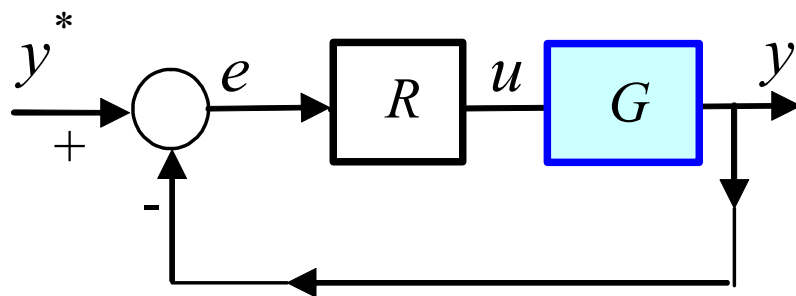


Projektowanie UR z regulatorem PID

1. Założenia projektowe, wybór układu i regulatora

2. Dobór nastaw - zapewnienie stabilności

- Obiekt/układ jest stabilny, jeżeli jego odpowiedź na wymuszenie (zakłócenie) o ograniczonej wartości jest ograniczona
- Typowy problem: stabilny obiekt i stabilny regulator
Zadanie: dobrać parametry regulatora aby UR był stabilny
- Ogólniejszy problem: stabilny/niestabilny obiekt i regulator
Zadanie: dobrać parametry regulatora aby UR był stabilny

