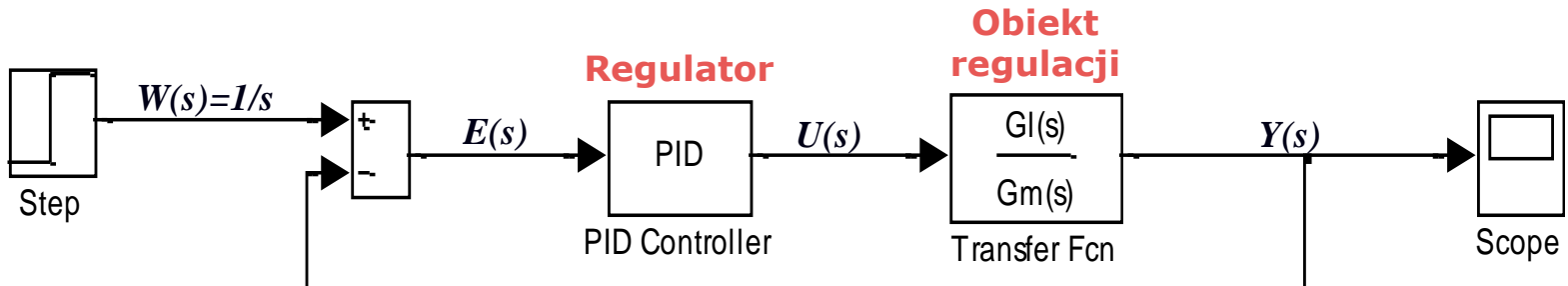


# **Synteza układów automatycznej regulacji**

## **Dobór i strojenie regulatorów z rodziny PID**

# Układ automatycznej regulacji



Block Parameters: PID Controller

PID Controller

This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune...' button (requires Simulink Control Design).

Controller: PID Form: Parallel

Time domain:

Continuous-time

Discrete-time

Main PID Advanced Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: internal [Compensator formula](#)

Proportional (P): 1

Integral (I): 1

Derivative (D): 0

Filter coefficient (N): 100

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

Tune...

