

Projekt układu sterowania = struktura+parametry

Wymagania/ograniczenia obiektowe

- opis technologiczny, założenia projektowe, warunki techniczne

I. Wybór układu i regulatora

- cel: wybór struktury układu i typu regulatora
- sposób: wiedza+doświadczenie

II. Synteza parametryczna

- cel: spełnić wymaganie stabilności, (pewnej dokładności)
- sposób: dobór nastaw/parametrów (analitycznie, symulacyjnie)

III. Ocena jakości

- cel: ocenić szybkość, dokładność, zapas stabilności
- sposób: badania symulacyjnie na modelu (i na obiekcie)

IV. Optymalizacja

- cel: poprawić jakość sterowania (szybkość, dokładność)
- sposób: wybór kryterium, strojenie parametrów

Wymagania/ograniczenia obiektowe

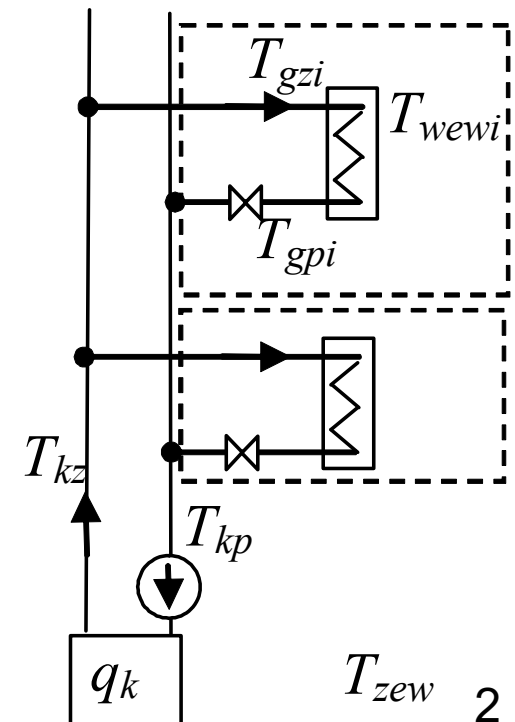
a) cel sterowania

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



b) możliwości i ograniczenia techniczne

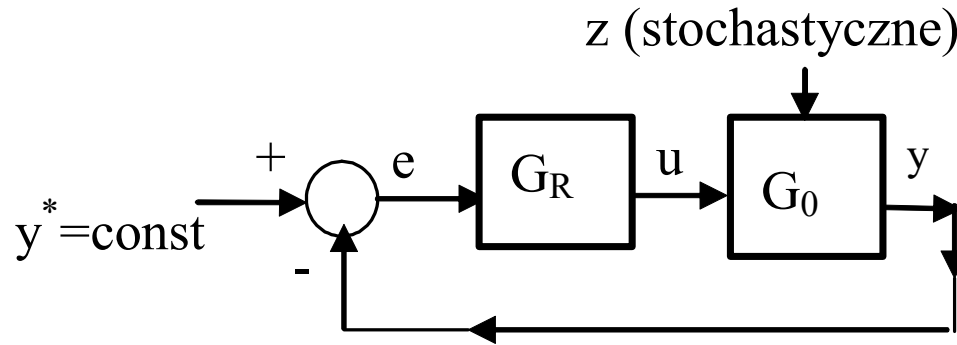
- wybór PV
 - regulacja centralna / lokalna
 - bezpośrednia / pośrednia
- wybór CV
 - liniowość / nieliniowość
 - czułość i zakres sterowania (zmiany CV)
 - opóźnienia
 - sterowanie aktywne/bierne (np.pompa/zawór)
- wartość SP
 - stała, programowa, losowa (nadażanie)



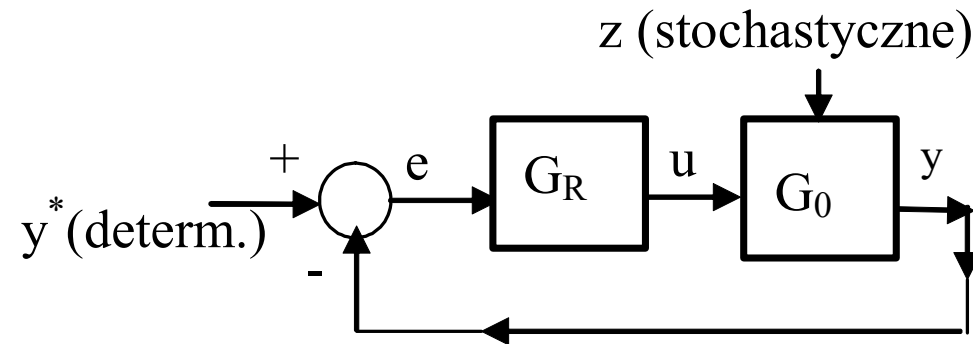
Typy regulacji ze względu na wartość zadaną

Regulacja:

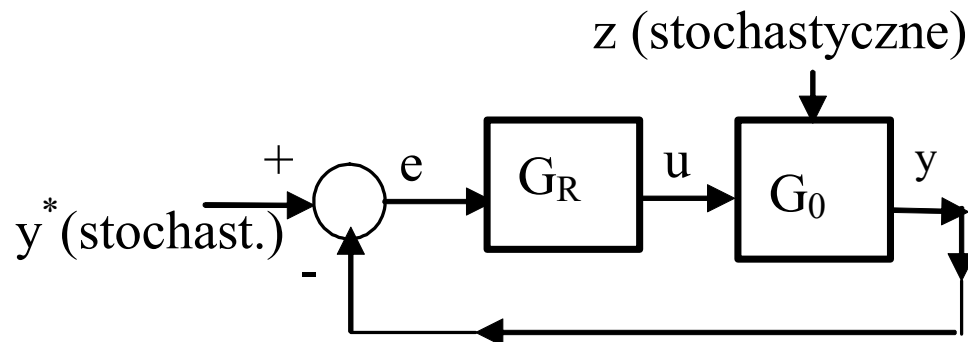
- stałowartościowa
(np. zmiana na żądanie)



- programowa
(np. programowane wg czasu trwania, pory dnia, dni tygodnia, ...)