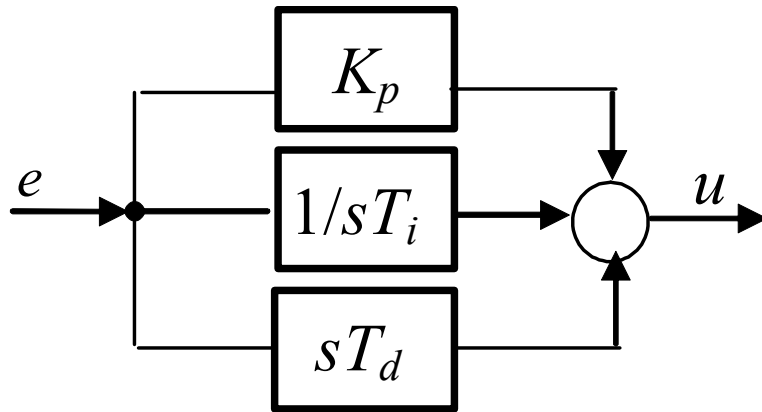


3. Ocena jakości – pomiar wskaźników jakości

4. Optymalizacja – szybciej i dokładniej

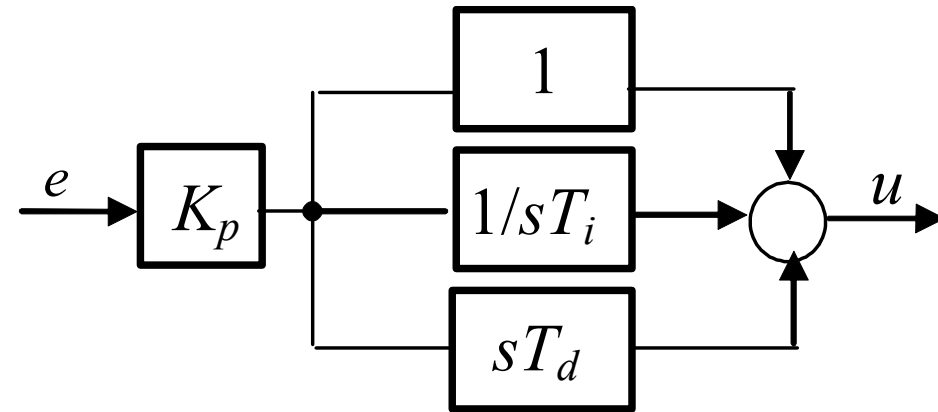
Regulator PID: struktura i nastawy

PID-IND



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

PID-ISA



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

Simulink: PID Parallel

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

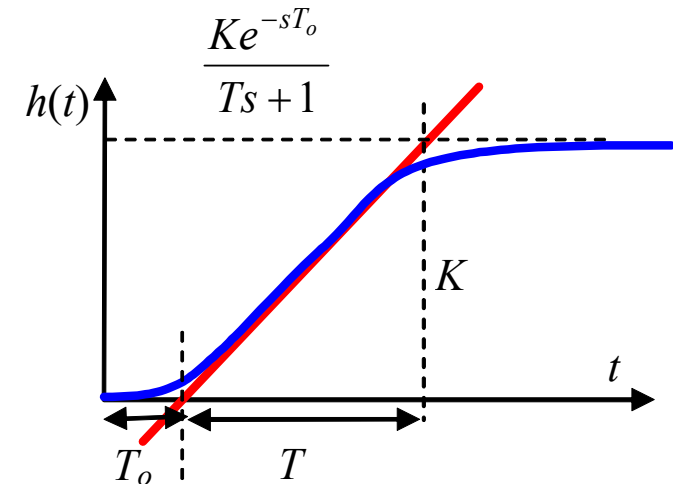
Simulink: PID ideal

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

Dobór nastaw PID (auto-tuning, samonastrajanie)

- 1 metoda Zieglera-Nicholsa (odpowiedzi skokowej)
 - identyfikacja modelu (przy otwartej pętli)
 - nastawy wg tabel dla różnych klas obiektów

Regulator	K_p	T_i	T_d
PI	$\frac{0,9T}{KT_o}$	$3,33T_o$	
PID	$\frac{1,2T}{KT_o}$	$2T_o$	$0,5T_o$

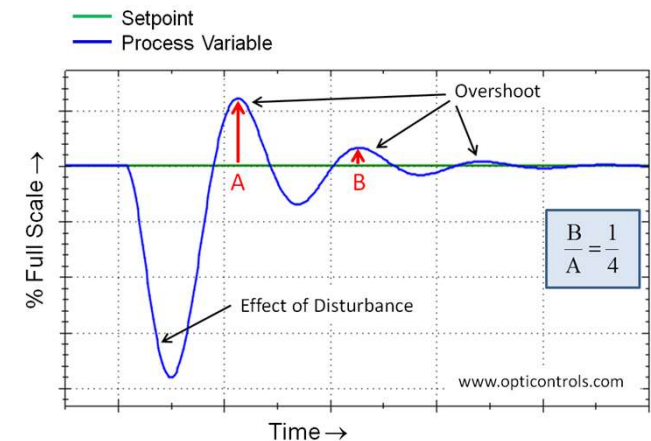


Metoda QDR (Quarter-Decay Ratio)

- każde następne przeregulowanie ma amplitudę 4 razy mniejszą od poprzedniej

Uwagi:

- Eksperyment Zieglera-Nicholsa (1942) zautomatyzowany w latach '70
- (+) prosty eksperyment
- (-) identyfikacja modelu obiektu przy rozwartej pętli regulacji
- **PID-kaskadowy (interacting)**
- A jeśli $T_o \approx 0$?



Dobór nastaw PID (auto-tuning, samonastrajanie)

Ziegler-Nichols [Pid controllers; Astrom; Tab4.1]

	K_p	T_i	T_d
P	$1/a$		
PI	$0.9/a$	$3T_o$	
PID	$1.2/a$	$2T_o$	$T_o/2$

$$\frac{Ke^{-sT_o}}{Ts+1}$$

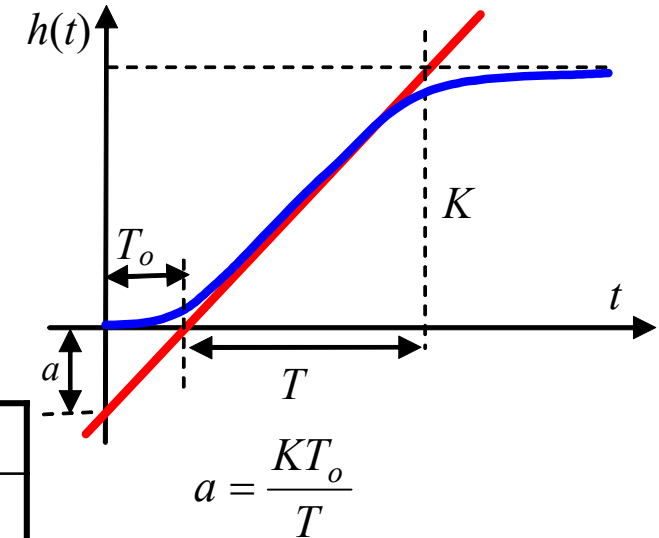
PID kaskadowy (interacting)

