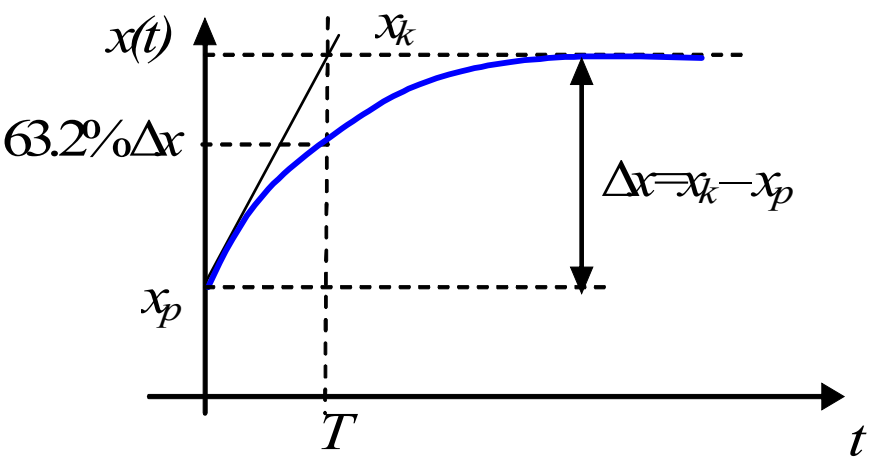
Identyfikacja na podstawie odpowiedzi skokowej

obiekt 1. rzędu

$$\frac{k}{Ts+1}$$



Odpowiedź skokowa - reakcja na 1(t)



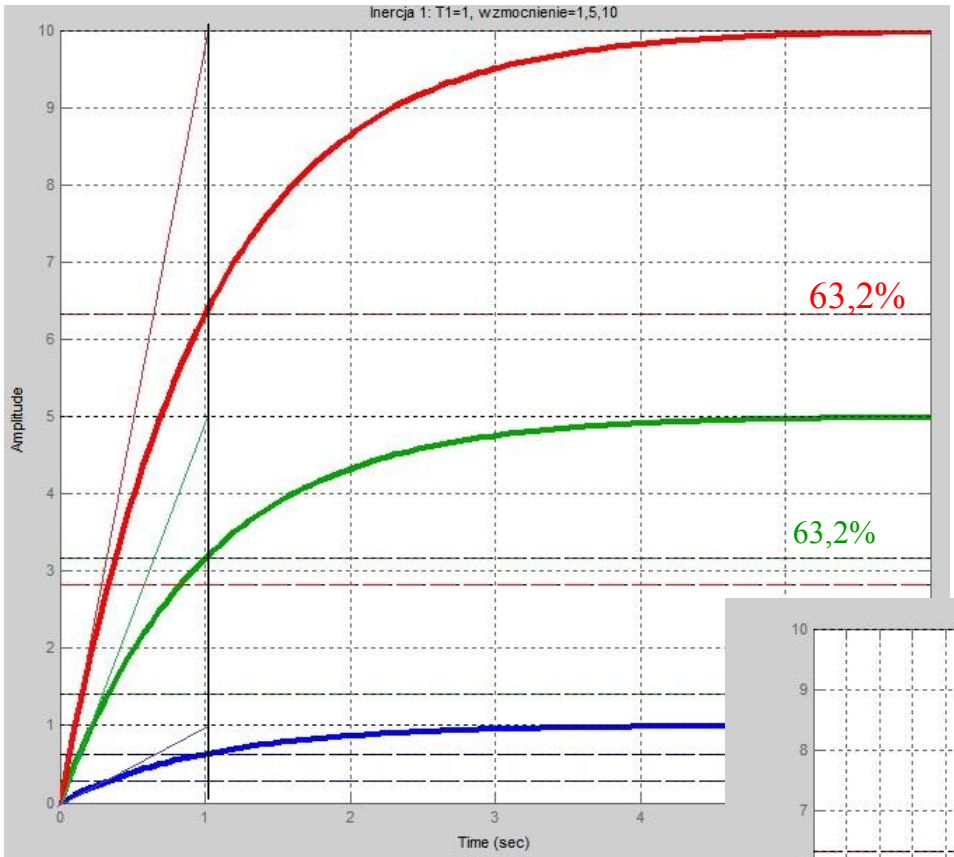
Odpowiedź na wymuszenie skokowe (dowolne)

