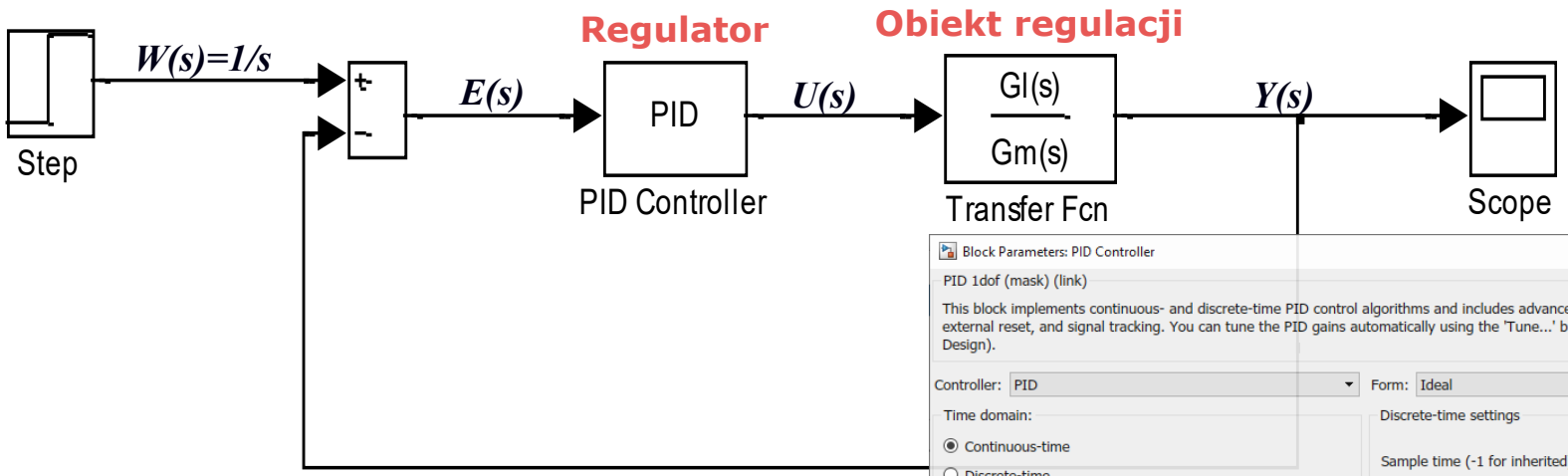
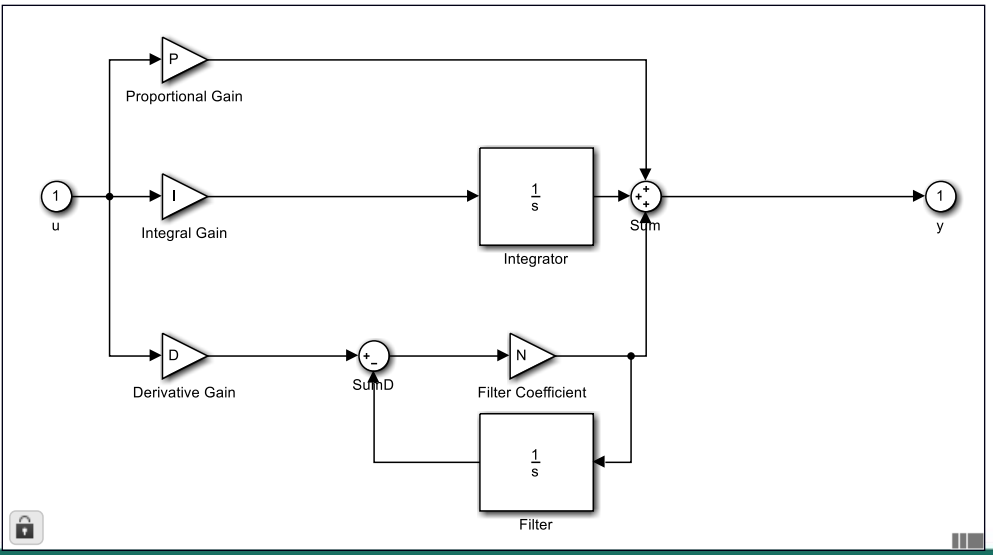
Synteza układów automatycznej regulacji