Chien, Hrones, Reswick [Pid controllers; Astrom; Tab4.4]

Przereg.	0%			20%		
	K_p	T_i	T_d	k_p	T_i	T_d
P	$0.3/a$			$0.7/a$		
PI	$0.35/a$	$1.2T$		$0.6/a$	T	
PID	$0.6/a$	T	$0.5T_o$	$0.95/a$	$1.4T$	$0.47T_o$

Cohen - Coon [Pid controllers; Astrom; Tab4.8]

Reg.	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{1}{a} \left(1 + \frac{0.35\tau}{1-\tau} \right)$		
PI	$\frac{0.9}{a} \left(1 + \frac{0.92\tau}{1-\tau} \right)$	$\frac{3.3-3.0\tau}{1+1.2\tau} T_o$	
PD	$\frac{1.24}{a} \left(1 + \frac{0.13\tau}{1-\tau} \right)$		$\frac{0.27-0.36\tau}{1-0.87\tau} T_o$
PID	$\frac{1.35}{a} \left(1 + \frac{0.18\tau}{1-\tau} \right)$	$\frac{2.5-3.0\tau}{1-0.39\tau} T_o$	$\frac{0.37-0.37\tau}{1-0.81\tau} T_o$



$$\tau = \frac{T_o}{T_o + T}$$

Dobór nastaw PID (auto-tuning, samonastrajanie)



► 2 metoda Zieglera-Nicholsa (metoda cyklu granicznego)