- nadążna
(np. śledzenie ruchu)



I. Struktura układu sterowania

1) struktura układu

- otwarty
 - prostsze projektowanie ale wymaga wiedzy o obiekcie
 - mniejsza dokładność (wrażliwy na zakłócenia)
- **zamknięty**
 - trudniejsze projektowanie (np. stabilność)
 - dokładniejszy

2) regulacja prosta-złożona

- **jednoobwodowa**
- wieloobwodowa
- Model Based Control (model jako część regulatora)
- wielowymiarowa (sterowanie w przestrzeni stanów)

3) typ i struktura regulatora

- regulator binarny (przełącznikowy)
- **klasyczny PID** (A lub D)
- AI

I-3. Wybór typu regulatora - zalecenia

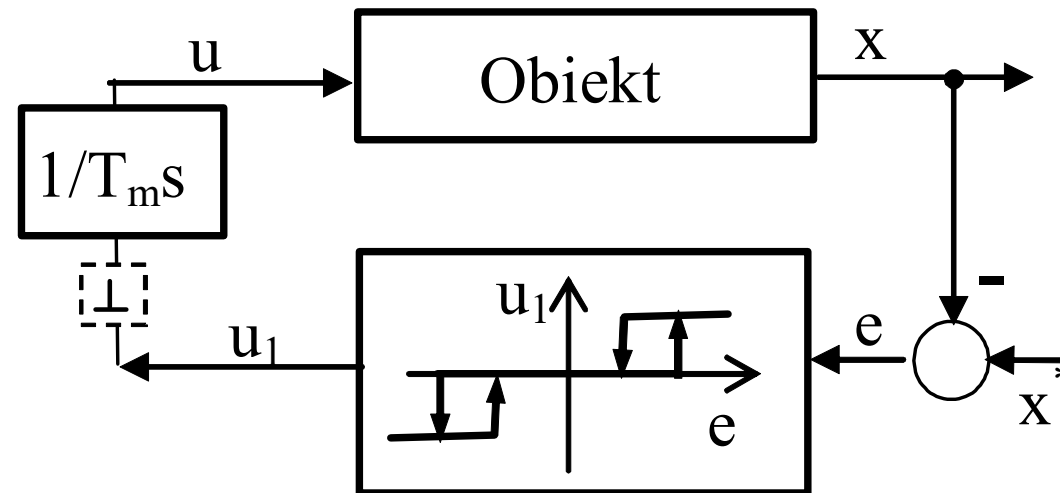
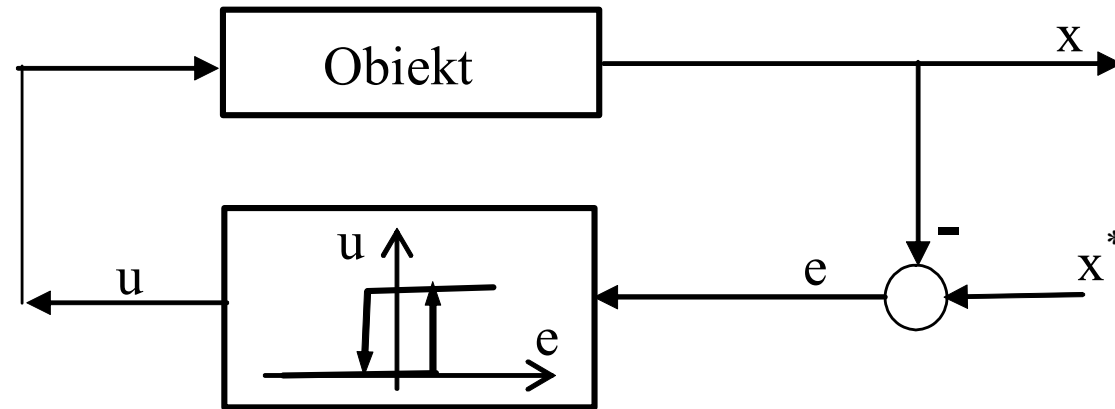
$$k_r = T_o / T \quad \frac{k}{Ts+1} e^{-sT_o}$$

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

a) regulatory przekaźnikowe

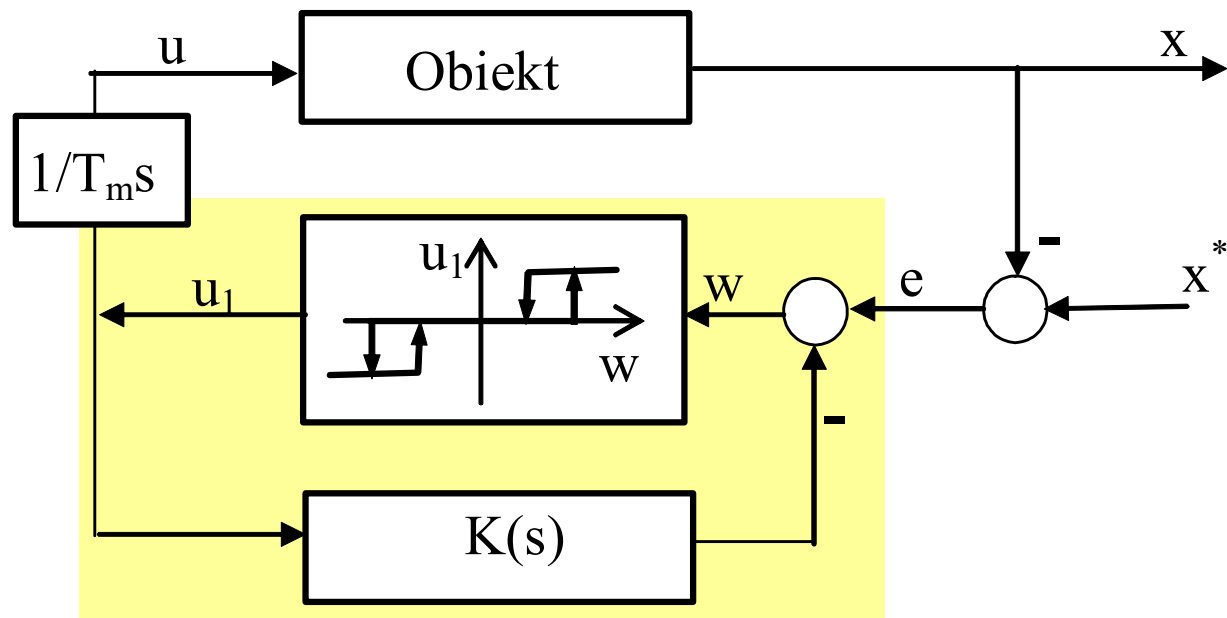
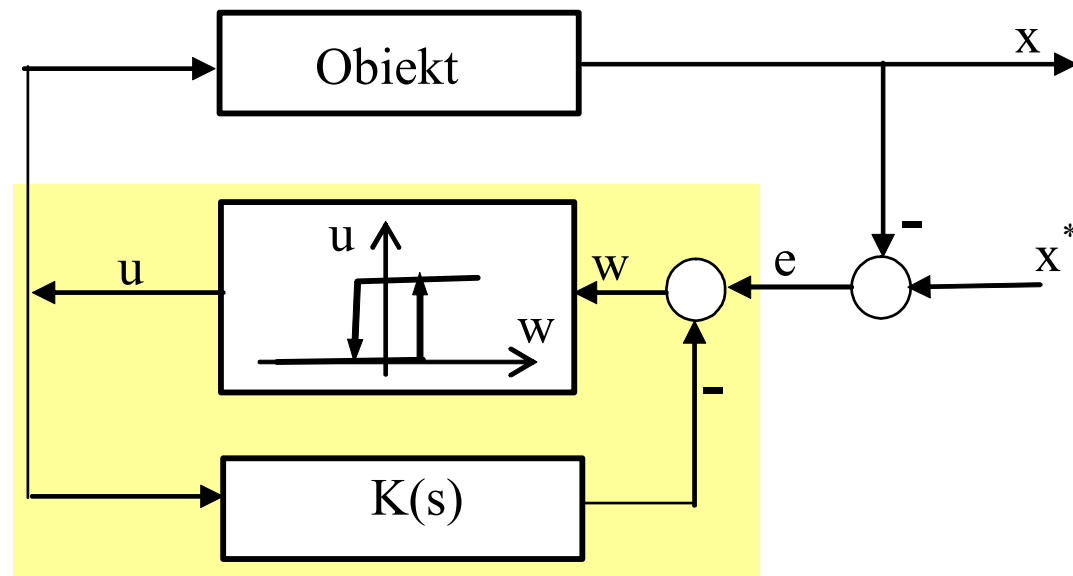
b) regulatory ciągłe

