

Ocena działania układu regulacji

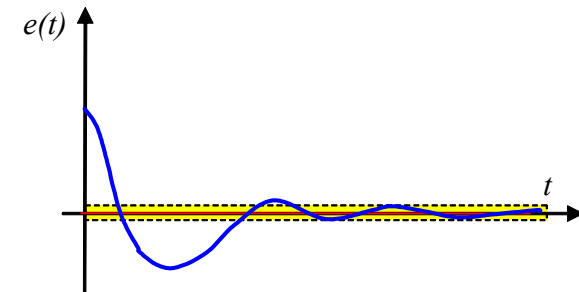
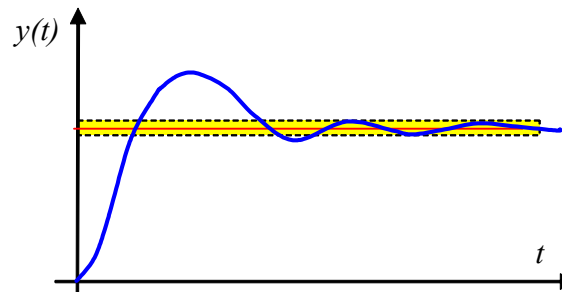
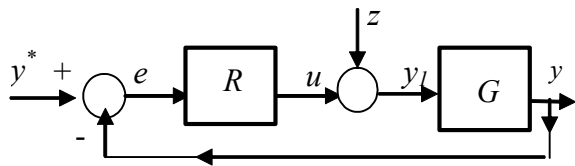
1) Ocenić stabilność:

- określić zapas stabilności (np. na charakterystykach częstotliwościowych)
- ocenić wrażliwość na zmianę nastaw

2) Ocenić jakość – wyznaczyć (zmierzyć) wartości wskaźników:

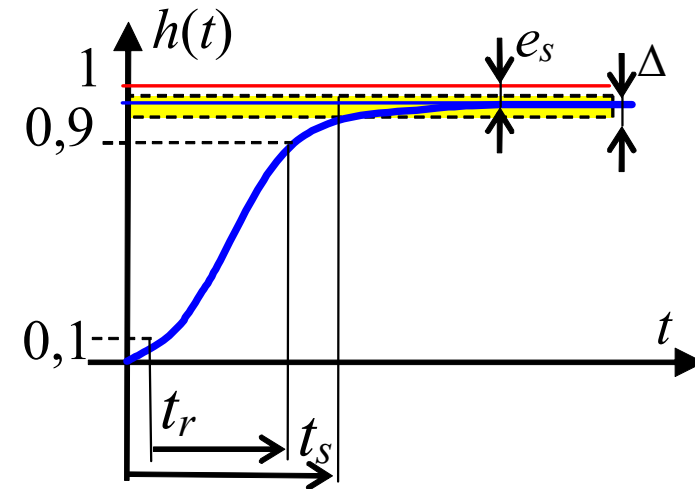
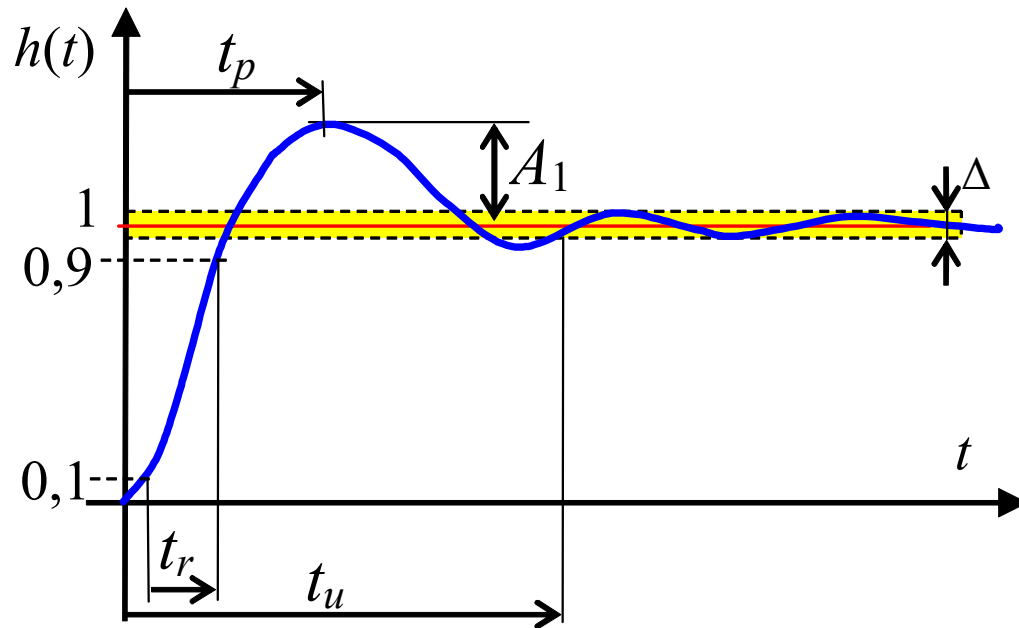
- błąd statyczny (ustalony, końcowy)
- błędy dynamiczne (błąd maksymalny, czas regulacji, ...)
- inne, np. wskaźniki całkowe, licznik energii