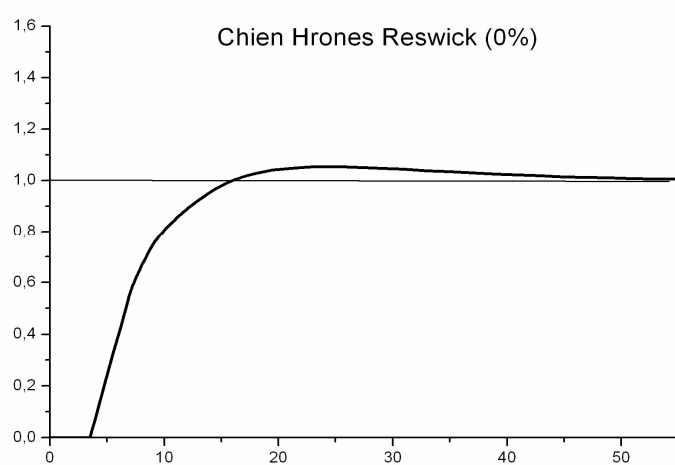
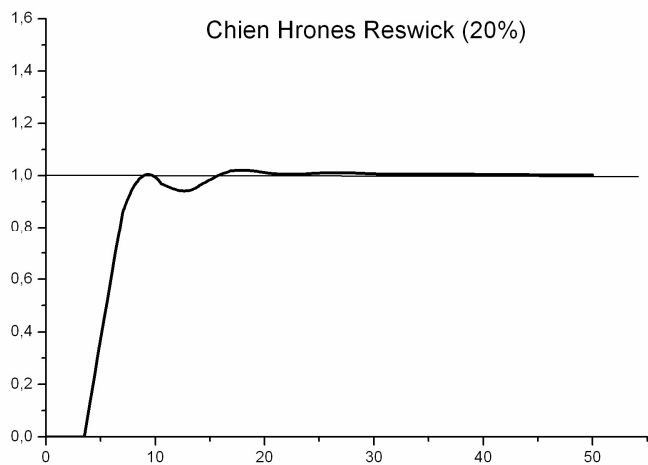
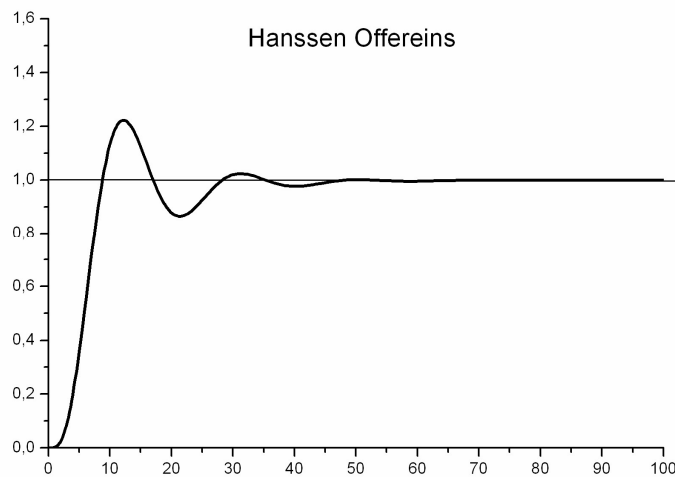
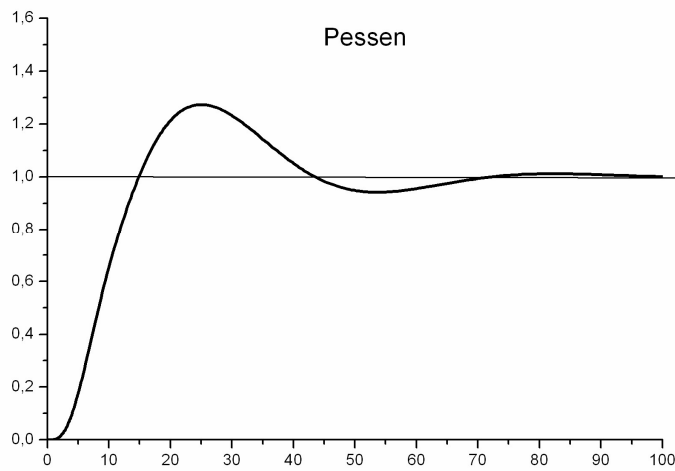
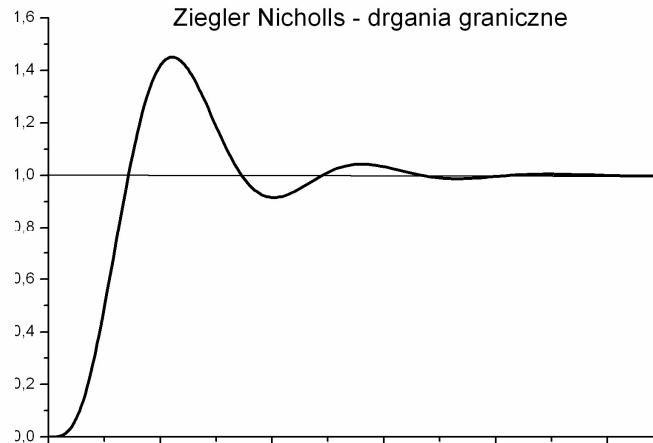
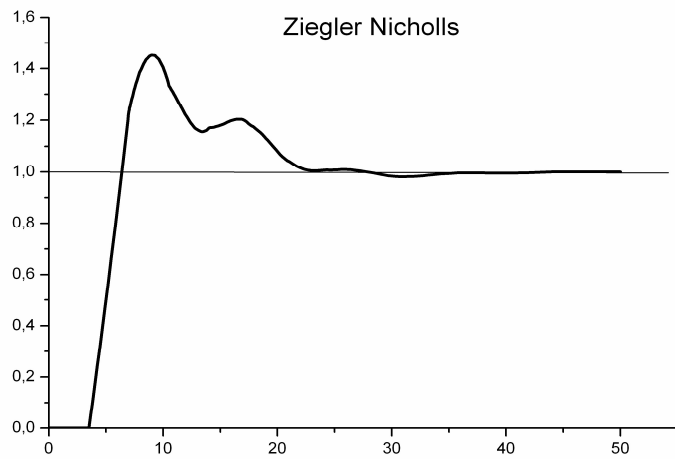
- nastaw działanie proporcjonalne
- zwiększaj wzmacnienie aż odpowiedź na skokowe wymuszenie to oscylacje o stałej amplitudzie
- odczytaj okres oscylacji
- nastawy wg wzorów dla różnych regulatorów