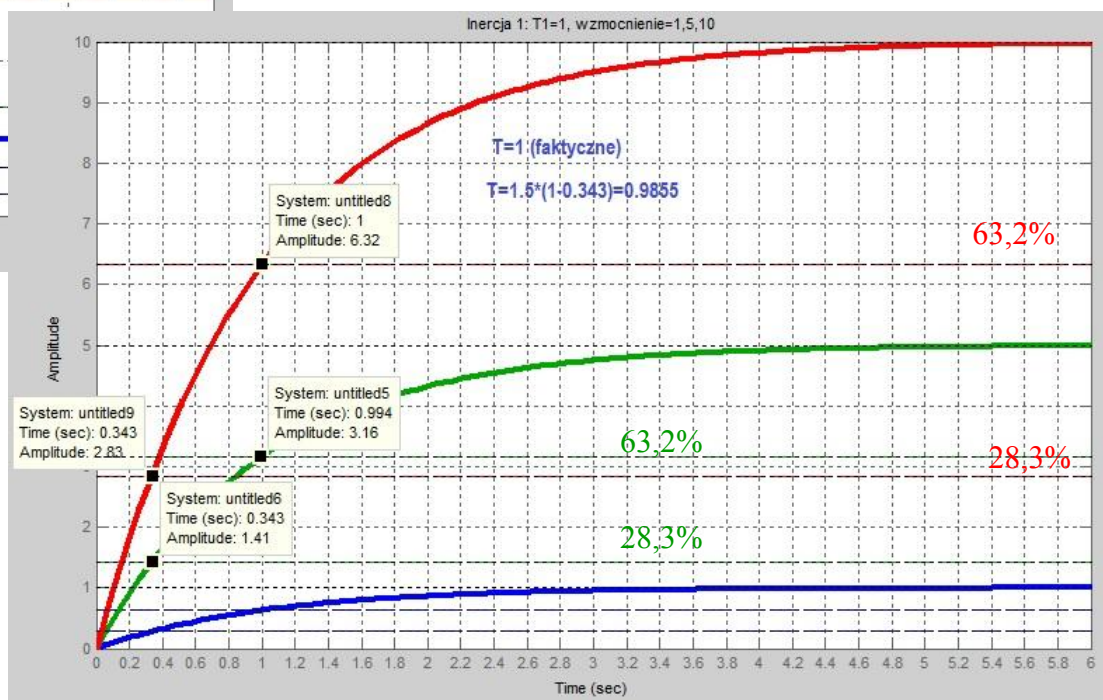
$$k = \frac{\Delta x}{\Delta u}$$

Findeisen/52,58, Kurman/64, Żuchowski/61, Douglas/175, Enckl.tech./12

Identyfikacja na podstawie odpowiedzi skokowej (reakcja na 1(t))

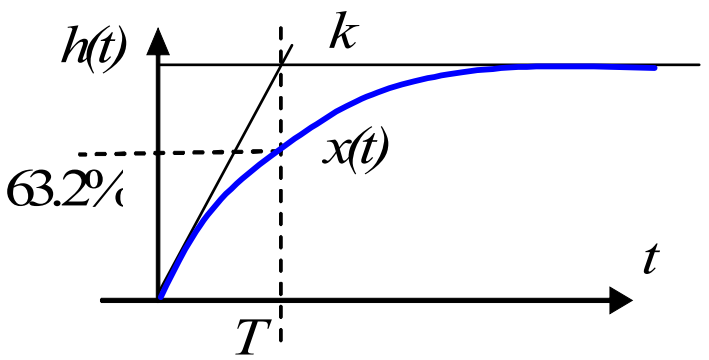
$$\frac{k}{Ts+1}$$





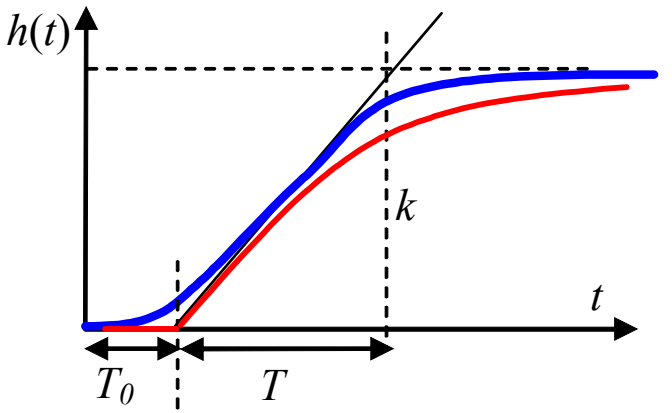
Identyfikacja na podstawie odpowiedzi skokowej

obiekt 1. rzędu



$$\frac{k}{Ts+1}$$

obiekt rzędu > 1



$$\frac{k}{Ts+1}e^{-sT_o}$$

FOTD
(model Küpfmüllera)

