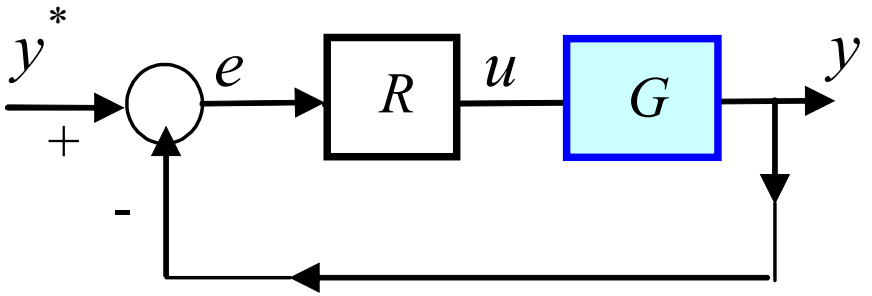
Jednoobwodowy układ regulacji – algorytm regulacji

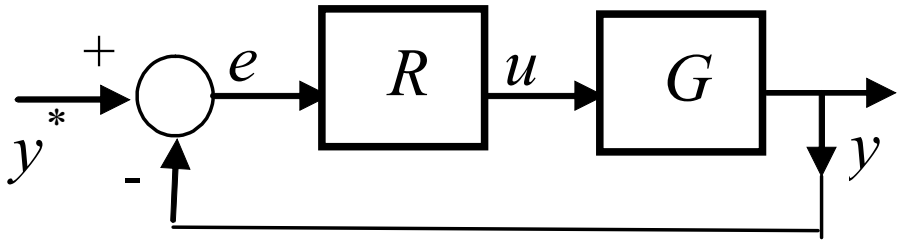


y – zmienna procesowa (PV – Process Variable)
y^* – wartość zadana (SP – Set-Point)
e – uchyb regulacji (control error)
u – zmienna sterująca (CV – Control Variable)
R – algorytm regulacji:

- ciągły – PI, P, PID
  - PI – najprostszy zapewniający zerowy uchyb regulacji
  - P – niezerowy uchyb regulacji
- przekaźnikowy (binarny) – dwupołożeniowy, trójpołożeniowy

Własności układów regulacji a algorytm regulacji

Regulacja ciągła – transmitancje i uchyb ustalony



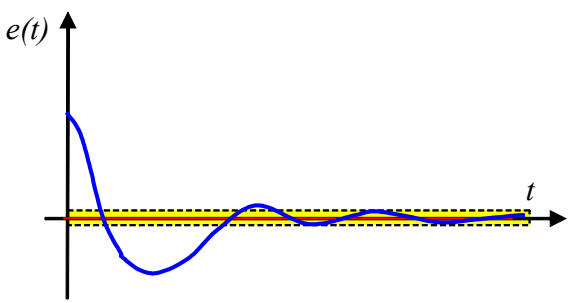
$$\frac{Y}{Y^*} = G_z = \frac{RG}{1+RG}$$ t.układu zamkniętego

$$Y(s) = \frac{R(s)G(s)}{1+R(s)G(s)} Y^*(s)$$

$$\frac{E}{Y^*} = G_e = \frac{1}{1+RG}$$ t.uchybowa

$$\boxed{E(s) = \frac{1}{1+R(s)G(s)} Y^*(s)}$$

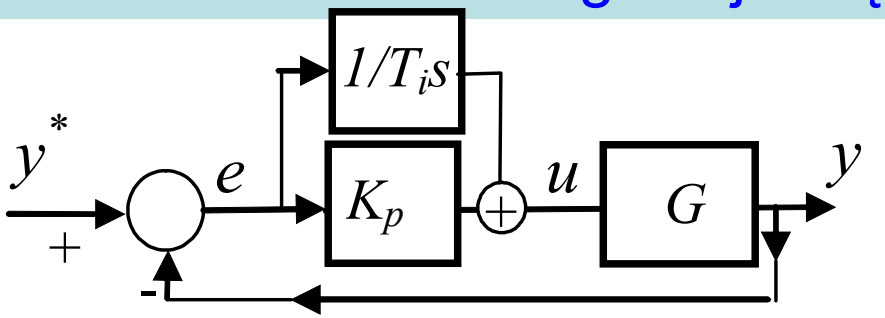
Uchyb regulacji w stanie ustalonym – podstawie transmitancji



$$e_k = \lim_{t\to\infty} e(t) = \lim_{s\to 0} sE(s) = \lim_{s\to 0} sG_e(s)Y^*(s)$$