Regulator	k_p	T_i	T_d
P	$0,5k_{pkryt}$		
PI	$0,45k_{pkryt}$	$0,85T_{osc}$	
PID	$0,6k_{pkryt}$	$0,5T_{osc}$	$0,12T_{osc}$

Dobre wyniki gdy
 $2 < k \cdot k_{pkryt} < 20$ (gdzie k obiektu)

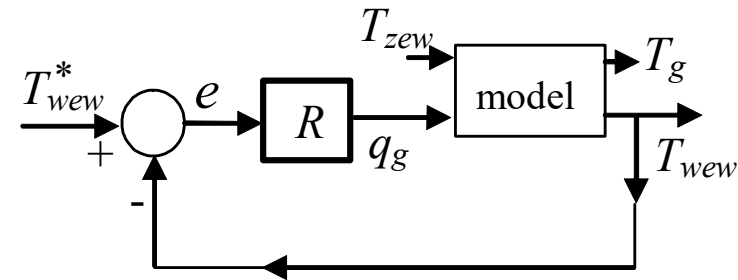
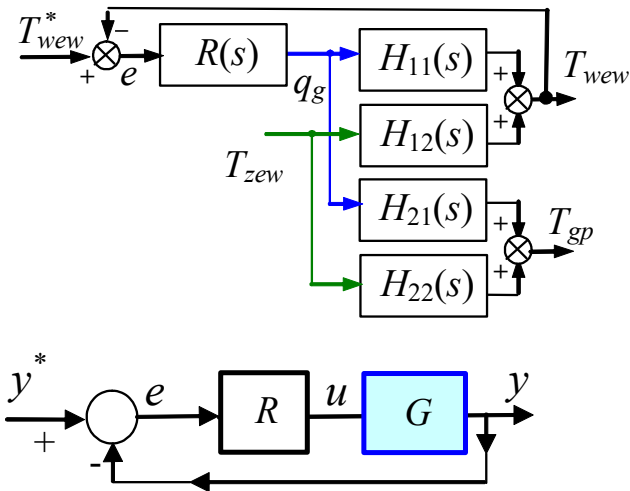
Uwagi:

- + bez rozwierania pętli
- + **PID kaskadowy (interacting)**
- konieczność wprowadzania układu w stan oscylacji



Dobór nastaw PID

Która transmitancja jest potrzebna (ma być identyfikowana)?



Jaka struktura regulatora (w metodzie, na obiekcie)?

Przeliczenie

$$R_{IND} = k_p + \frac{1}{t_i s} + t_d s$$

$$R_{IND} = k_p + k_i \frac{1}{s} + k_d s$$

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

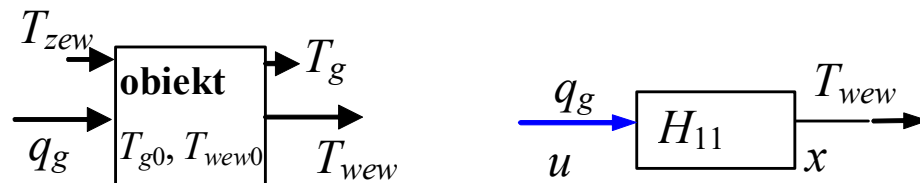
$$R_{ISA} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

$$R_{ISA} = K_p \left(1 + K_i \frac{1}{s} + K_d s \right)$$

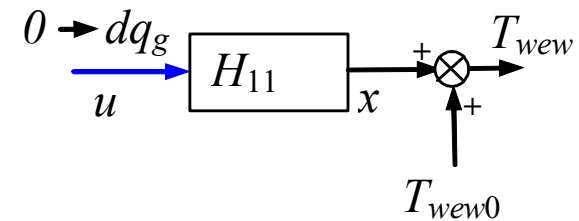
$$R_{id} = P \left(1 + I \frac{1}{s} + D \frac{Ns}{s + N} \right)$$