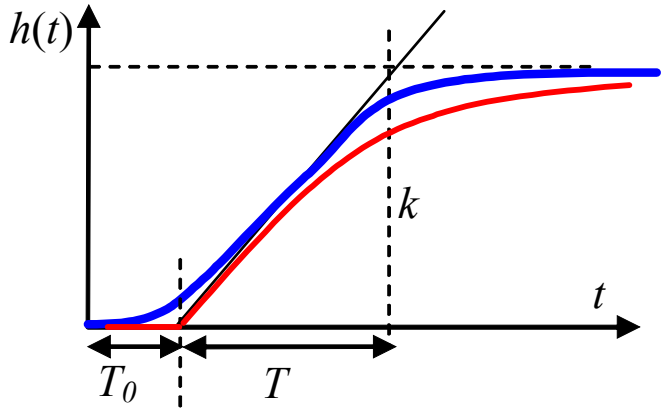
aproksymacja Padé $\quad e^{-sT_0} \approx \dfrac{1-sT_0/2}{1+sT_0/2}$

Findeisen/52,58, Kurman/64, Żuchowski/61, Douglas/175, Enckl.tech./127

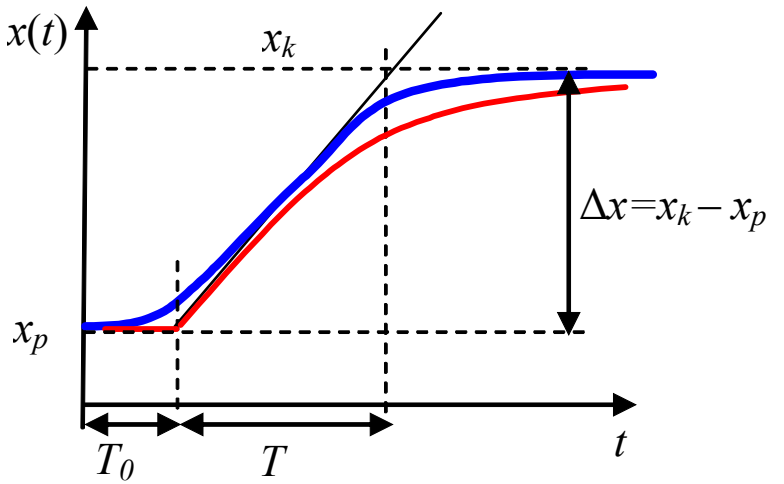
Identyfikacja na podstawie odpowiedzi skokowej

obiekt rzędu > 1

$$\frac{k}{Ts+1}e^{-sT_o}$$

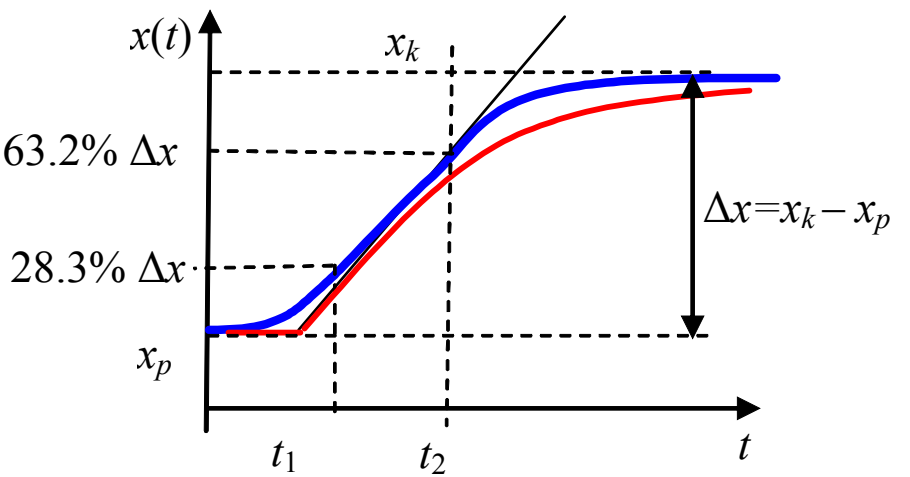


Odpowiedź skokowa - reakcja na 1(t)