Punkt pomiaru



Ocena jakości - wskaźniki bezpośrednie

definicje



e_s, e_k – uchyb ustalony (końcowy)
 A_1 – przeregulowanie (e_1 – max uchyb dynamiczny)
 t_p – czas pierwszego przeregulowania
 t_r – czas narostu
 t_u – czas regulacji (czas ustalania)
 Δ – dokładność pomiarowa

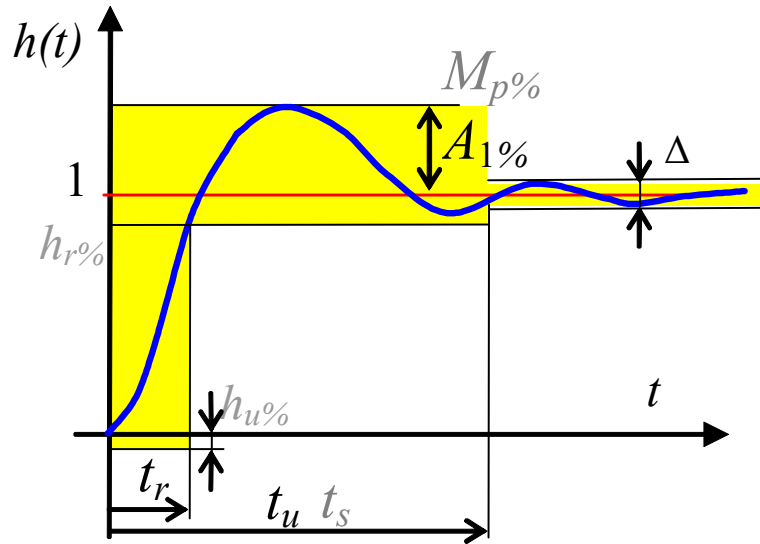
e_s – steady-state error
 M_p – overshoot
 t_p – peak time
 t_r – rise time
 t_s – settling time
 $\Delta = \pm 1\% (\pm 5\%)$