Badania UR na modelu i na obiekcie

1) Identyfikacja i weryfikacja modelu (H_{11})

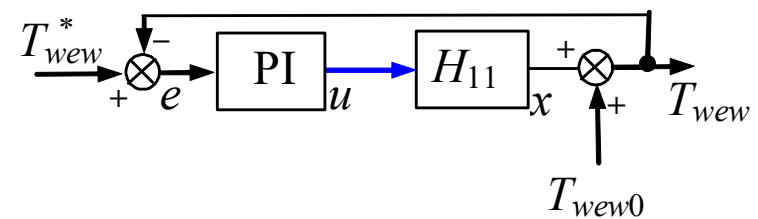
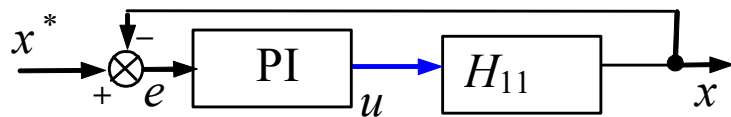


Uwagi do realizacji

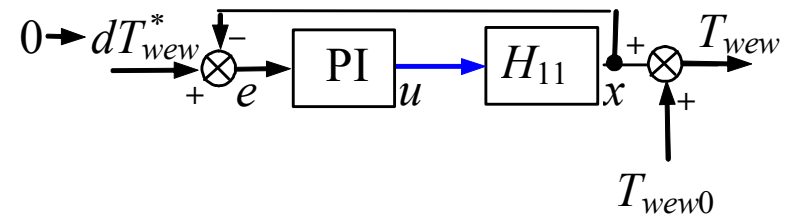
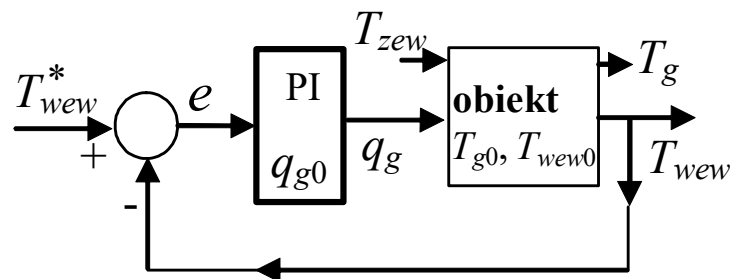


2) Projekt UR na modelu → nastawy

3) Badania UR na modelu



4) Aplikacja i badania UR na obiekcie



5) Wykresy PV i CV – ocena jakości

Simulink -> Continuous -> PID Controller

Projekt na modelu
Aplikacja na obiekcie

The image shows a MATLAB Simulink model window titled 'test_scd4d'. The model contains a 'Step' block, an 'Add' block, a 'PID Controller' block (circled in red), a 'Transfer Fcn' block with the transfer function $\frac{1}{s+1}$, and a 'Scope' block. A blue label 'Matlab + Simulnik' is placed over the PID Controller block in the model.