(jeśli pkt.równowagi istnieje)

Regulacja ciągła - regulator PI



$$G(s) = \frac{L_o(s)}{M_o(s)}$$

$$R(s) = K_p + \frac{1}{T_i s} = \frac{K_p T_i s + 1}{T_i s}$$

$$G_e = \frac{E}{Y^*} = \frac{1}{1 + RG} = \frac{M_o(s) T_i s}{M_o(s) T_i s + L_o(s) L_R(s)}$$

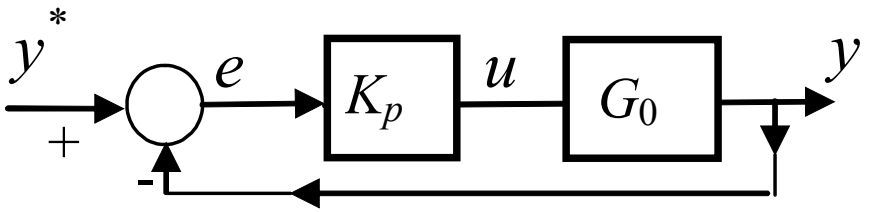
Uchyb regulacji w stanie ustalonym: $e_k = \lim_{t \to \infty} e(t) = \lim_{s \to 0} sE(s) = \lim_{s \to 0} sG_e(s) Y^*(s)$

- dla: $y^*(t) = y_0^* \rightarrow Y^*(s) = \frac{y_0^*}{s}$ jest $e_k = \lim_{s \to 0} \frac{M_o(s) T_i s}{M_o(s) T_i s + L_R(s) L_o(s)}$

- oraz: $G(s) = \frac{k}{Ts + 1}$ jest $e_k = \lim_{s \to 0} \frac{(Ts+1) T_i s}{(Ts+1) T_i s + (K_p T_i s + 1) k} = 0$

Uchyb regulacji w stanie ustalonym e_k =0 - tym samym PV=SP: $y_k = y_0^*$
(jeśli tylko stopień licznika < stopnia mianownika)

Regulacja ciągła - regulator P



$$G(s) = \frac{L_o(s)}{M_o(s)}$$

$$R(s) = K_p$$

$$G_e = \frac{E}{Y^*} = \frac{1}{1+RG} = \frac{M_o(s)}{M_o(s)+K_p L_o(s)}$$

Uchyb regulacji w stanie ustalonym: $e_k = \lim_{t\to\infty} e(t) = \lim_{s\to 0} sE(s) = \lim_{s\to 0} sG_e(s)Y^*(s)$

- dla stałej wartości zadanej: $y^*(t) = y_0^* \rightarrow Y^*(s) = \frac{y_0^*}{s}$ jest $e_k = \lim_{s\to 0} \frac{M_o(s)}{M_o(s)+K_p L_o(s)}$

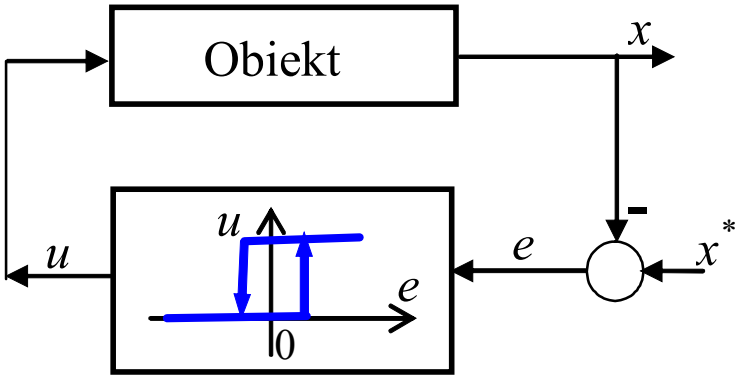
- oraz obiektu inercyjnego: $G(s) = \frac{k}{Ts+1}$ jest $e_k = \lim_{s\to 0} \frac{Ts+1}{Ts+1+K_p k} = \frac{1}{1+K_p k} \neq 0$