Matlab: step

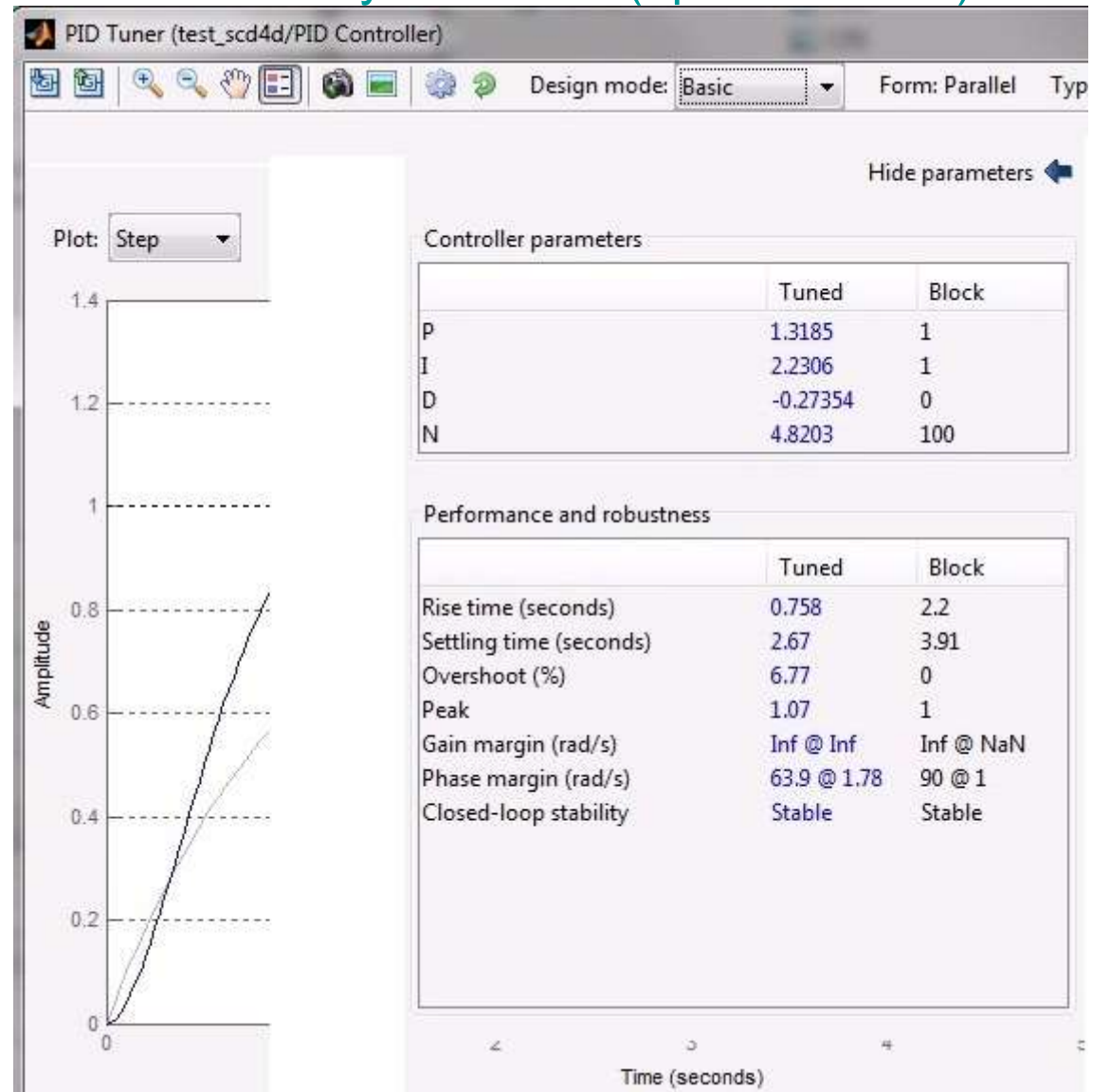
Ocena jakości - wskaźniki bezpośrednie

projektowanie

wyznaczanie (np. PID Tuner)