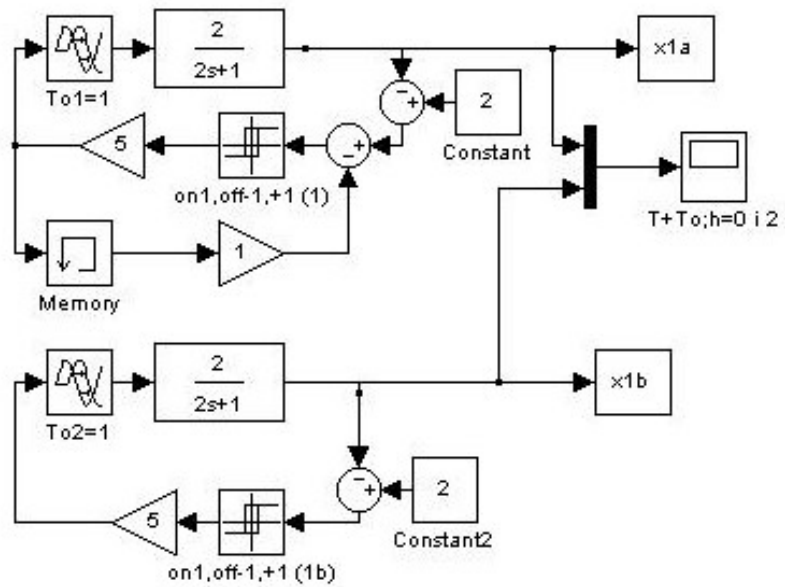
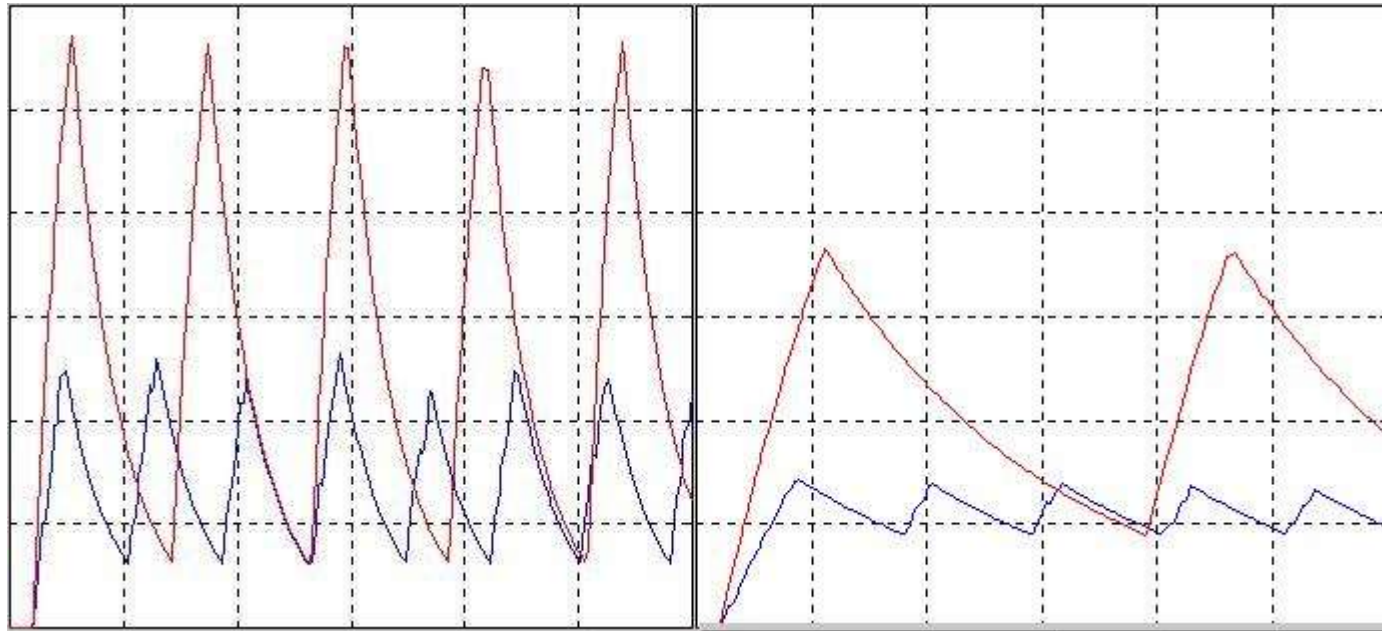
I3a) Regulatory przekaźnikowe – dwu/trójpołożeniowe



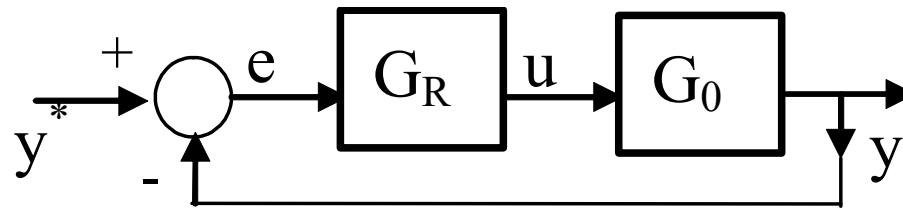
I3a)