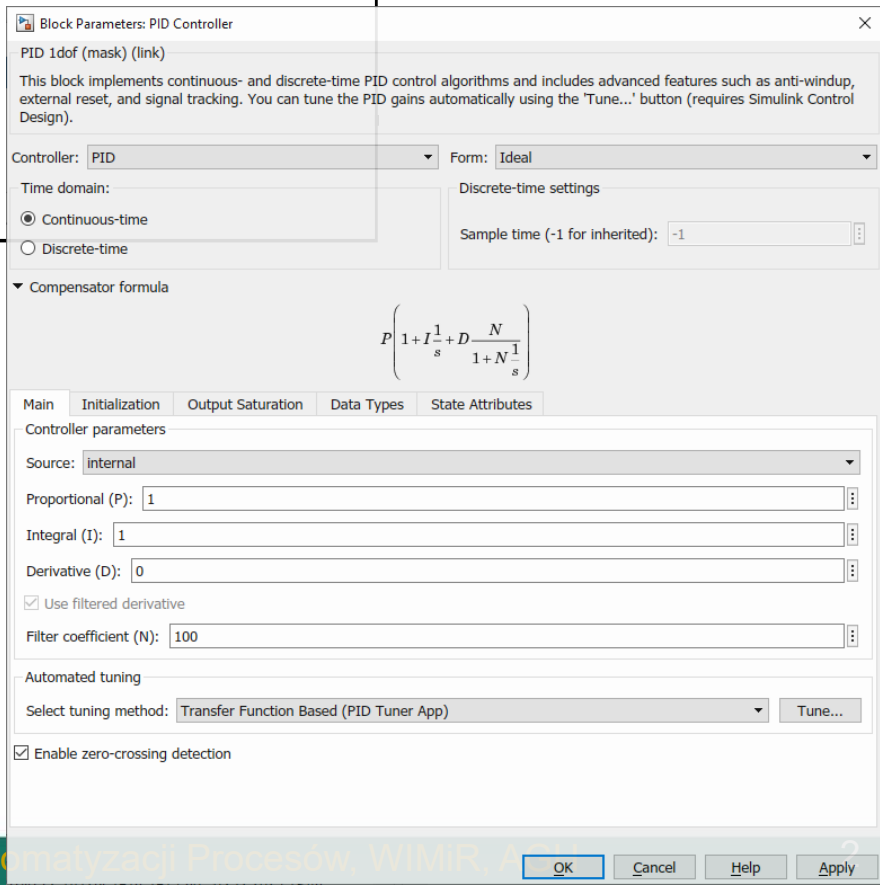
Dobór i strojenie regulatorów z rodziny PID