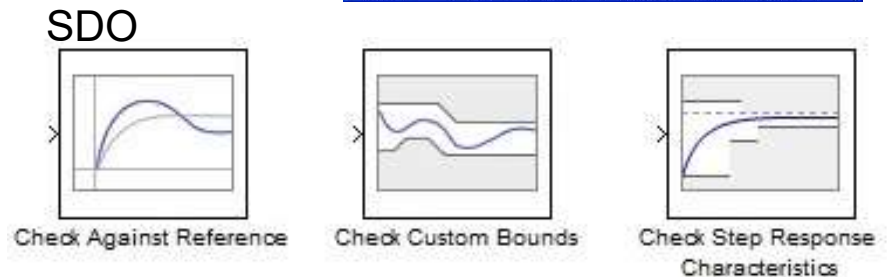
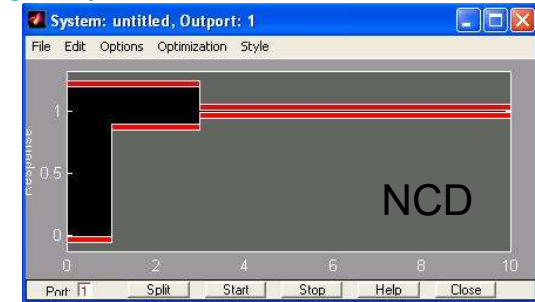
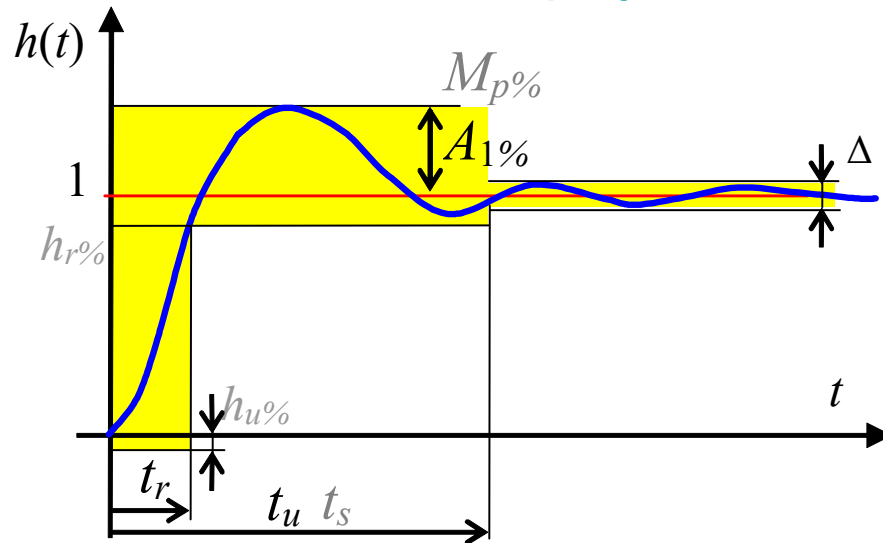


- Settling time $t_s=3$
- Percent settling $\Delta=1$
- Percent overshoot $M_p\%=20$
- Rise time $t_r=1$
- Percent rise $h_{r\%}=90$
- Percent undershoot $h_{u\%}=1$



Ocena jakości - wskaźniki bezpośrednie

projektowanie (metoda symulacyjna)



Settling time $t_s = 3$
 Percent settling $\Delta = 1$
 Percent overshoot $M_p\% = 20$

Rise time $t_r = 1$
 Percent rise $h_r\% = 90$
 Percent undershoot $h_u\% = 1$

Matlab: *Nonlinear Control Design / NCD Output*
Simulink Response Optimization / Signal Constrained Block
Simulink Design Optimization / Desired Step Response

Ocena jakości - wskaźniki całkowe

definicje

Integral Error

$$I_{IE} = \int_0^{\infty} e(t) dt$$

I. of Squared Error

$$I_{ISE} = \int_0^{\infty} e^2(t) dt$$

$$\int_0^{\infty} (e^2(t) + a_1 \dot{e}^2(t) + \dots) dt$$

I. of Absolute Error

$$I_{IAE} = \int_0^{\infty} |e(t)| dt$$

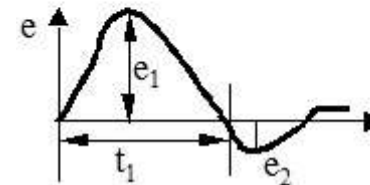
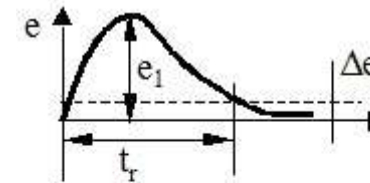
I. of Absolute Error
Multiplied by Time