Regulatory przekaźnikowe + korekcja





I3b) Regulatory ciągłe w układzie jednoobwodowym



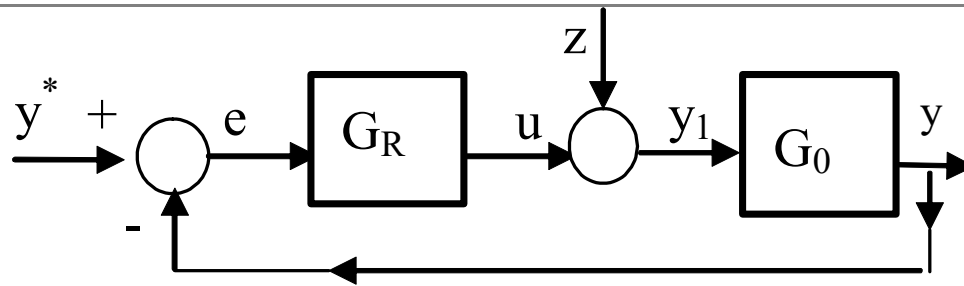
$$G_z(s) = \frac{Y(s)}{Y^*(s)}$$

$$G_e(s) = \frac{E(s)}{Y^*(s)}$$

$$\begin{bmatrix} E(s) \\ Y(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{1 + G_R G_0} \\ \frac{G_R G_0}{1 + G_R G_0} \end{bmatrix} \cdot [Y^*(s)]$$

$$G_{ez}(s) = \frac{E(s)}{Z(s)}$$

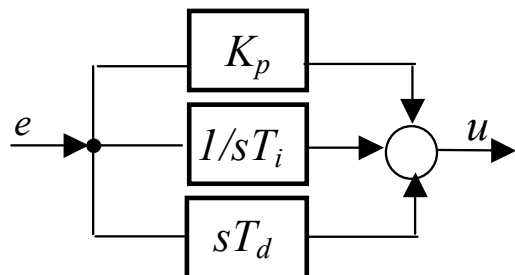
$$G_{yz}(s) = \frac{Y(s)}{Z(s)}$$



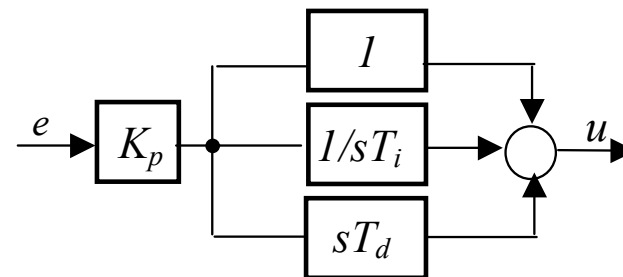
$$\begin{bmatrix} E(s) \\ Y(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{1 + G_R G_0} & \frac{G_0}{1 + G_R G_0} \\ \frac{G_R G_0}{1 + G_R G_0} & \frac{-G_0}{1 + G_R G_0} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y^*(s) \\ Z(s) \end{bmatrix}$$

Regulatory ciągłe: Struktura PID

PID-IND



PID-ISA

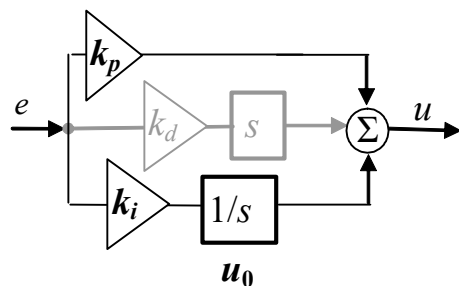


Struktura PID zakładana przez zastosowany algorytm doboru nastaw

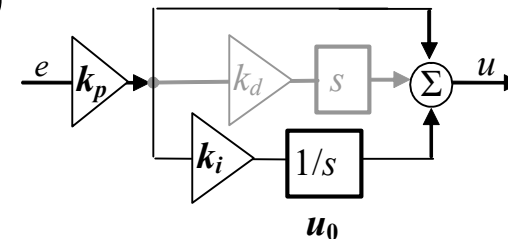
?