Dr hab. inż. Paweł Martynowicz, Katedra Automatyzacji Procesów, WIMiR, AGH

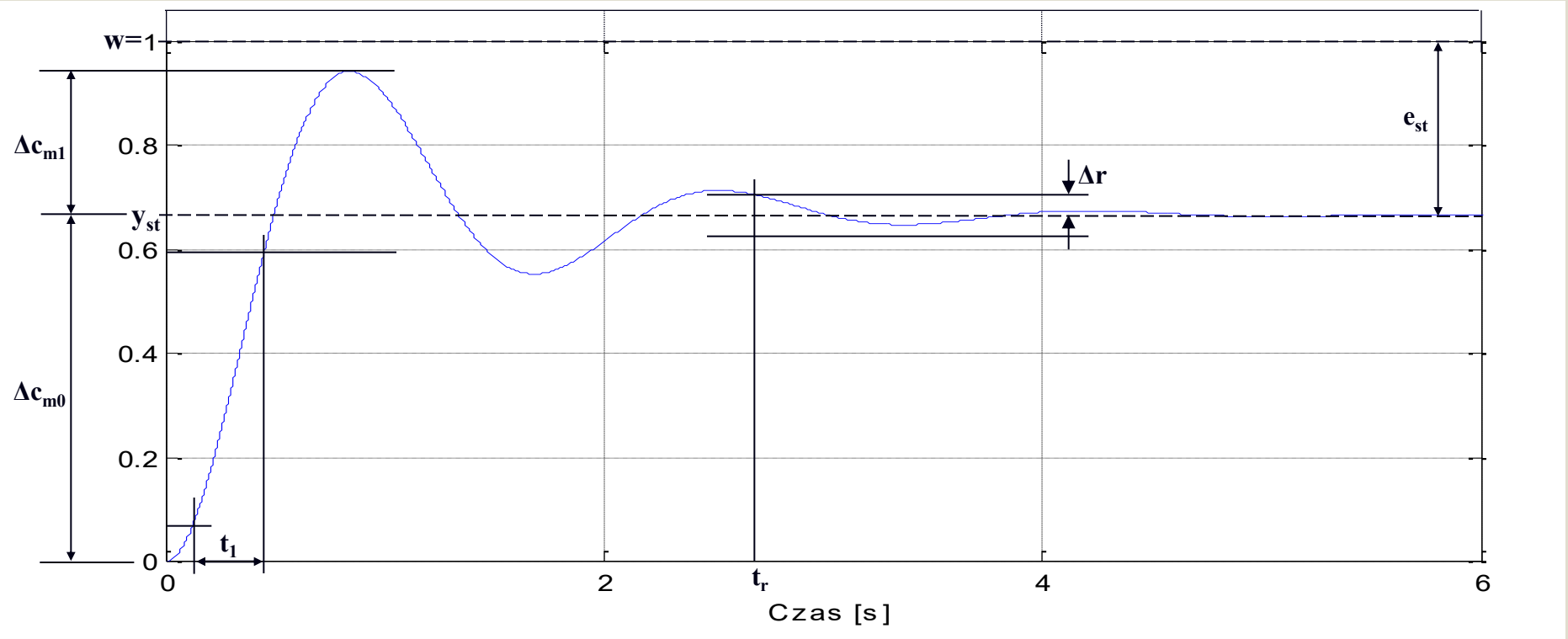
Układ automatycznej regulacji







Wartość zadana **w(t) = 1(t)**



Czas narastania t_1 – czas, w ciągu którego wartość odpowiedzi układu zmienia się w granicach $0 \div 100\%$, $10 \div 90\%$ lub $20 \div 80\%$ wartości w stanie ustalonym y_{st}

Czas regulacji t_r – czas, po upływie którego wartość odpowiedzi układu nie różni się od wartości w stanie ustalonym y_{st} więcej, niż o zadaną wartość odchylenia regulacji $\Delta r = 2 \div 5\%\ y_{st}$

Przeregulowanie $\kappa = \Delta c_{m1}/\Delta c_{m0} \cdot 100\%$

Błąd statyczny $e_{st} = w - y_{st}$

Przykład:
Odpowiedź skokowa

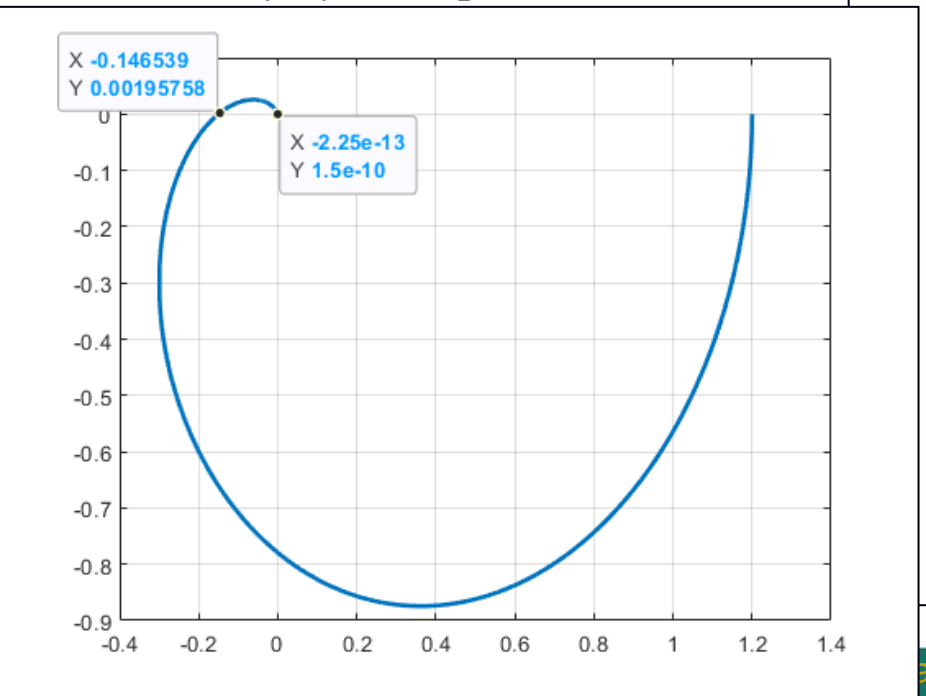
Obiekt inercyjny III rzędu:

$$G(s) = \frac{K}{(Ts+1)^3}$$

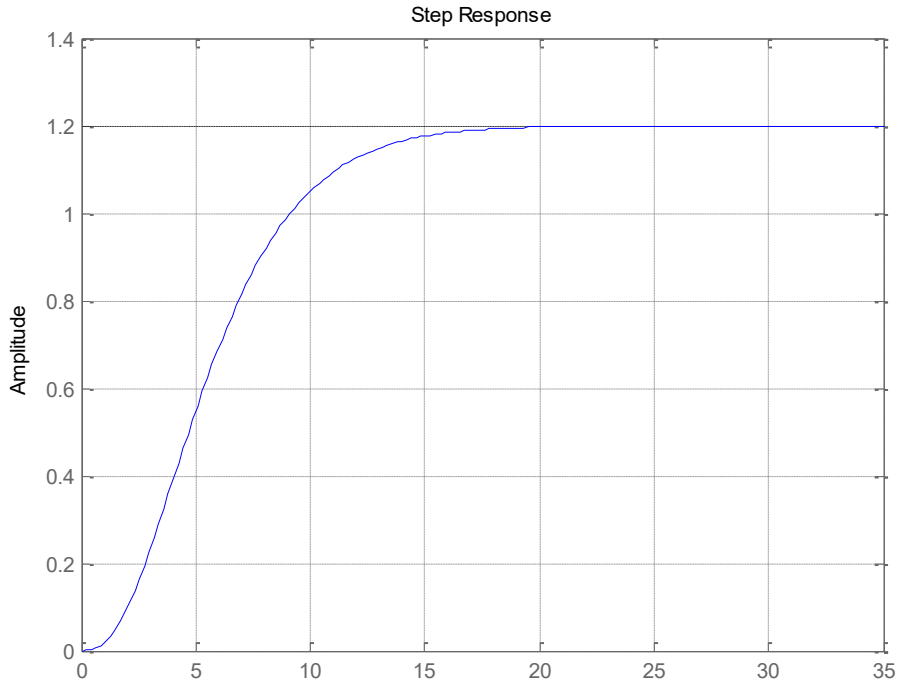
$$T = 2, \quad K = 1.2$$

$$G(s) = \frac{1.2}{8s^3 + 12s^2 + 6s + 1}$$

Charakterystyka amplitudowo-fazowa



Odpowiedź skokowa



Przykład:
Metoda Zieglera-Nicholsa
Układ zamknięty z regulatorem P

Wartość zadana: **w(t) = 1(t)**

Regulator PID:

$$G_{PID}^{simulink}(s) = P + \frac{I}{s} + \frac{Ds}{\frac{1}{N}s + 1}$$

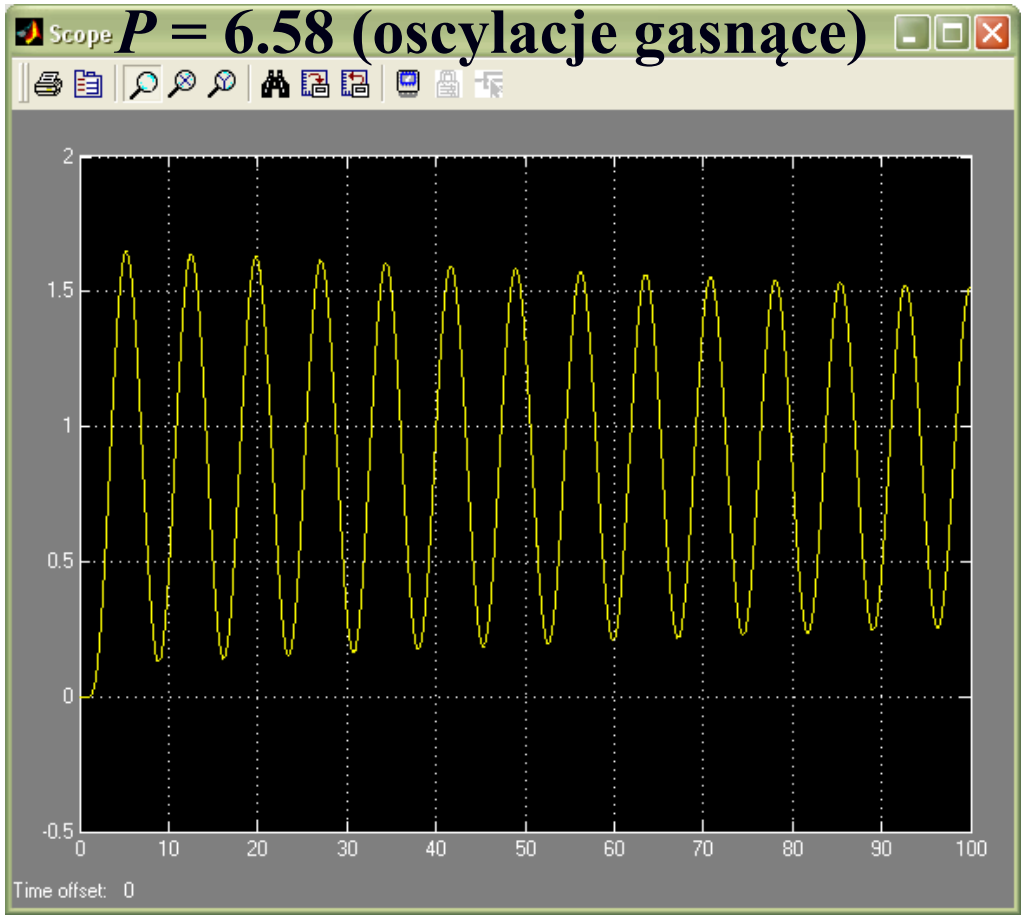
Przyjmujemy:

***I* = 0**

***D* = 0**

P stopniowo zwiększamy od zera do wartości, przy której otrzymamy oscylacje o stałej amplitudzie (oscylacje krytyczne):