$$I_{ITAE} = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt$$

I. of Absolute Error
Multiplied by S. Time

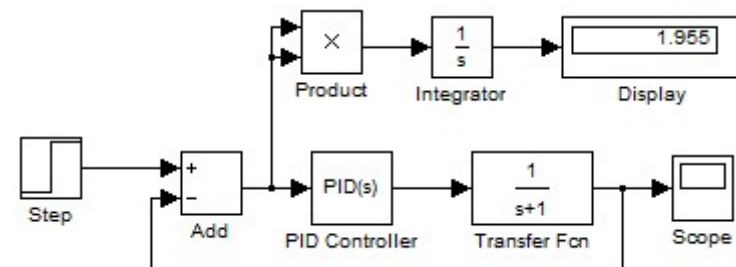
$$I_{ISTAE} = \int_0^{\infty} t^2 |e(t)| dt$$

UR z/bez przeregulowania



Wartość wskaźnika całkowego

(wartość końcowa niezależna od czasu symulacji)



Ocena jakości regulacji:

I. Kryteria dla standardowego sygnału zewnętrznego

- bezpośrednie parametry odpowiedzi skokowej

- uchyb ustalony
- czas regulacji
- przeregulowanie (max uchyb dynamiczny)
- oscylacyjność

- całkowite wskaźniki odpowiedzi skokowej

- IE, ISE, ISEG, IAE, ITAE

II. Kryteria uniwersalne

- położenie pierwiastków
- parametry charakterystyk częstotliwościowych
 - układu zamkniętego
 - układu otwartego

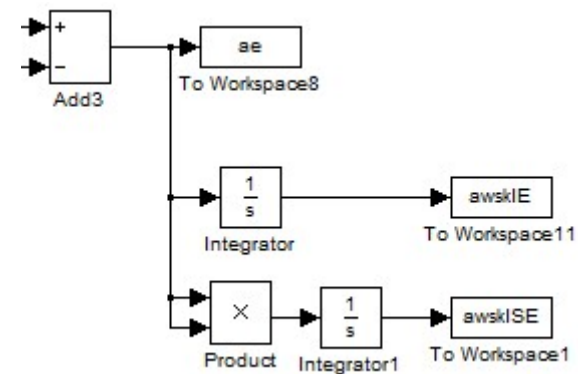
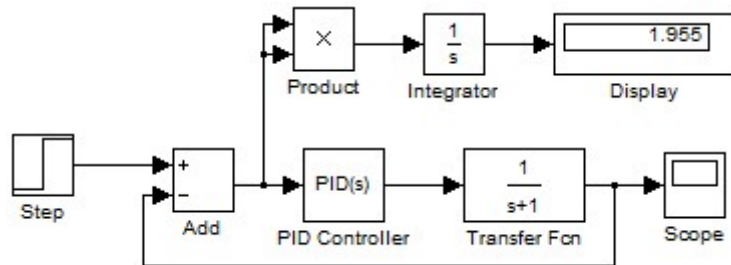
kryteria dla sygnału standardowego \Leftrightarrow kryteria uniwersalne

Proste zadania informatyczne

1. Wyznaczenie parametrów odpowiedzi skokowej

- przeregulowanie,
- czas regulacji (stabilizacji)

2. Wyznaczenie wskaźników całkowych



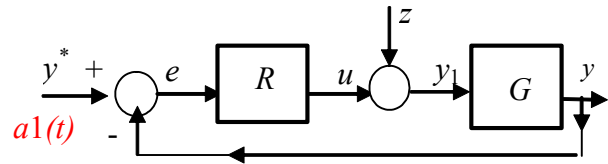
Uwagi:

- czasy liczymy od momentu wystąpienia zakłócenia
- dla wskaźników całkowych podajemy wartości (nie wykresy)
- wartość wskaźnika całkowego nie zależy od czasu symulacji
- czas rejestrowany podczas symulacji nie jest „równomierny” (zmiennie-krokový algorytm całkowania numerycznego)