Struktura PID wybrana w regulatorze

$$K_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s$$

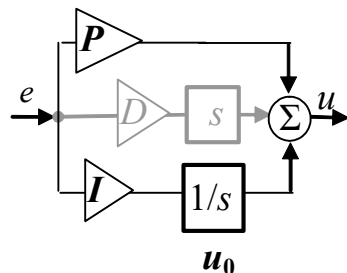


$$K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$



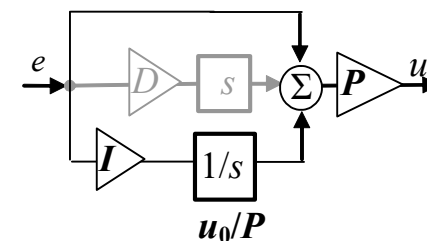
PID Parallel

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{Ns}{s + N}$$



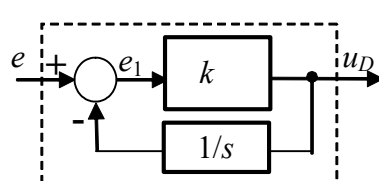
PID ideal

$$P \left(1 + I \frac{1}{s} + D \frac{Ns}{s + N} \right)$$



Realizacja członu różniczkującego

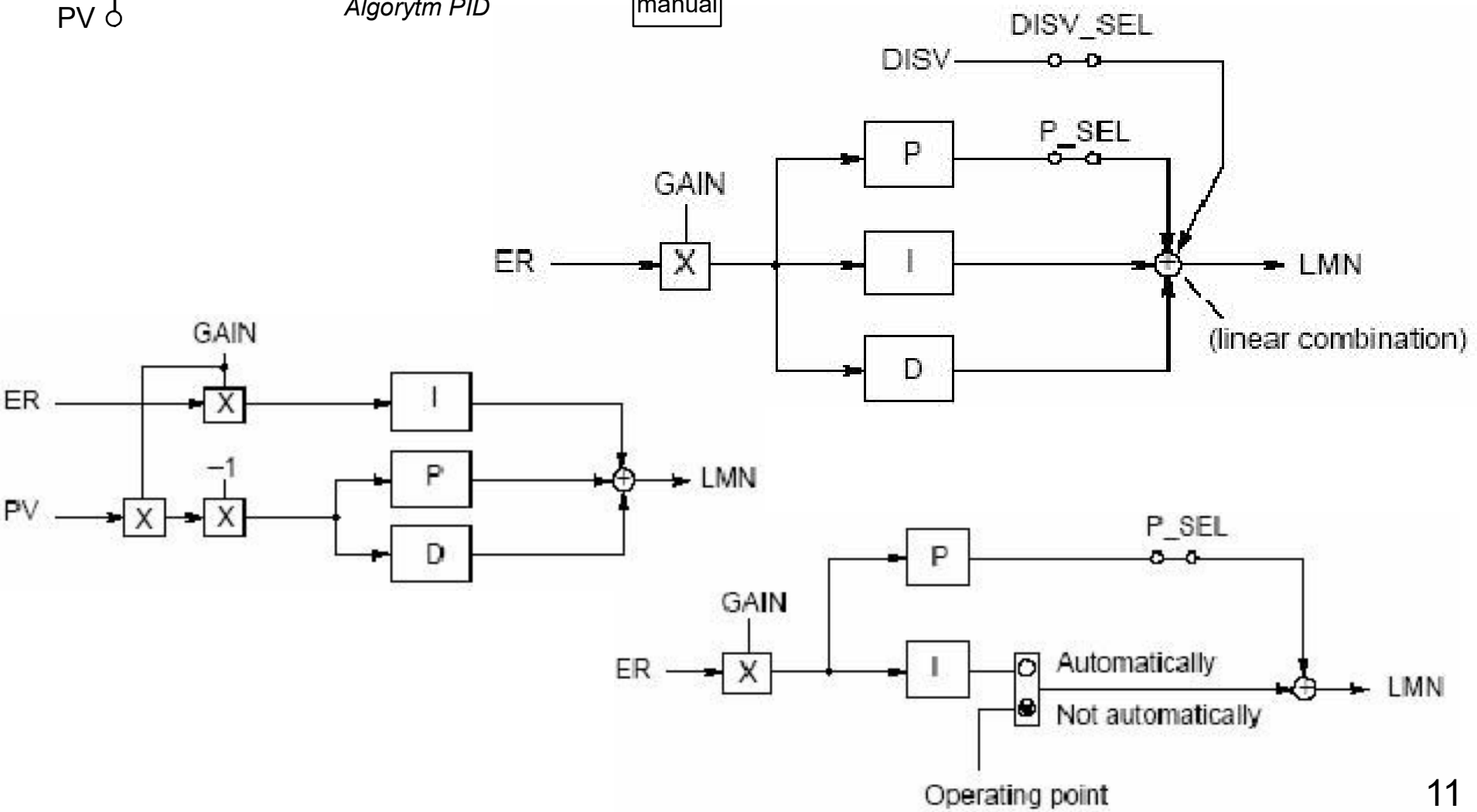
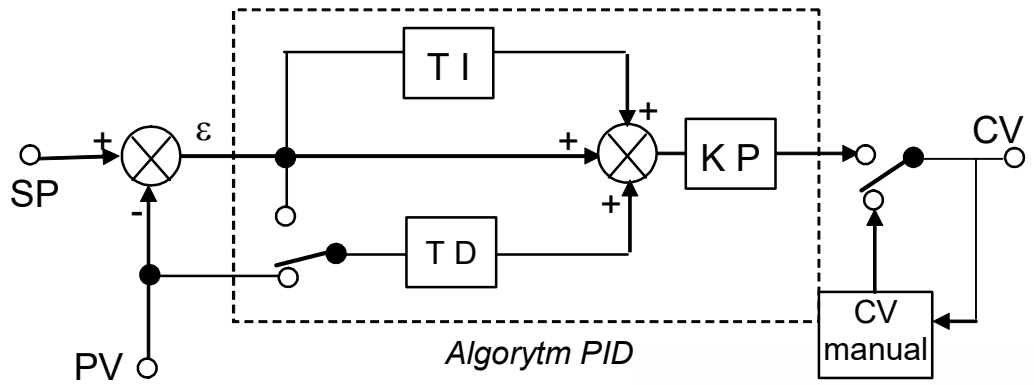
$$D \frac{s}{Ts + 1}, T = \frac{1}{N} \text{ człon różniczkujący rzeczywisty}$$



$$u_D = \frac{k}{1 + k(1/s)} e$$

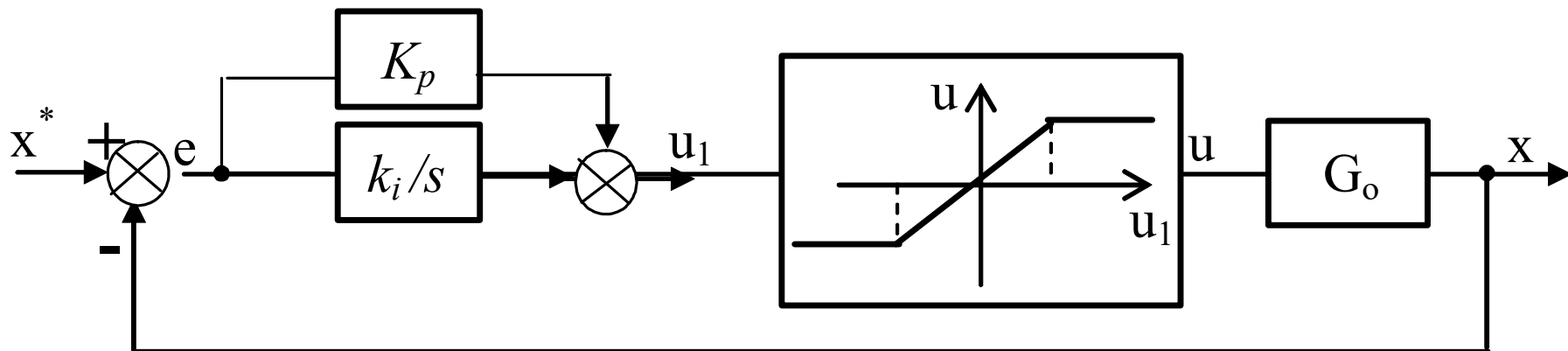
$$\text{Duże } k: u_D \approx \frac{k}{k(1/s)} e = se$$