Initial conditions

Source: internal

Integrator: 0

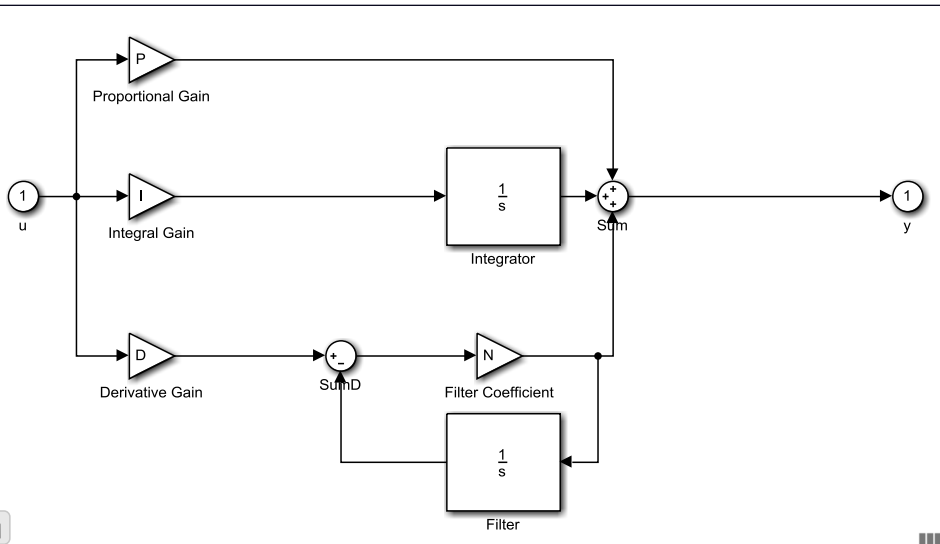
Filter: 0

External reset: none

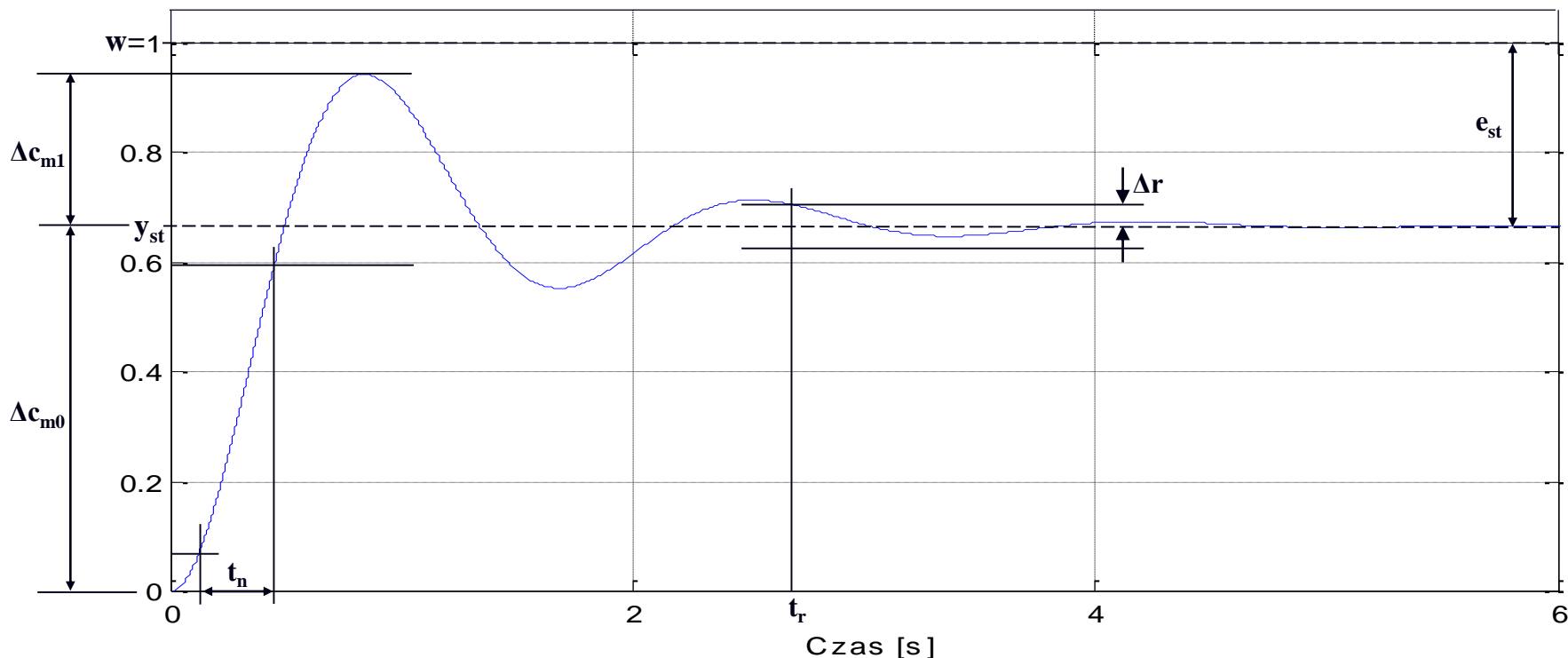
Ignore reset when linearizing

Enable zero-crossing detection

OK Cancel Help Apply



# Wartość zadana $w(t) = 1(t)$



**Czas narastania  $t_n$**  – czas, w ciągu którego wartość odpowiedzi układu zmienia się w granicach 10 ÷ 90% 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  $\Delta r = 3 \div 5\% y_{st}$