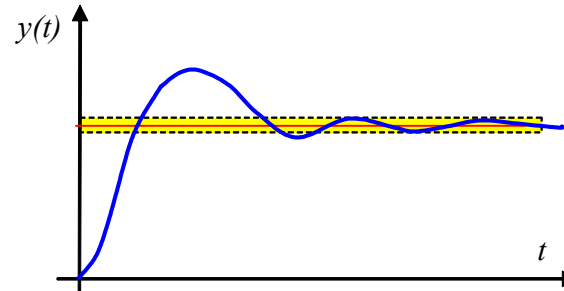
Ocena jakości – punkt pomiaru i zakłócenie

Podstawowe: skok y^* ,

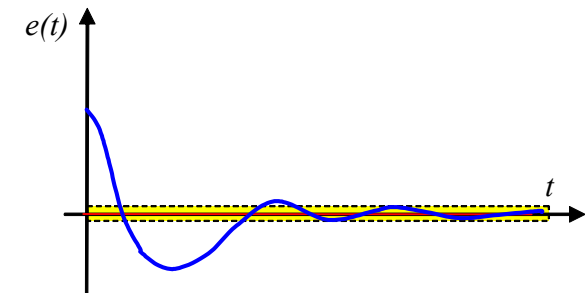
Jak układ odwzorowuje wartość zadaną?



reakcja y (PV)

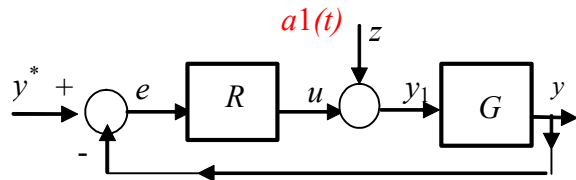


reakcja e

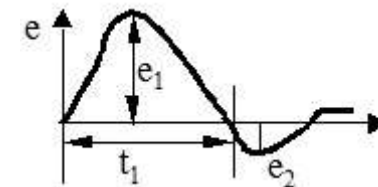
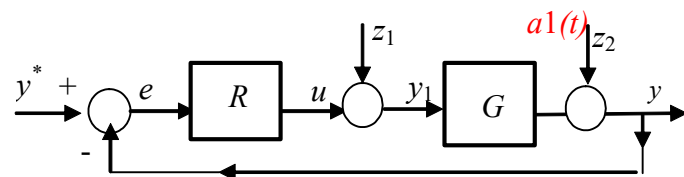
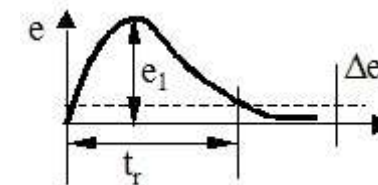


Inne: skok z ,

Jak układ tłumia zakłócenia działające na obiekt?