Struktury PID aplikacje

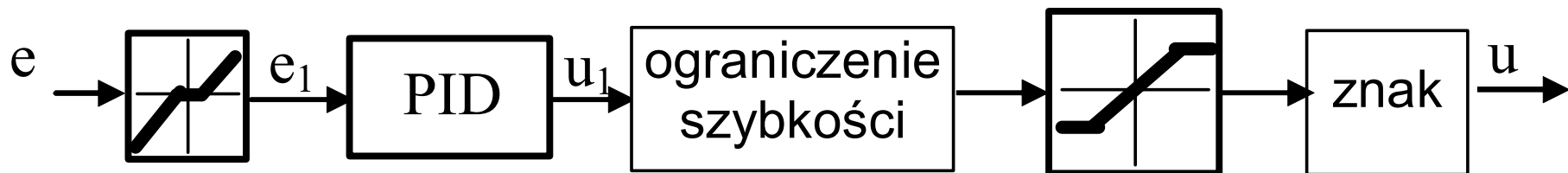


Regulator ciągły + elementy nieliniowe

Ograniczenie elementu wykonawczego



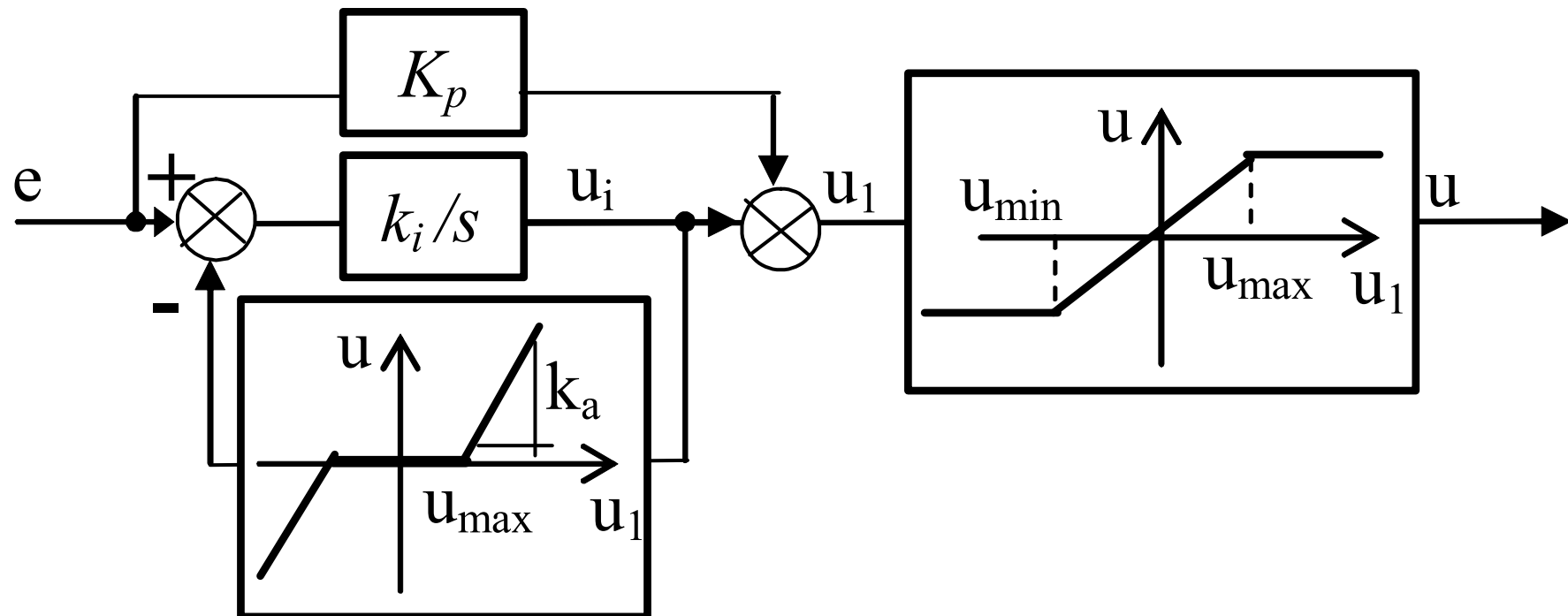
Strefa martwa



Regulator ciągły + elementy nieliniowe

Ograniczenie całkowania

integrator anti-windup circuit

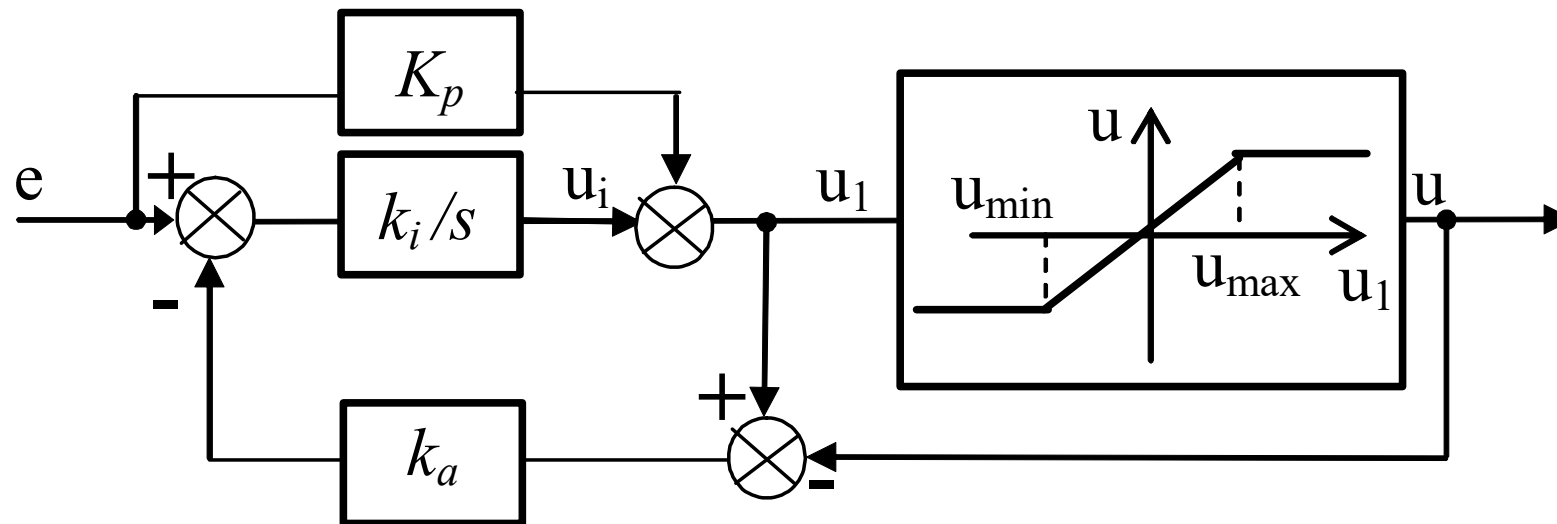


układ z dodatkową nieliniowością

Regulator ciągły + elementy nieliniowe

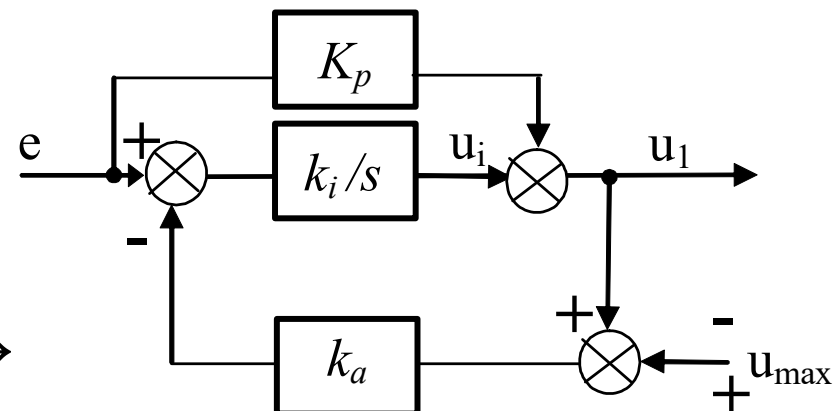