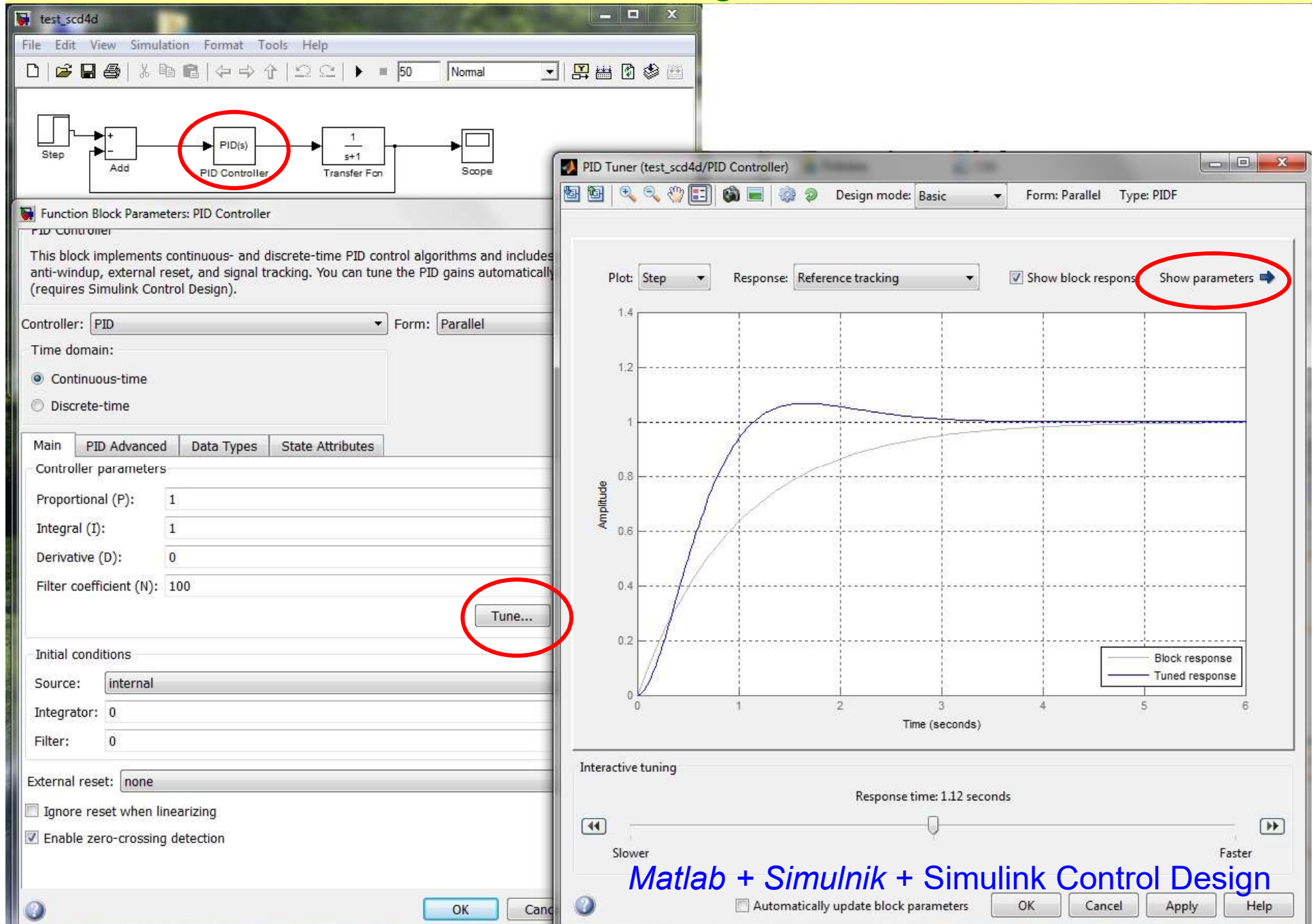
The 'Function Block Parameters: PID Controller' window is open, showing the configuration for the PID Controller. The 'Controller' is set to 'PID' and the 'Form' is set to 'Parallel'. The 'Time domain' is set to 'Continuous-time'. The 'Main' tab is selected, showing the 'Controller parameters' section. The parameters are: Proportional (P): 1, Integral (I): 1, Derivative (D): 0, and Filter coefficient (N): 100. The 'Tune...' button is circled in red. A blue label 'Wybór struktury' is placed over the 'Continuous-time' radio button. Another blue label 'Uruchomienie PID Tuner (jeśli jest toolbox)' is placed over the 'Tune...' button.