Odpowiedź na wymuszenie skokowe (dowolne)

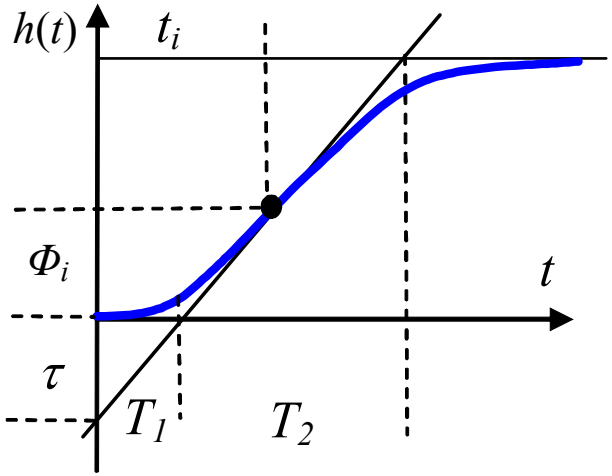
$$k = \frac{\Delta x}{\Delta u}$$



Dobre wyniki dla:

$$0.15 < \frac{T_o}{T} < 0.6$$

$$T = 1.5 \cdot (t_2 - t_1), \quad T_o = t_2 - T$$



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

$$\frac{k}{(1+sT)^n}e^{-sT_o}$$

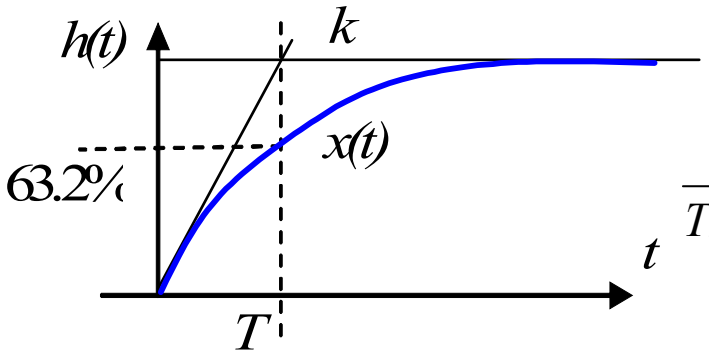
Model Strejca

1. wyznacz punkt przegięcia Q
2. znajdź $\tau = T_1 / T_2$
3. wyznacz rząd n z tablicy
   - jeśli τ pomiędzy - wprowadź T_o
4. wyznacz T na podstawie ti / T
5. sprawdź wg T_1 / T, T_2 / T

n	T2/T	T1/T	T1/T2	t_i/T	Φ_i
1	1	0	0	0	0
2	2,718	0,282	0,104	1	0,264
3	3,695	0,805	0,218	2	0,323
4	4,463	1,425	0,319	3	0,353
5	5,119	2,100	0,410	4	0,371
6	5,699	2,811	0,493	5	0,384
7	6,226	3,549	0,570	6	0,394
8	6,711	4,307	0,642	7	0,401
9	7,164	5,081	0,709	8	0,407
10	7,590	5,869	0,773	9	0,413

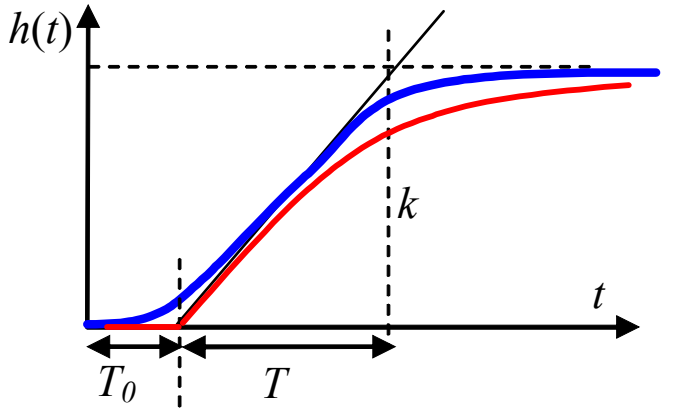
Identyfikacja na podstawie odpowiedzi skokowej (reakcja na 1(t))