***P* ≠ 0**



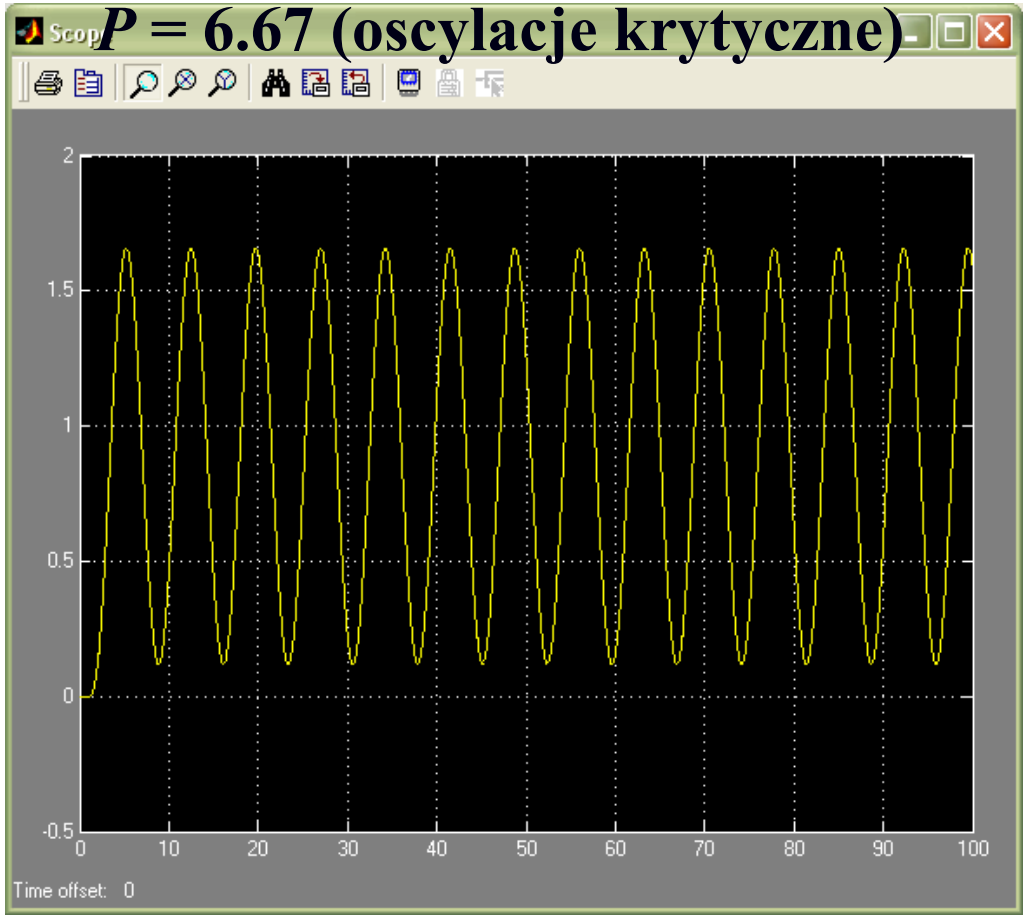
Przykład:
Metoda Zieglera-Nicholsa
Układ zamknięty z regulatorem P

Oscylacje krytyczne:

$$P = 6.67$$
$$I = 0$$
$$D = 0$$

$K_{kr} = P = 6.67$
(krytyczne wzmocnienie regulatora)

$T_{kr} = 7.25$
(okres drgań krytycznych)

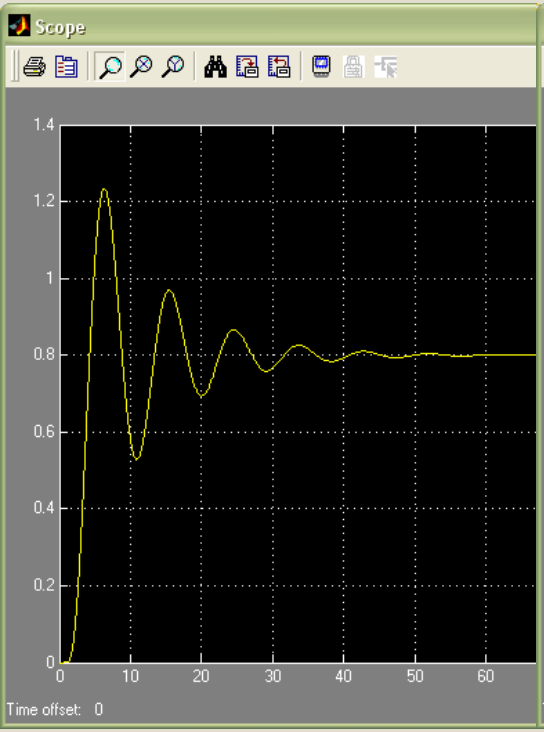


$P = 6.67$ (oscylacje krytyczne)