reakcja e

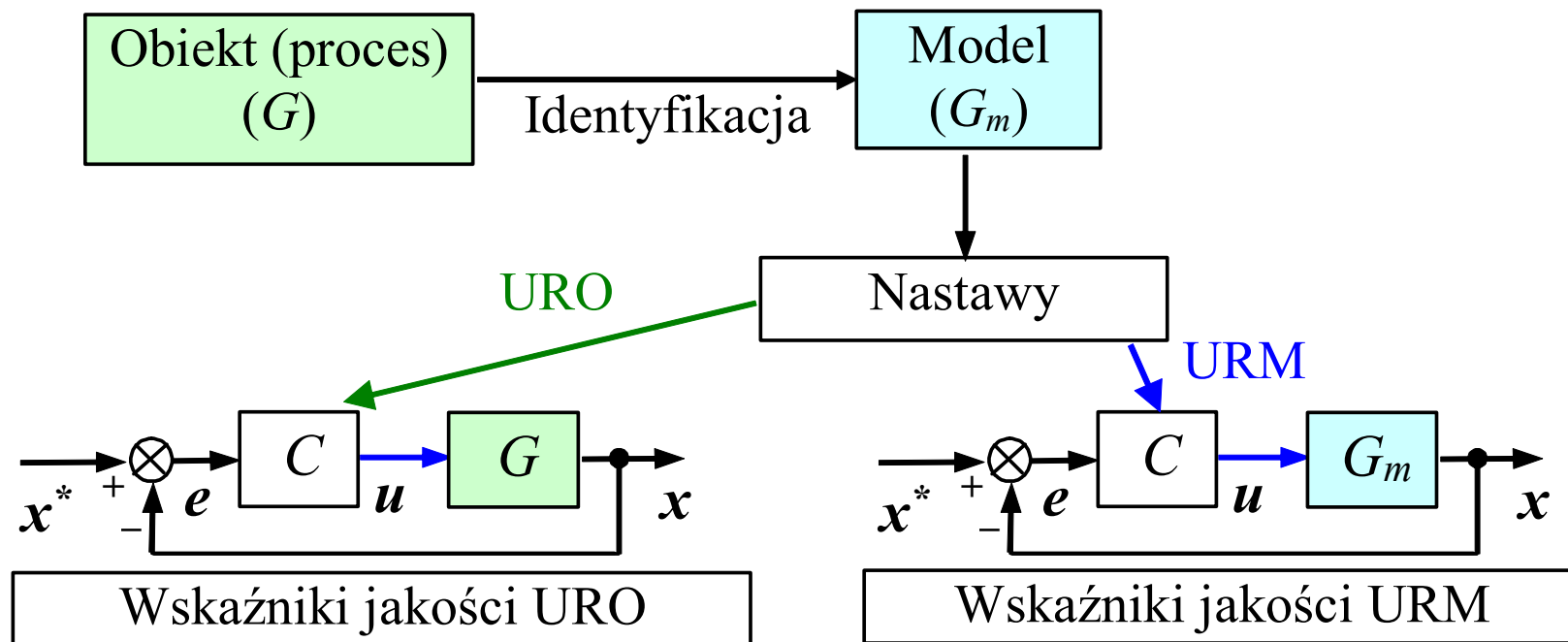


Czy regulacja jest możliwa (realna)? Obserwacja CV

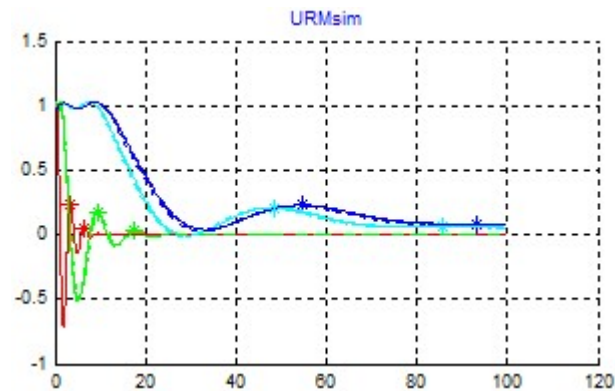
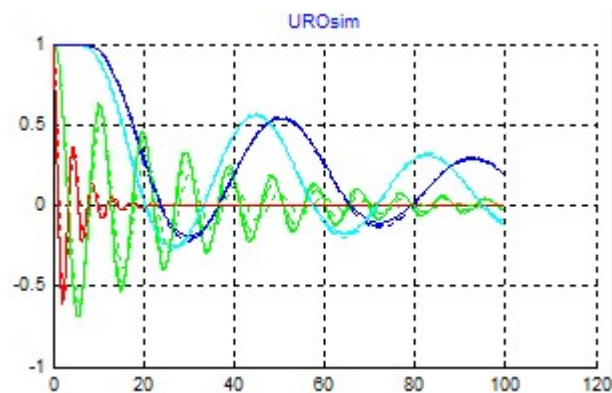
Ocena działania układu regulacji

- 1) Stabilność
- 2) Badanie reakcji na skokową zmianę wartości zadanej (SP) i/lub skokową zmianę zakłócenia (z)
- 3) Przebieg zmiennej procesowej (PV) i lub uchybu (e) i pomiar wskaźników jakości
 - błąd statyczny (ustalony, końcowy)
 - czas regulacji
 - przeregulowanie (oscylacyjność, QDR)
- 4) Przebieg zmiennej sterującej (CV) i ocena realności sterowania
- 5) Ocena stabilności i wrażliwości
 - ocenić wrażliwość na zmianę nastaw
 - np. jak może zmienić się wartość wzmocnienia, aby układ zachował jakość
 - określić zapas stabilności
 - np. jak może zmienić się wartość wzmocnienia, aby układ zachował stabilność