obiekt 1. rzędu



$$\frac{k}{Ts+1}$$

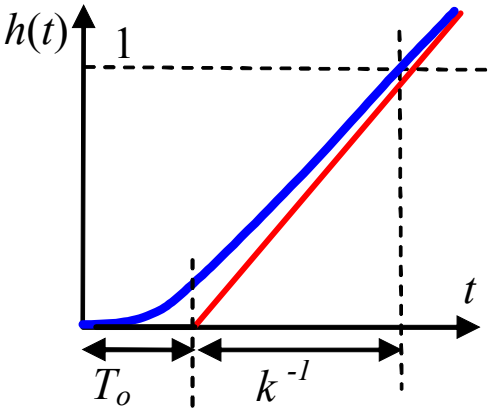
obiekt rzędu > 1



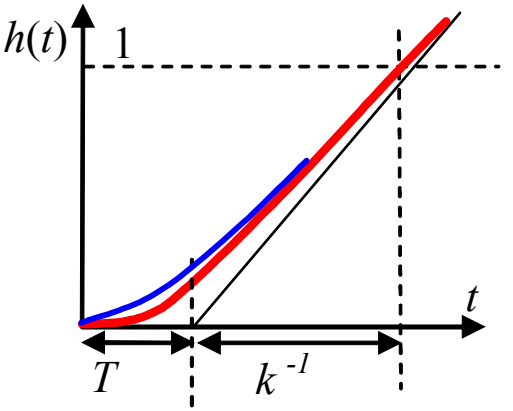
$$\frac{k}{Ts+1}e^{-sT_o}$$

aproksymacja Padé $\quad e^{-sT_0} \approx \dfrac{1-sT_0/2}{1+sT_0/2}$

obiekty astatyczne



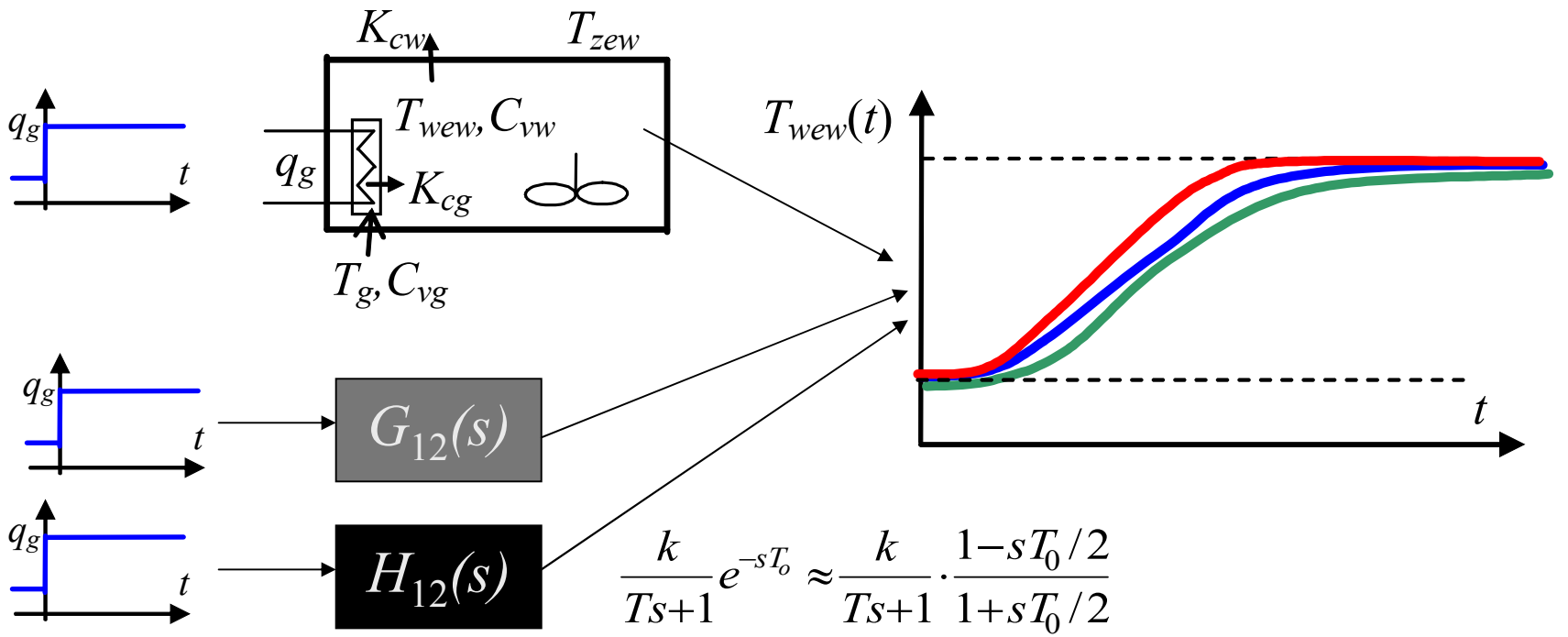
$$\frac{k}{s}e^{-sT_o}$$



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

Findeisen/52,58, Kurman/64, Żuchowski/61, Douglas/175, Enckl.tech./127

Ocena jakości modelu