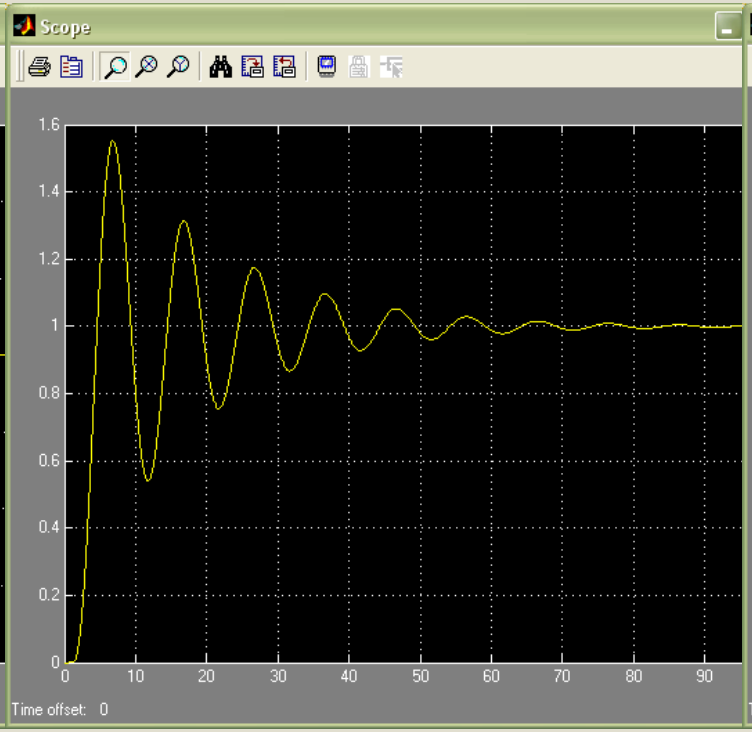
Metoda Zieglera-Nicholsa

Typ regulatora	K_r	T_i	T_d
P	$0.5\,K_{kr}$	–	–
PI	$0.45\,K_{kr}$	$0.85\,T_{kr}$	–
PID	$0.6\,K_{kr}$	$0.5\,T_{kr}$	$0.125\,T_{kr}$

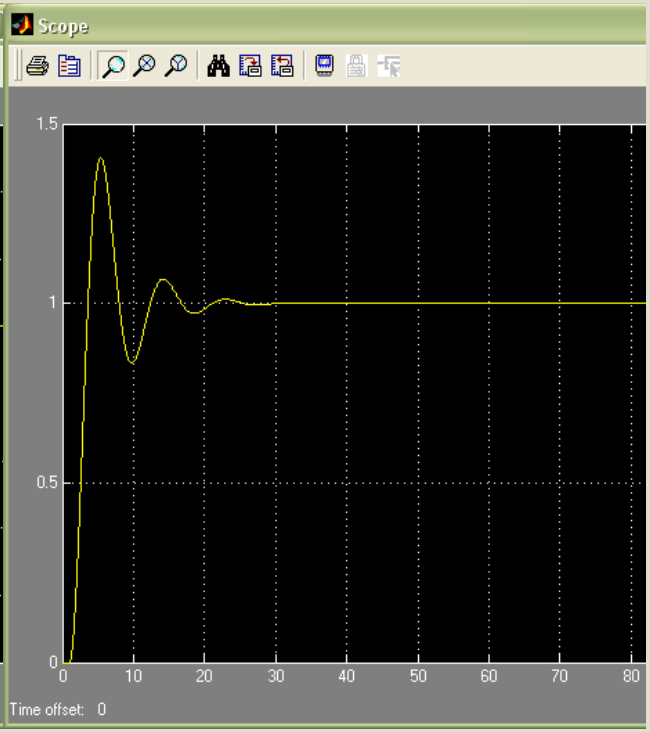
$$G_{PID}^{r} = K_r\left(1+\frac{1}{T_i s}+\frac{T_d s}{Ts+1}\right)$$



Regulator **P**



Regulator **PI**



Regulator **PID**

Regulator PID (rzeczywisty)

Postać standardowa transmitancji:

$$G_{PID}^{r} = K_r \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{T s + 1} \right)$$

Postać równoległa transmitancji w *Simulinku*:

$$G_{PID}^{simulink}(s) = P + \frac{I}{s} + \frac{Ds}{\frac{1}{N} s + 1}$$

Zależności:

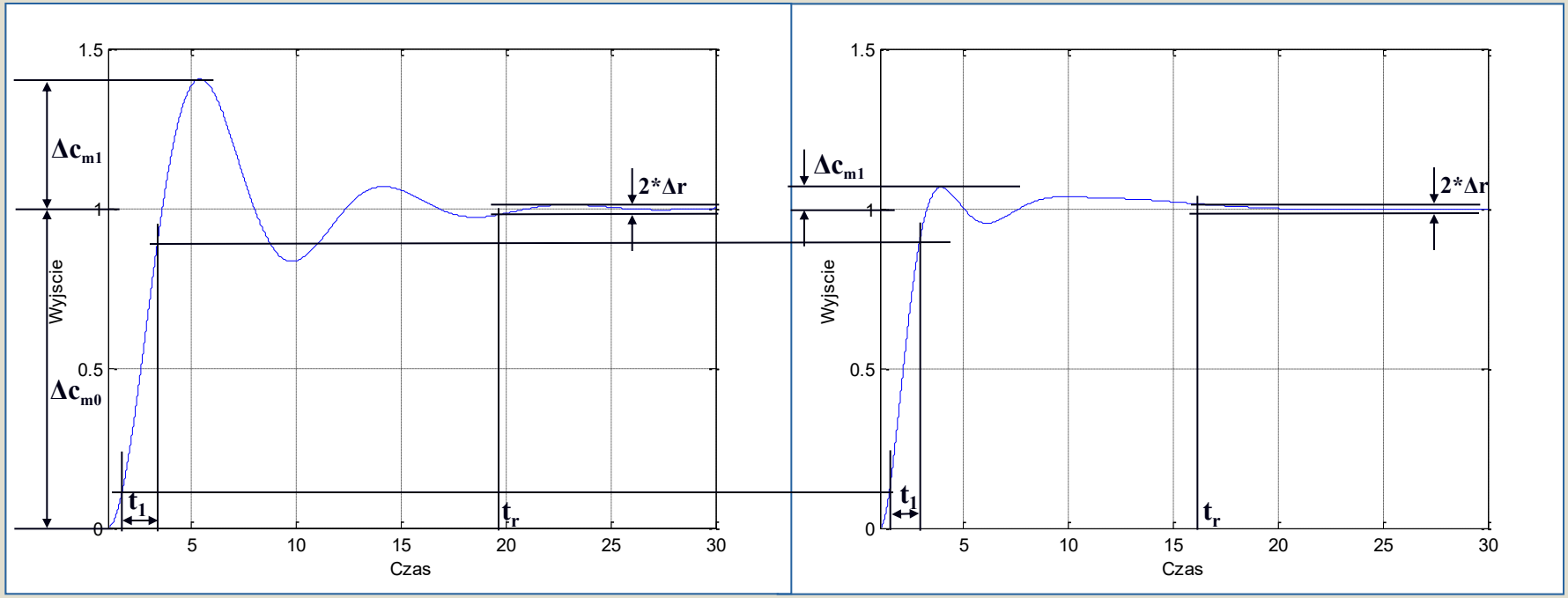
$$P = K_r$$

$$I = \frac{K_r}{T_i}$$

$$D = K_r T_d$$

$$N = \frac{1}{T}$$

Wartość zadana w(t) = 1(t)



Nastawy wg Zieglera Nicholsa

$K_r = 0.6\ K_{kr}$, $T_i = 0.5\ T_{kr}$, $T_d = 0.125\ T_{kr}$

Zmodyfikowane nastawy

(dostrojenie / fine-tuning)

Ze **wzrostem** działania proporcjonalnego (**wzrostem** $P = K_r$) **maleje** t_1 i e_s, ale **rośnie** κ

Ze **wzrostem** działania całkującego (**wzrostem** $I = K_r/T_i$) **maleje** t_1, **rośnie** t_r i κ ($e_s = 0$)

Ze **wzrostem** działania różniczkującego (**wzrostem** $D = K_r T_d$) **maleje** t_r oraz κ