Jakość układu regulacji

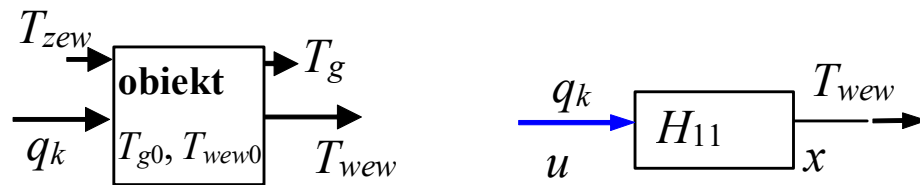


Przykład odpowiedzi układu regulacji z nastawami Zieglera-Nicholsa

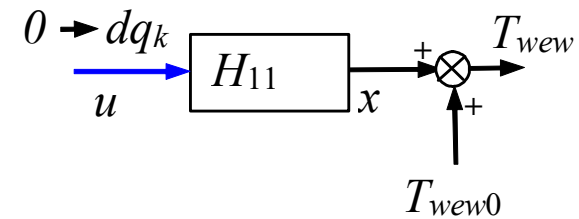


Badania UR na modelu i na obiekcie

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

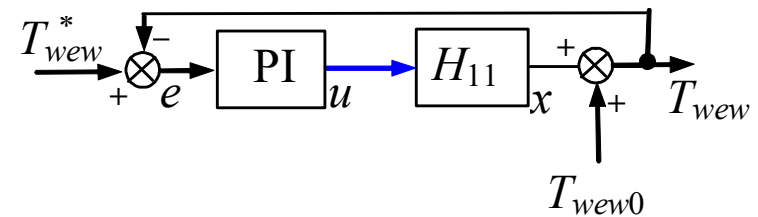
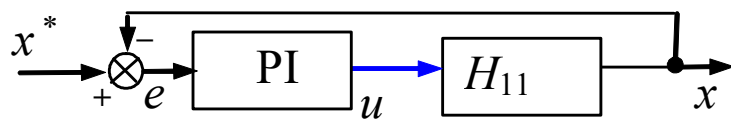


Uwagi do realizacji

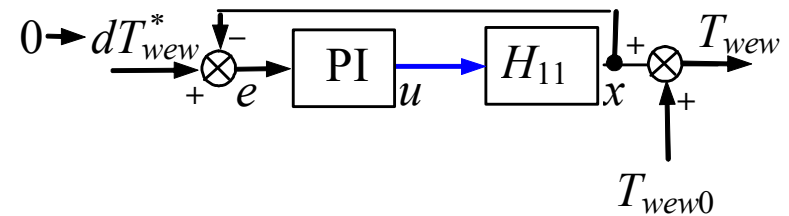
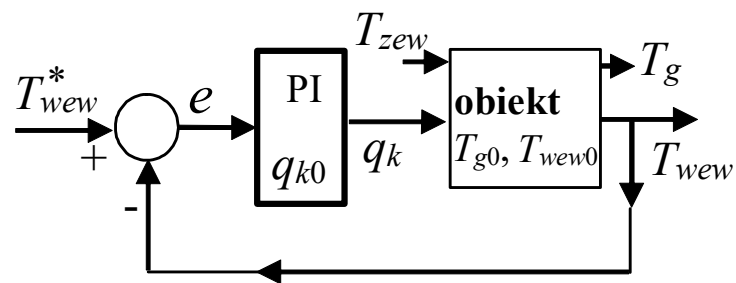


2) Projekt UR na modelu \rightarrow nastawy

3) Badania UR na modelu



4) Aplikacja i badania UR na obiekcie



5) Wykresy PV i CV – ocena jakości