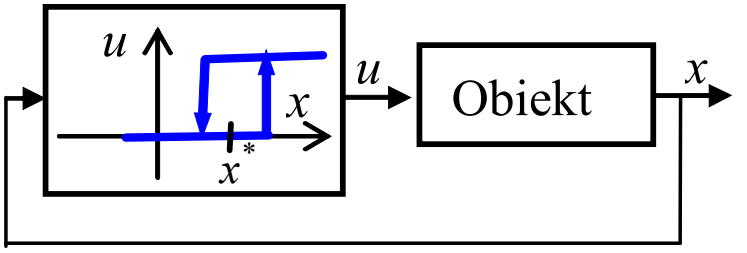
Uchyb regulacji w stanie ustalonym $e_k \neq 0$ (im większe K_p, tym uchyb e_k mniejszy)
(uchyb e_k =0 jeśli $M_o(s=0)$=0, czyli obiekt ma własności całkujące)

Regulatory przekaźnikowe (binarne)

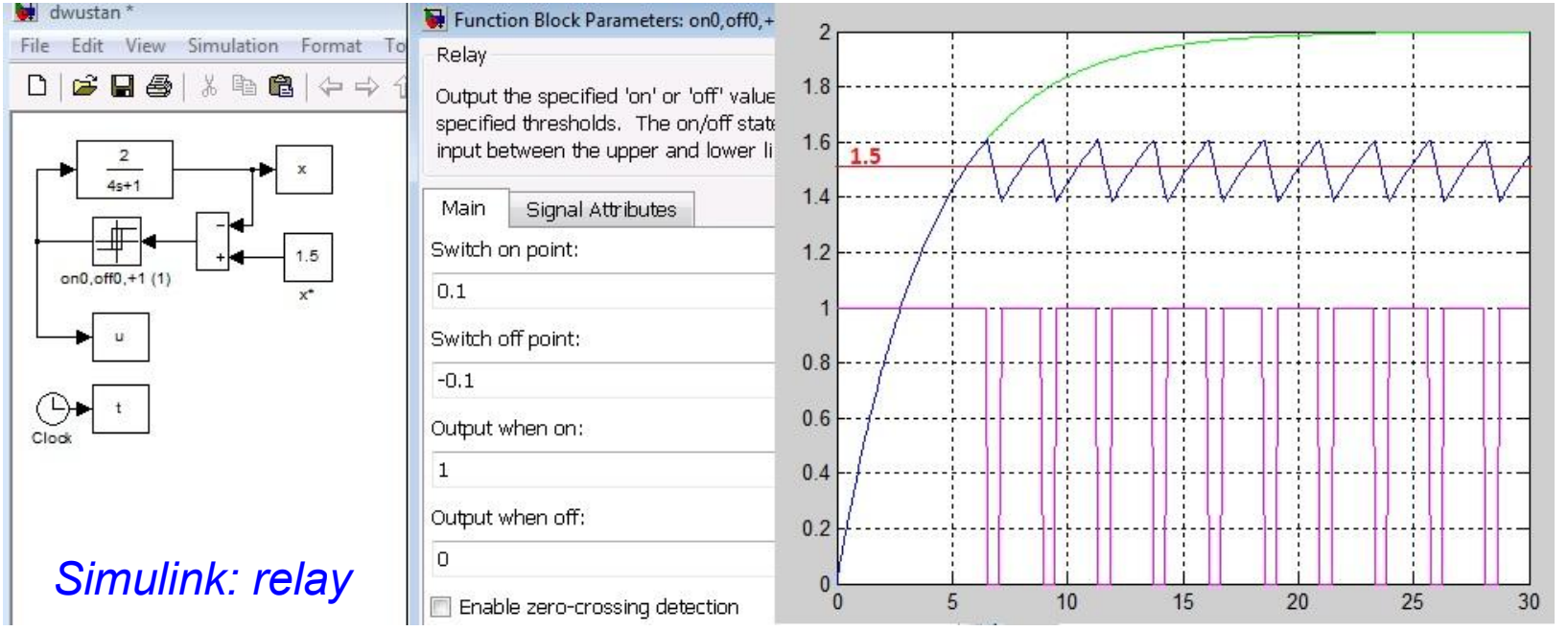
Regulator dwupołożeniowy

on-off controller





Działanie: włącz – wyłącz