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

**Błąd statyczny (błąd w stanie ustalonym)  $e_{st} = w - y_{st}$**

# Przykład: Odpowiedź skokowa

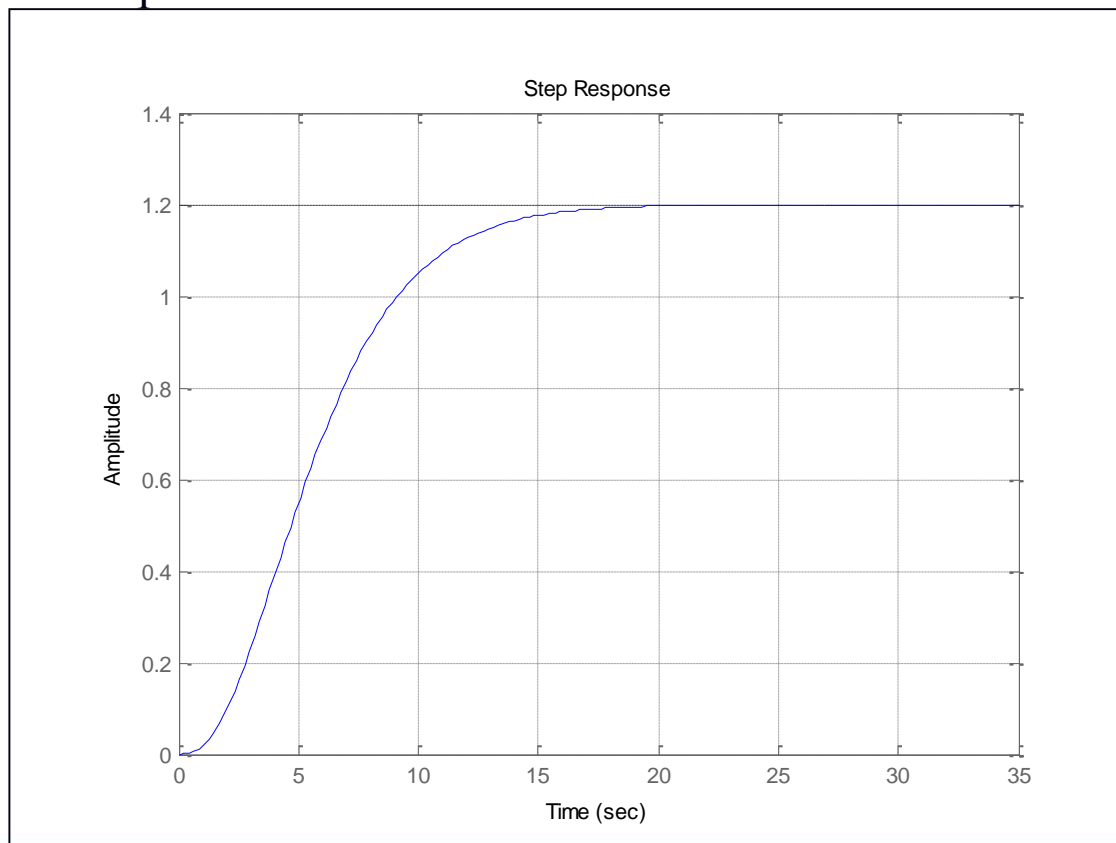
Obiekt inercyjny III rzędu:

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

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

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

Odpowiedź skokowa:



Wartość zadana:  $w(t) = 1(t)$

Regulator PID:

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

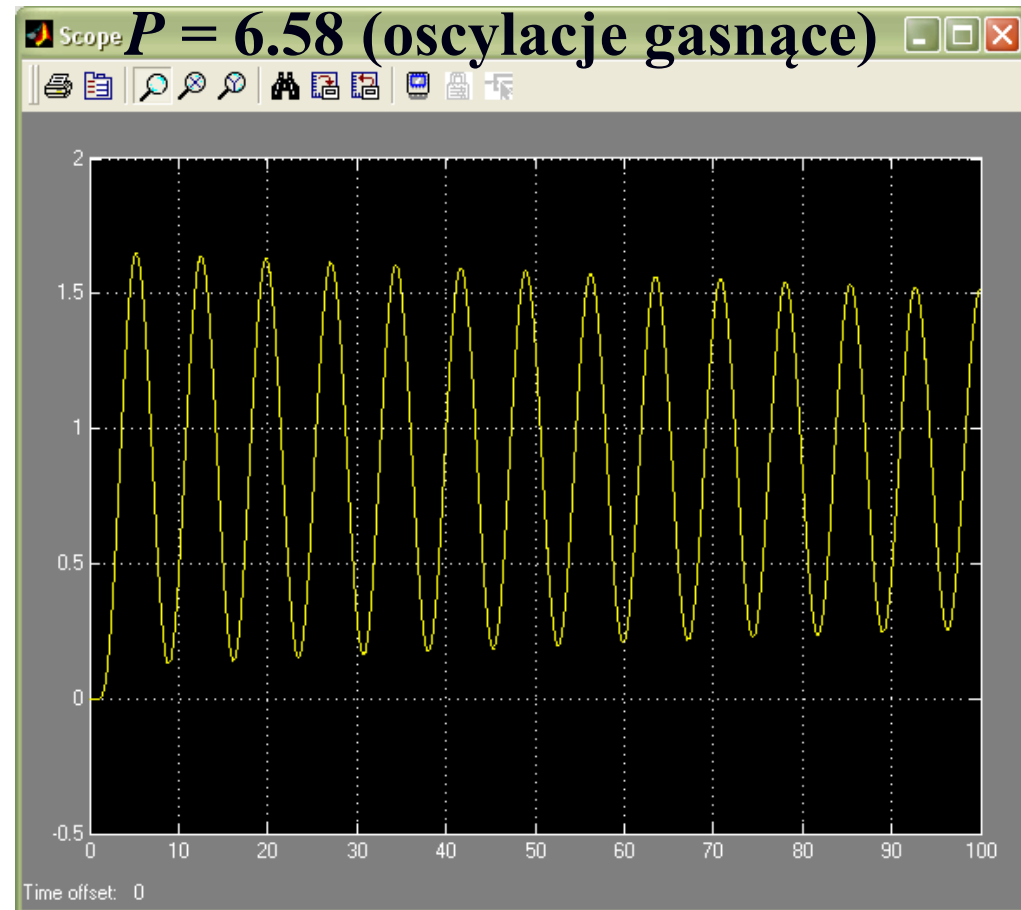
Przyjmujemy:

$$I = 0$$

$$D = 0$$

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

$$P \neq 0$$



Oscylacje krytyczne:

$$P = 6.67$$

$$I = 0$$

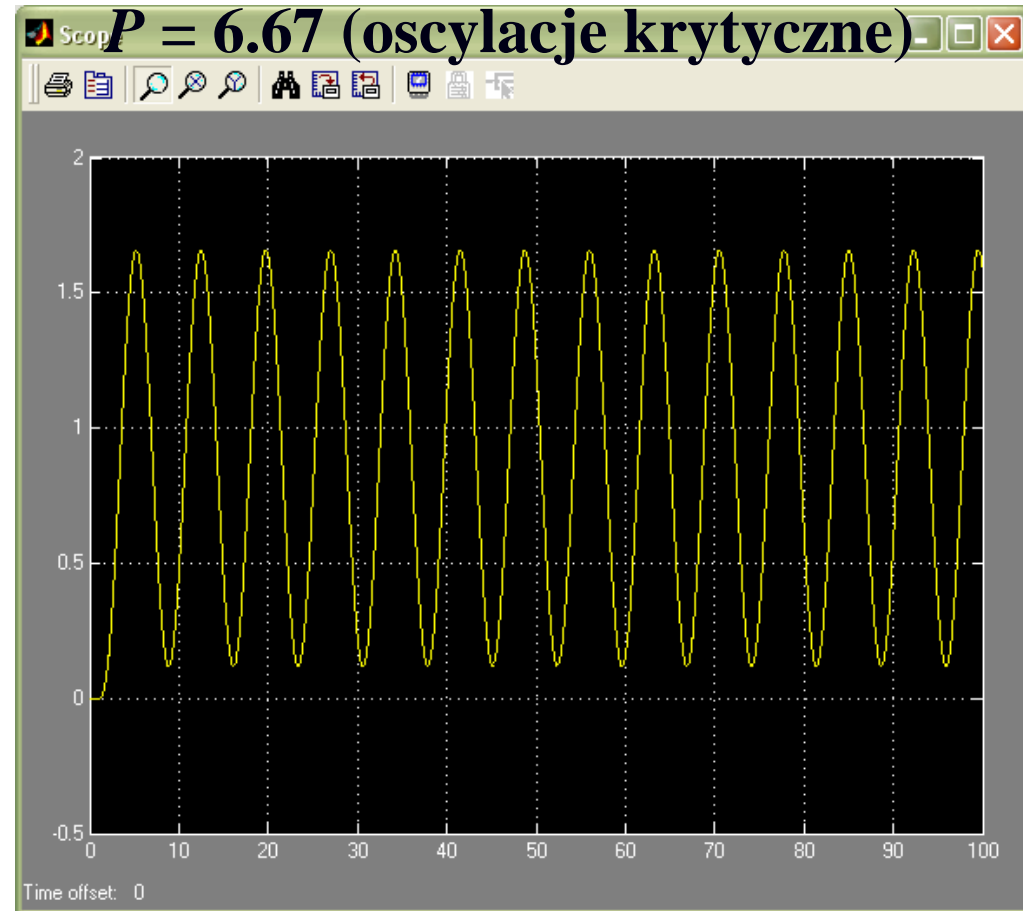
$$D = 0$$

$$K_{kr} = P = 6.67$$

(krytyczne wzmocnienie regulatora)