$$\frac{k}{Ts+1}e^{-sT_o} \approx \frac{k}{Ts+1}\cdot\frac{1-sT_0/2}{1+sT_0/2}$$

G_{12} - transmitancja wyznaczona (obliczona)

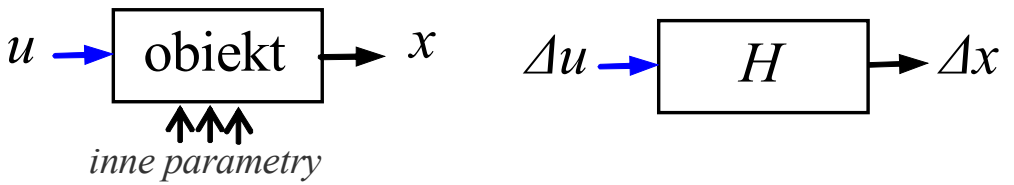
H_{12} - transmitancja zidentyfikowana

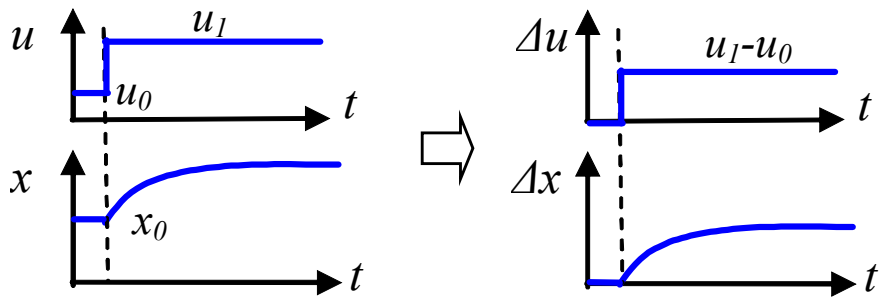
Jakościowa i ilościowa ocena jakości

Wybrane ilościowe miary jakości: .....

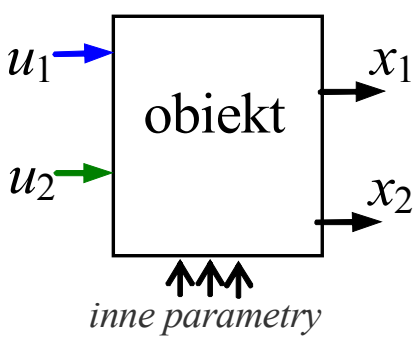
Identyfikacja eksperymentalna - własności

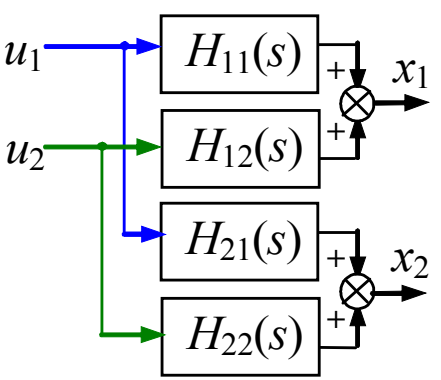
- modele liniowe, stabilne
- modele black-box
- SISO
- możliwa automatyzacja