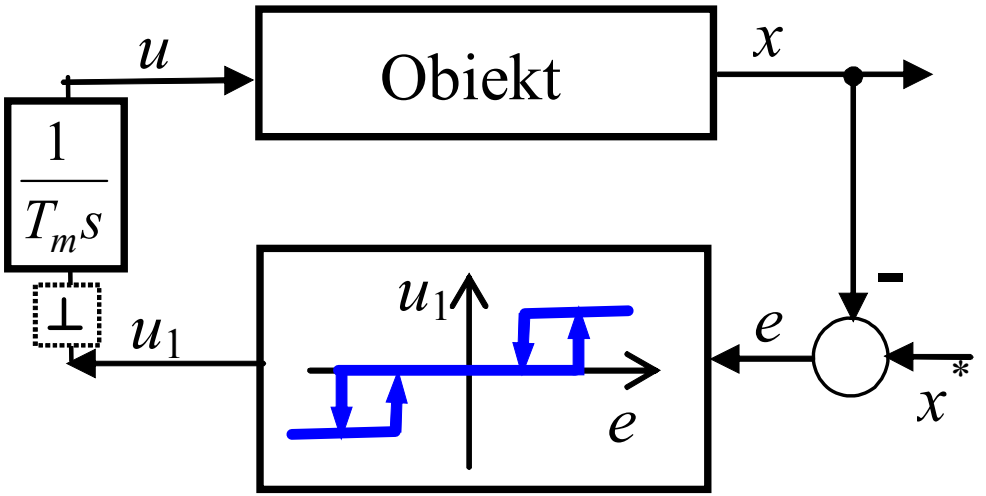


Simulink: relay

Własności (stan ustalony, błąd regulacji)
zależne od histerezy, wartości sygnału sterującego, inercji obiektu

Regulatory przekaźnikowe (binarne)

Regulator trójpołożeniowy



Działanie:

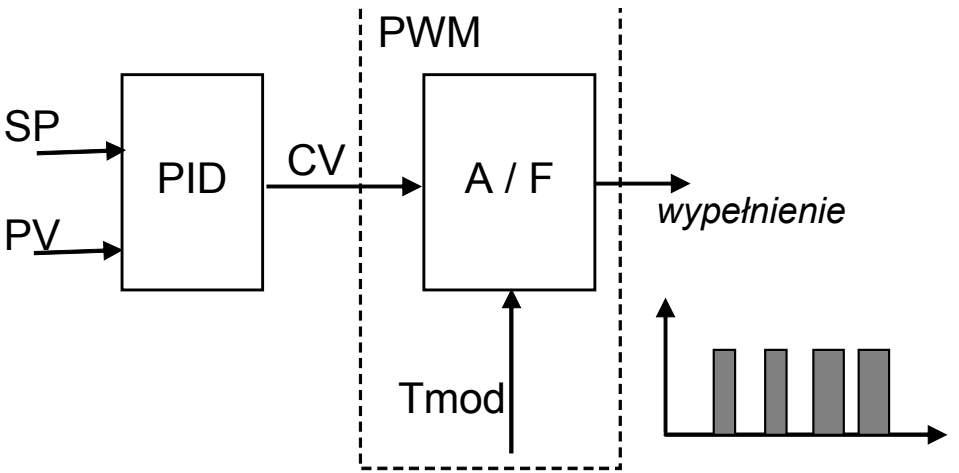
- otwieranie – stop – zamykanie
- grzanie – 0 – chłodzenie