$$T_{kr} = 7.25$$

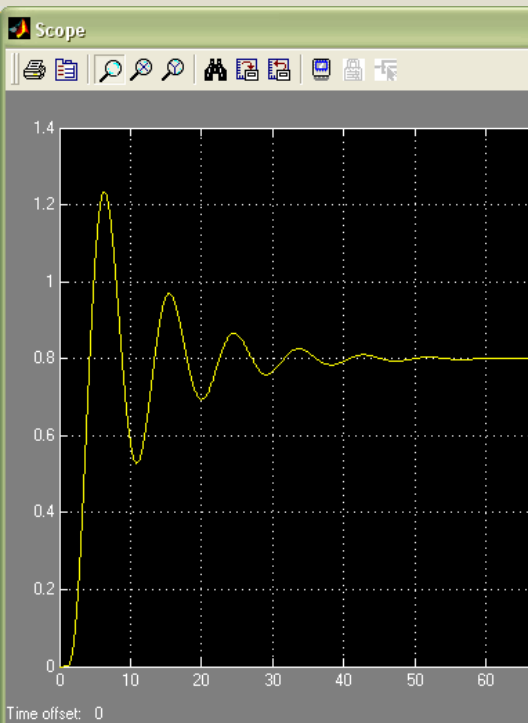
(okres drgań krytycznych)



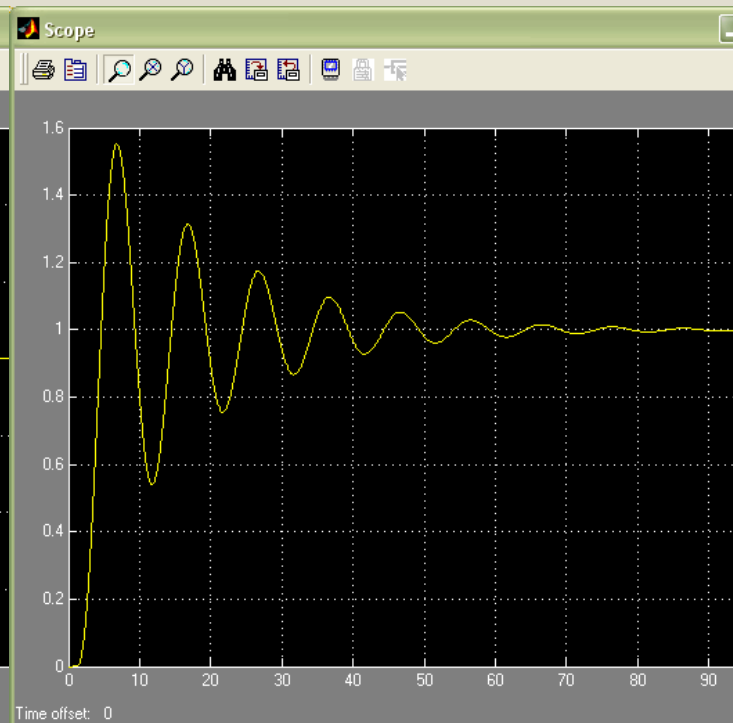
# Metoda Zieglera-Nicholsa

Typ regulatora	$K_r$	$T_i$	$T_d$
<b>P</b>	$0.5 K_{kr}$	–	–
<b>PI</b>	$0.45 K_{kr}$	$0.85 T_{kr}$	–
<b>PID</b>	$0.6 K_{kr}$	$0.5 T_{kr}$	$0.125 T_{kr}$

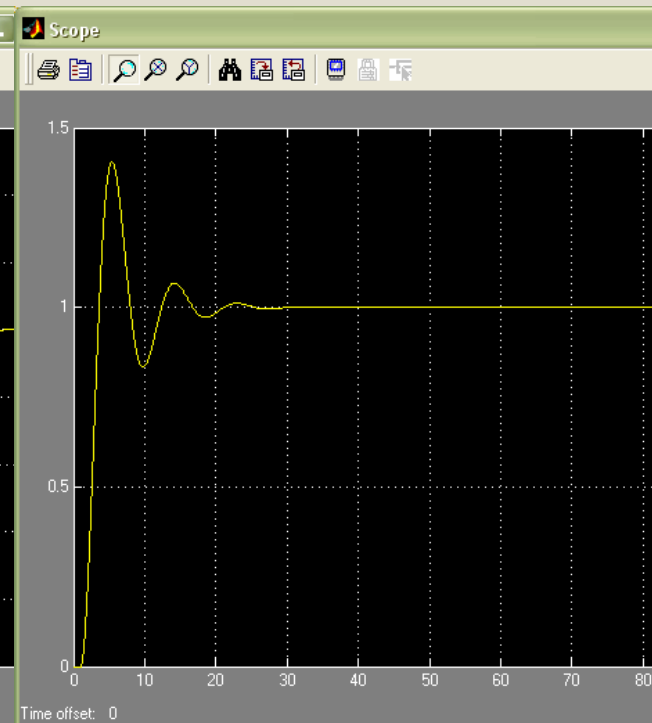
$$G_{PID}^r = K_r \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{Ts + 1} \right)$$



