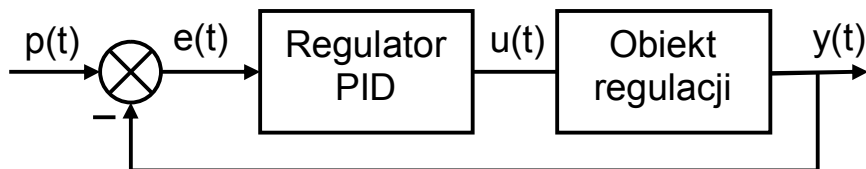


Modelowanie układu regulacji z regulatorem PID Dobór nastaw regulatora PID

Regulatory PID

Przy projektowaniu układów regulacji staramy się uzyskać jak najkrótszy czas regulacji, mały uchyb w stanie ustalonym oraz ograniczone przeregulowanie. Należy tu zauważyć, że jednoczesne spełnienie tych wymagań jest trudne i wymaga kompromisu. Aby uzyskać dużą dokładność w stanie ustalonym, współczynnik wzmocnienia układu otwartego musi być duży, co zazwyczaj prowadzi do dużych czasów regulacji lub wręcz wzbudzenia się układu. Występuje zatem przeciwieństwo między wymaganiami dokładności statycznej i stabilności.

Aby uzyskać poprawę jakości regulacji stosowane są regulatory. Jednym z nich jest regulator PID (rys. 1).



Rys. 1

W idealnym regulatorze PID sygnał wyjściowy $u(t)$ jest proporcjonalny do sumy sygnału wejściowego $e(t)$, jego całki oraz pochodnej. Transmitancja regulatora PID ma postać:

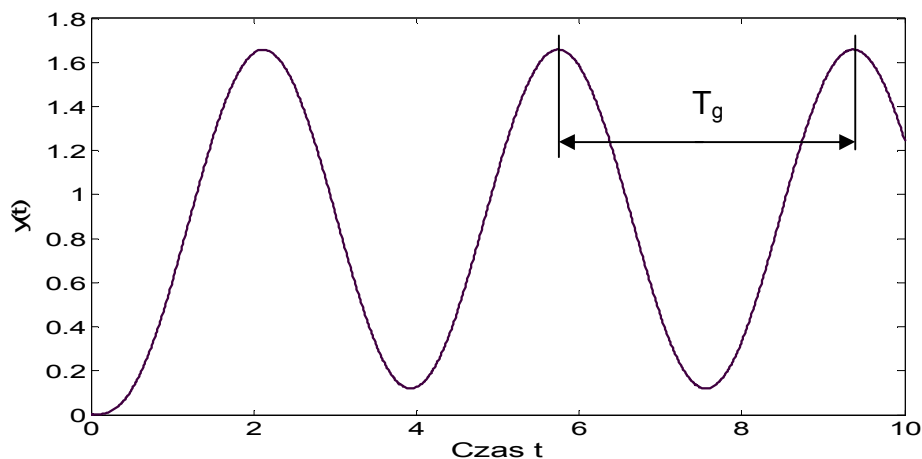
$$G_{\text{reg}}(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

czyli regulator PID zawiera trzy równoległe gałęzie o transmitancjach: k_p (proporcjonalną), $\frac{k_p}{T_i s}$ (całkującą) oraz $k_p T_d s$ (różniczkującą), gdzie:

- k_p - współczynnik wzmocnienia proporcjonalnego regulatora,
- T_i - stała całkowania,
- T_d - stała różniczkowania.

Dobór parametrów regulatora

Aby wyznaczyć parametry regulatora możemy wykorzystać regułę Zieglera-Nicholsa. Polega ona na badaniu układu regulacji (zamkniętego) z regulatorem typu P. Współczynnik wzmocnienia regulatora k_p zwiększany jest do wartości, przy której układ regulacji znajdzie się na granicy stabilności. Wówczas w odpowiedzi skokowej występują niezanikające oscylacje. Należy zmierzyć okres drgań T_g oscylacji (rys. 2). Wynik eksperymentu stanowi okres oscylacji T_g oraz graniczna wartość współczynnika wzmocnienia k_g .



Rys. 2

W zależności od tego jaki regulator (P, PI, PID) chcemy zastosować należy ustawić następujące wartości parametrów:

Regulator P $k = 0.5 k_g$

Regulator PI $k = 0.45 k_g$ $T_i = T_g / 1.2$

Regulator PID $k = 0.6 k_g$ $T_i = T_g / 2$ $T_d = T_g / 8$

Zadanie laboratoryjne

Obiektem regulacji jest układ trzech zbiorników wody ze swobodnym przepływem. Przyjęto oznaczenia: x_i - poziom wody w i -tym zbiorniku, gdzie: $i = 1, 2, 3$, $u(t)$ - strumień wody wpływający do pierwszego zbiornika. Sposób zmiany wektora stanu opisany jest następującym układem równań różniczkowych (model liniowy):

$$\begin{cases} C_1 \dot{x}_1(t) = -\frac{1}{R_1} [x_1(t) - x_2(t)] + u(t) \\ C_2 \dot{x}_2(t) = \frac{1}{R_1} [x_1(t) - x_2(t)] - \frac{1}{R_2} [x_2(t) - x_3(t)] \\ C_3 \dot{x}_3(t) = \frac{1}{R_2} [x_2(t) - x_3(t)] - \frac{1}{R_3} x_3(t) \end{cases}$$

gdzie: C_i - pole powierzchni lustra wody i - tego zbiornika,
 R_i - współczynnik charakteryzujący opory przepływu przez otwór odpływowy
 i - tego zbiornika ($i = 1, 2, 3$).