Ograniczenie całkowania

integrator antiwindup circuit



układ z wykorzystaniem istniejącego nasycenia

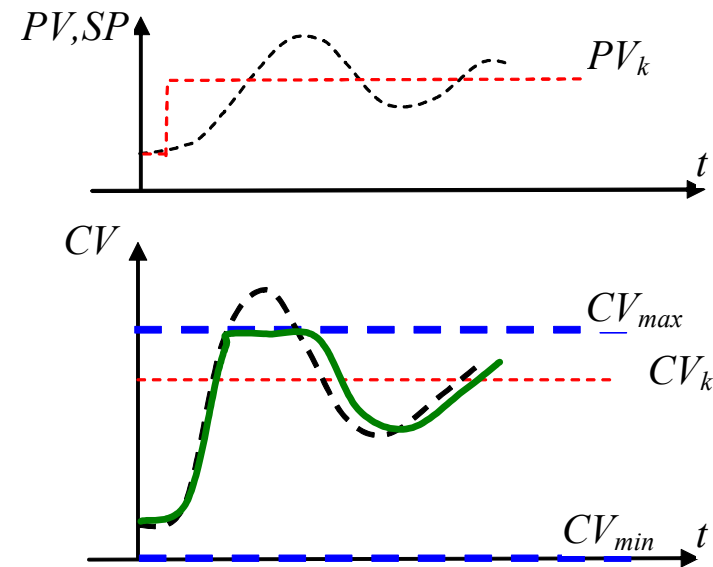
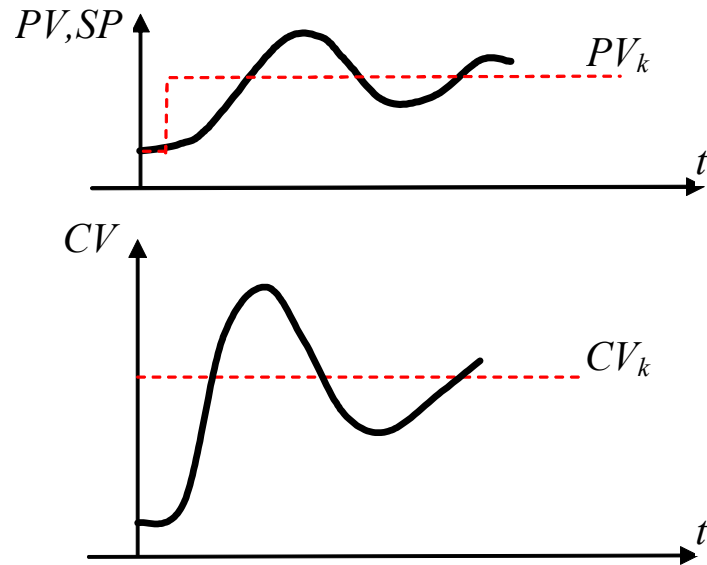
w czasie nasycenia →



Regulator ciągły + elementy nieliniowe

Scenariusz 1:

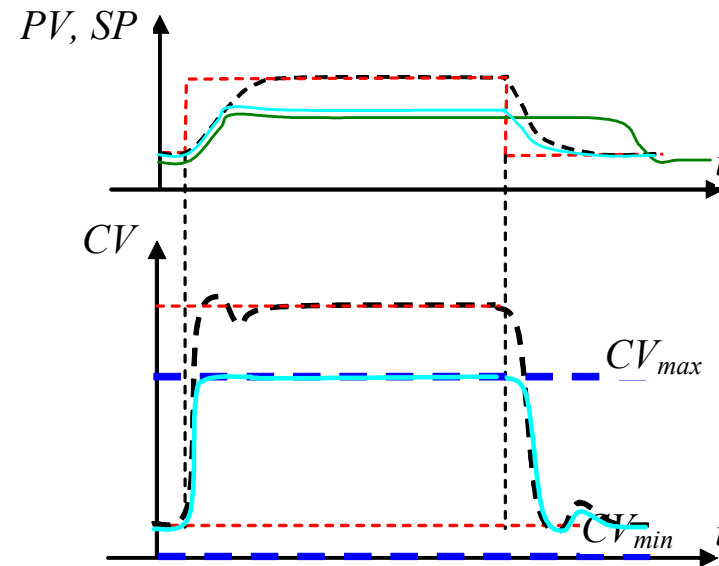
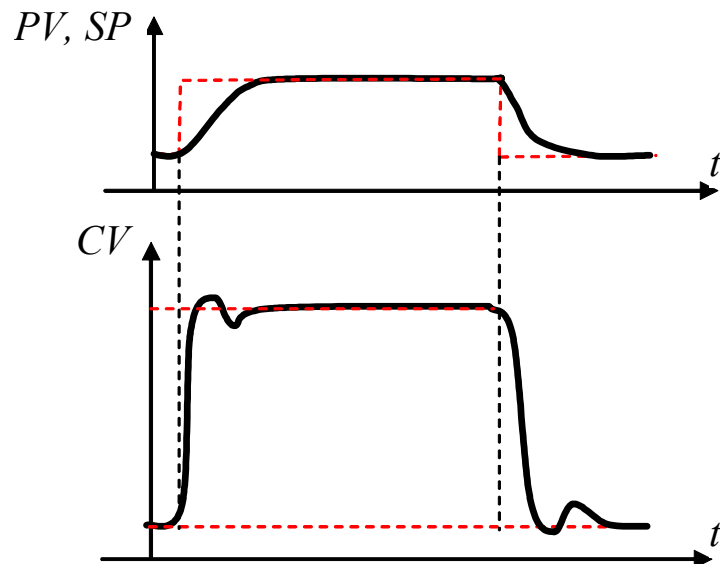
- początkowa i końcowa wartość CV jest w zakresie regulacji
- nasycenie „obcina” przeregulowania