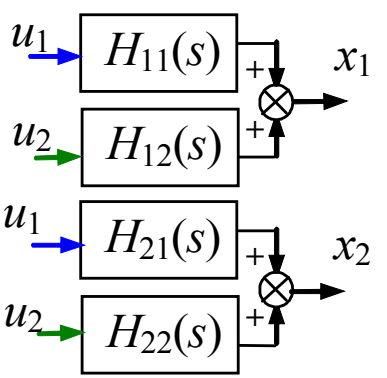




MIMO





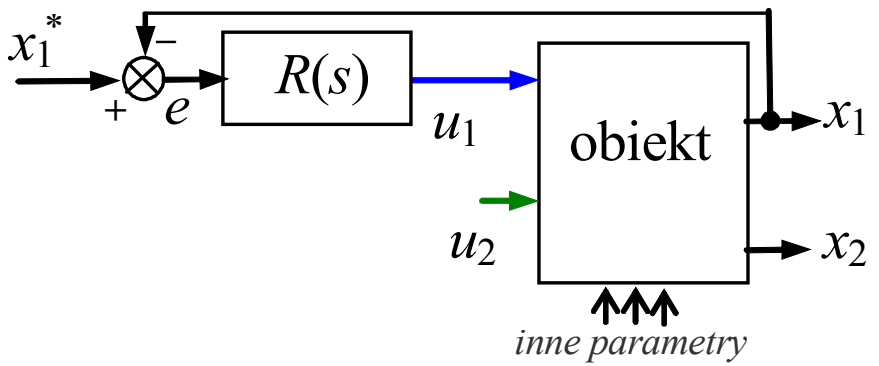


$$x_1(s) = H_{11}(s)u_1(s) + H_{12}(s)u_2(s)$$

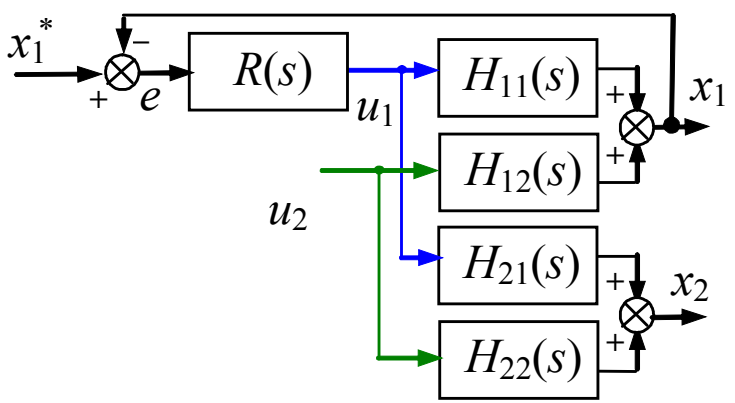
$$x_2(s) = H_{21}(s)u_1(s) + H_{22}(s)u_2(s)$$

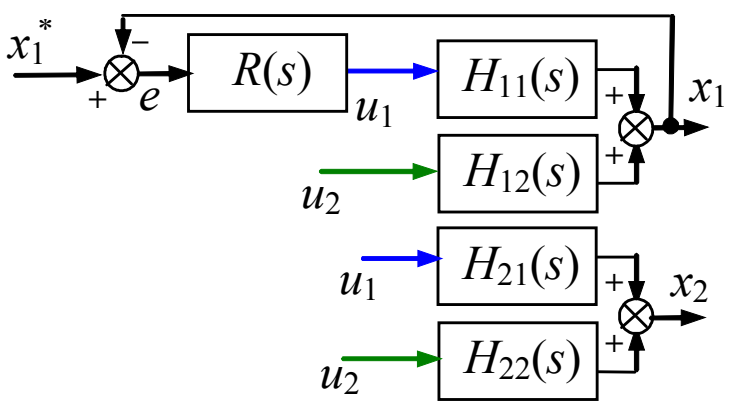
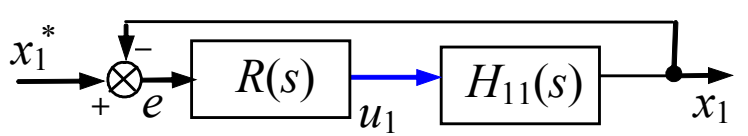
pełna identyfikacja

Identyfikacja na potrzeby projekowania US



$$x_1(s) = H_{11}(s)u_1(s) + H_{12}(s)u_2(s)$$
$$x_2(s) = H_{21}(s)u_1(s) + H_{22}(s)u_2(s)$$





Identyfikacja transmitancji PV od CV