The 'Compensator formula' section shows the transfer function:

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

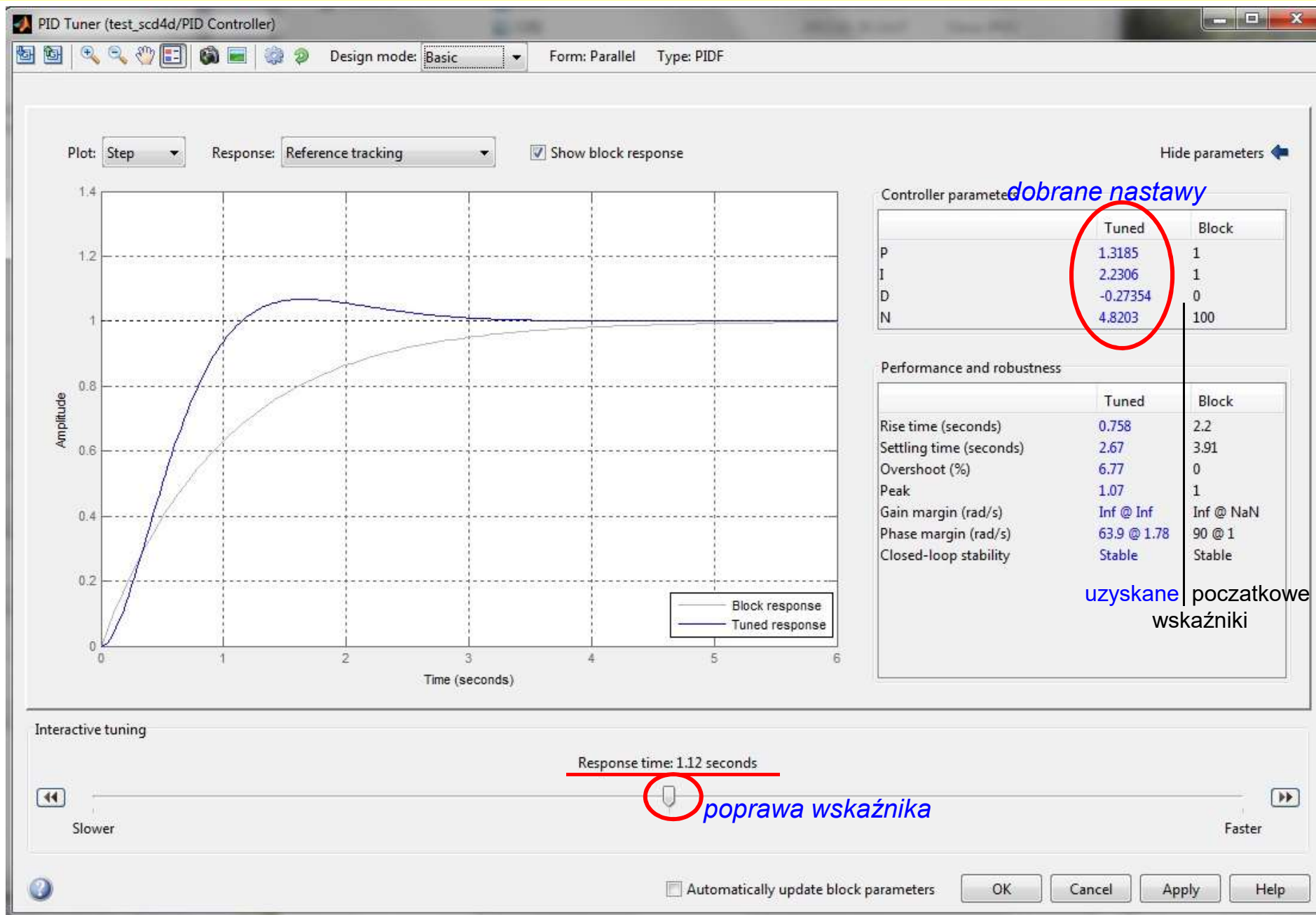
The 'Initial conditions' section shows: Source: internal, Integrator: 0, and Filter: 0. The 'External reset' is set to 'none'. The 'Ignore reset when linearizing' checkbox is unchecked, and the 'Enable zero-crossing detection' checkbox is checked.

Simulink Control Design -> PID Tuner



Matlab + Simulink + Simulink Control Design

Simulink Control Design -> PID Tuner



Simulink Control Design -> PID Tuner