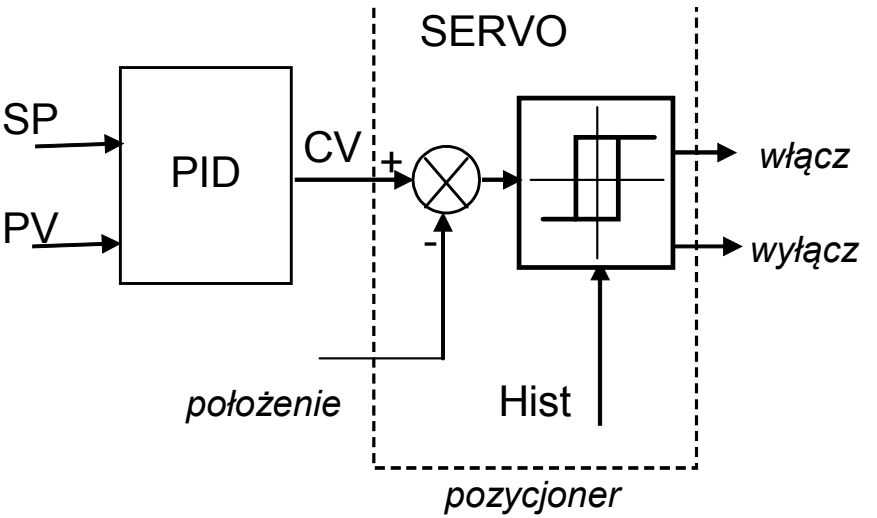
Simulink: relay

Regulator ciągły z wyjściem dyskretnym

algorytm ciągły

wyjście dwustanowe



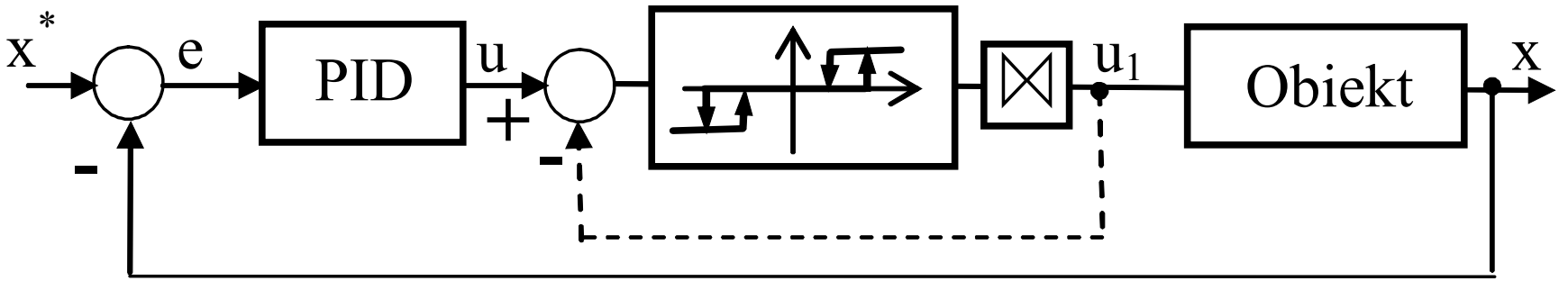


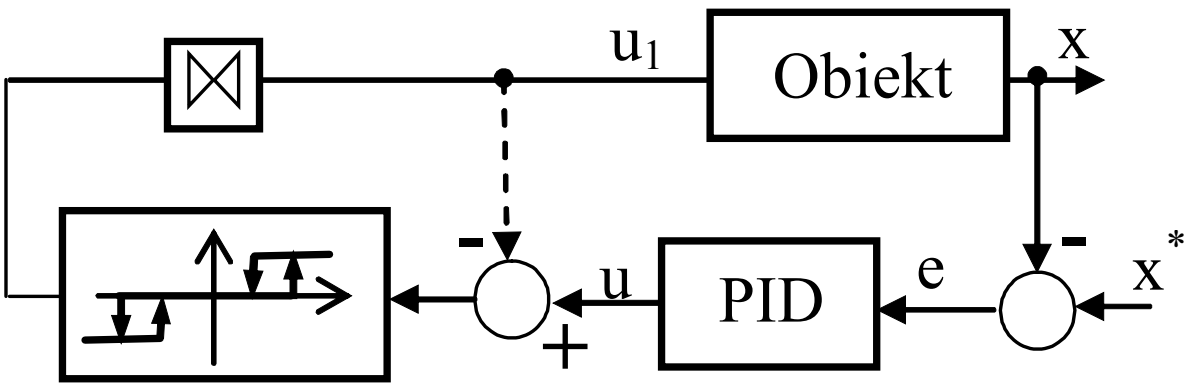
wypełnienie

włącz/wyłącz

Regulator ciągły z wyjściem dyskretnym

algorytm ciągły wyjście trójstanowe





pozycjoner trójstanowy (zamykanie-stop-otwieranie)

Cel sterowania

- dokładność statyczna
  - np. ster. binarne, proporcjonalne, PI
- dokładność dynamiczna
  - szybkość reakcji, rodzaj zakłóceń

Wybór typu regulatora - zalecenia

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

$$k_r = T_o / T$$

k_r	Regulacja	Typ regulatora
$T_o < \frac{T}{20}$ $k_r < \frac{1}{20}$	łatwa	regulator dwupołożeniowy jeśli tylko obiekt „mocno” uśrednia
$\frac{1}{20} < k_r < \frac{1}{4}$ $\frac{T}{20} < T_o < \frac{T}{4}$	dość trudna	regulator PI lub PID
$k_r > \frac{1}{4}$ $T_o > \frac{T}{4}$	trudna	

a) regulatory przekaźnikowe

b) regulatory ciągłe