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 transmitancji w *Simulinku*:

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

Zależności:

$$P = K_r$$

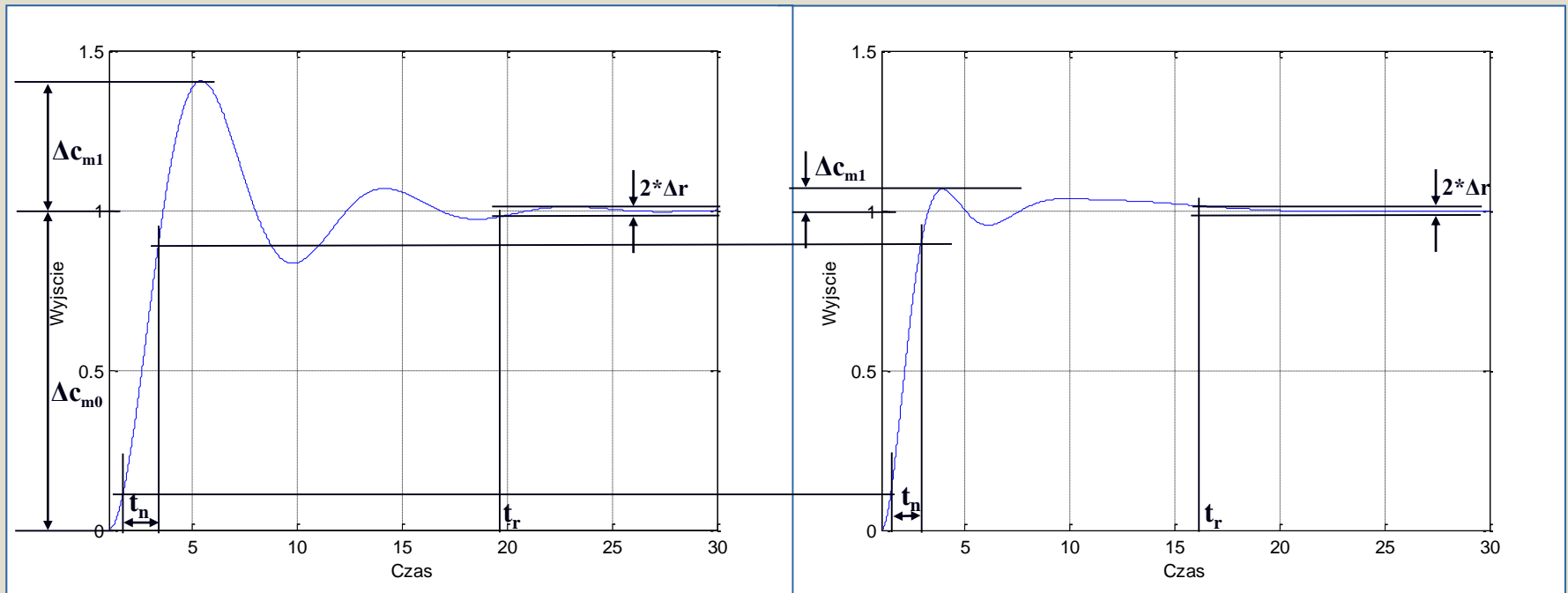
$$I = \frac{K_r}{T_i}$$

$$D = K_r T_d$$

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



Wartość zadana  $w(t) = 1(t)$



Nastawy wg Zieglera Nicholasa

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

Zmodyfikowane nastawy

(dostrojenie / fine-tuning)

Ze **wzrostem** działania proporcjonalnego (**wzrostem**  $P = K_r$ ) **maleje**  $t_n$  i  $e_s$ , ale **rośnie**  $\kappa$

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

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