Równanie stanu zapisane w postaci wektorowej jest więc następujące:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}u(t)$$

gdzie:

$$\mathbf{x}(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{R_1 C_1} & \frac{1}{R_1 C_1} & 0 \\ \frac{1}{R_1 C_2} & -\frac{1}{R_1 C_2} - \frac{1}{R_2 C_2} & \frac{1}{R_2 C_2} \\ 0 & \frac{1}{R_2 C_3} & -\frac{1}{R_2 C_3} - \frac{1}{R_3 C_3} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{1}{C_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Poziom wody w zbiorniku trzecim stanowi sygnał wyjściowy. Równanie wyjścia ma postać:

$$y(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t)$$

gdzie:

$$\mathbf{C} = [0 \quad 0 \quad 1] \quad \mathbf{D} = [0]$$

Przyjęte równanie wyjścia oznacza, że mamy możliwość pomiaru bieżącego poziomu wody w trzecim zbiorniku (jest to sygnał wyjściowy obiektu sterowania).
 Zadaniem regulacji jest utrzymywanie stałego poziomu w trzecim zbiorniku.

Uwaga: Równanie stanu podane powyżej jest zlinearyzowanym równaniem modelu nieliniowego trzech zbiorników. Przyjęcie x_i jako poziomu wody w i – tym zbiorniku jest przybliżeniem (linearyzacji dokonano w punkcie równowagi układu przy stałym dopływie wody do pierwszego zbiornika, współrzędne stanu zostały zdefiniowane jako odchylenia poziomu wody w kolejnych zbiornikach od poziomów równowagi).

Zadanie laboratoryjne

1. Zbudować model układu zamkniętego. Zmieniając współczynnik wzmocnienia k_p regulatora P, znaleźć współczynnik wzmocnienia granicznego k_g oraz zmierzyć okres drgań układu T_g .
2. Wyznaczyć nastawy regulatorów: P, PI i PID.
Obliczenia i wyznaczone parametry regulatorów należy umieścić w pliku z danymi cw8_dane_nazwisko.
3. Zbudować model układu z regulatorem P.
Założyć $p(t)=p_0$ (wartość zadana poziomu wody w trzecim zbiorniku).
Zarejestrować p_0 i $y(t)$.
Wyznaczyć wartości czasu regulacji t_r , przeregulowania χ i uchybu ustalonego e_{ust} .
4. Zbudować model układu z regulatorem PI.
Założyć $p(t)=p_0$ (wartość zadana poziomu wody w trzecim zbiorniku).
Zarejestrować p_0 i $y(t)$.
Wyznaczyć wartości czasu regulacji t_r , przeregulowania χ i uchybu ustalonego e_{ust} .
5. Zbudować model układu z regulatorem PID.
Założyć $p(t)=p_0$ (wartość zadana poziomu wody w trzecim zbiorniku).
Zarejestrować p_0 i $y(t)$.
Wyznaczyć wartości czasu regulacji t_r , przeregulowania χ i uchybu ustalonego e_{ust} .
6. Zarejestrować przebiegi p_0 i $y(t)$ badanego układu dla trzech regulatorów (na wspólnym wykresie) - pliki: cw8_model_P_PI_PID_nazwisko,
cw8_rysunek_nazwisko

Uwaga: model regulatora PID w Simulinku, to PID Controller.
Przed przeprowadzeniem symulacji należy ustawić odpowiednie (wyznaczone wcześniej – nastawy regulatora).

7. Protokół z ćwiczenia stanowią:

- obliczenia nastaw regulatorów (punkt 2 zadania laboratoryjnego),
- pliki z punktów 2, 6 zadania laboratoryjnego.

Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy zamieścić:

1. Schemat modelu układu.
2. Dane, obliczenia, pomierzone wartości k_p i T_g , wyznaczone nastawy regulatorów.
3. Zarejestrowane przebiegi p_0 i $y(t)$ badanych układów dla trzech regulatorów (na wspólnym wykresie).
4. Wyznaczone wartości czasu regulacji t_r , przeregulowania χ i uchybu ustalonego e_{ust} .

Omówić jak wpływa na własności układu zastosowanie poszczególnych regulatorów.

Zadanie domowe

a/ Studenta przystępującego do ćwiczenia obowiązuje: znajomość poniższych pojęć:

- *stabilność,*
- *graniczny współczynnik wzmocnienia,*
- *czas regulacji, współczynnik przeregulowania, uchyb ustalony,*

znajomość:

- *postaci transmitancji regulatorów: P , PI , PID ,*
- *metody Zieglera-Nicholsa doboru nastaw regulatorów;*

b/ Student powinien przygotować M-plik (cw8_dane_nazwisko) umożliwiający wyznaczenie macierzy **A**, **B**, **C**, **D** - (model obiektu regulacji w postaci opisu wektorowo-macierzowego), na podstawie zadanych parametrów obiektu: C_1 , C_2 , C_3 , R_1 , R_2 , R_3 .