Regulator ciągły + elementy nieliniowe

Scenariusz 2:

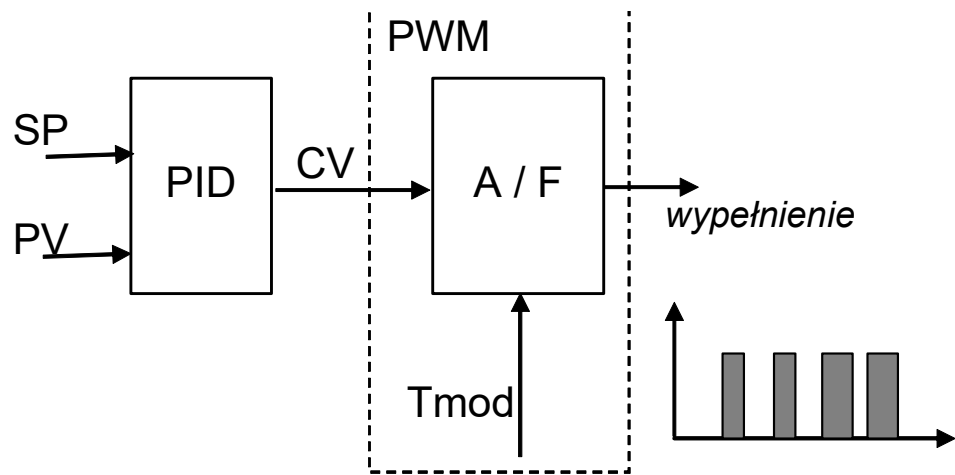
- początkowa i końcowa wartość CV jest w zakresie regulacji
- UR chwilowo wychodzi poza zakres regulacji



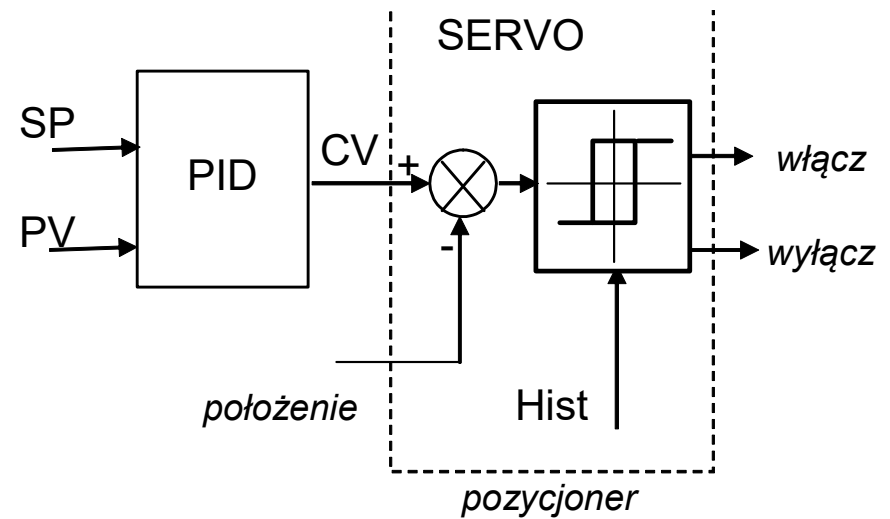
Regulator ciągły + elementy nieliniowe

Regulator ciągły z wyjściem dyskretnym

wyjście dwustanowe



wypełnienie

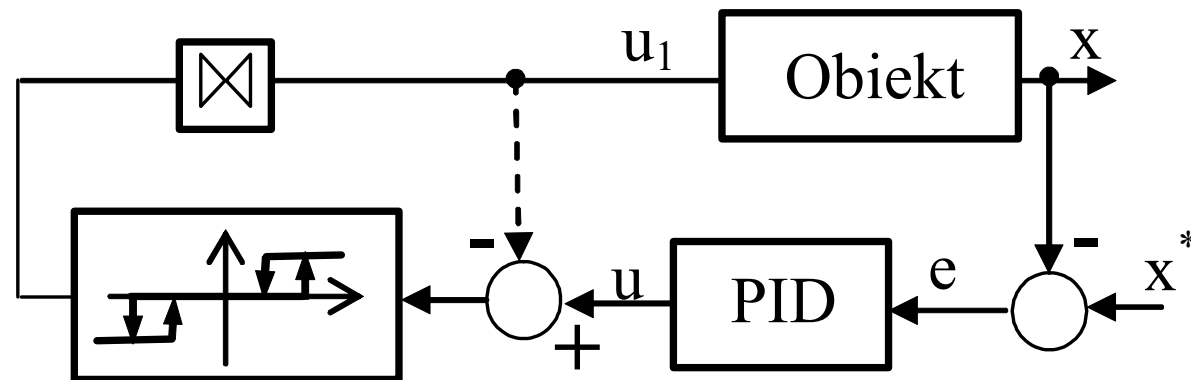
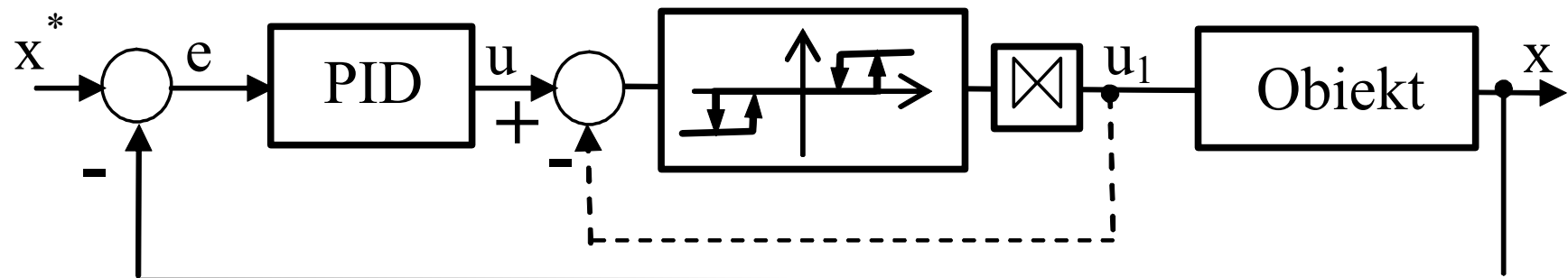


włącz/wyłącz

Regulator ciągły + elementy nieliniowe

Regulator ciągły z wyjściem dyskretnym

wyjście trójstanowe



pozycjoner trójstanowy (zamykanie-stop-otwieranie)