

Teoria sterowania 1

Temat ćwiczenia nr 7:

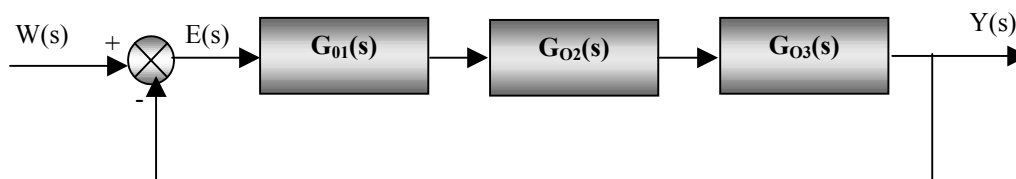
Synteza parametryczna układów regulacji.

Celem ćwiczenia jest korekcja zadanego układu regulacji wykorzystując następujące metody:

- kryterium amplitudy rezonansowej,
- metodę Zieglera-Nicholsa,
- przybornik NCD w pakiecie Matlab.

7.1. Analiza właściwości eksploatacyjnych układu zadanego.

Używając *Simulink'a* w pakiecie *MATLAB*, zasymulować układ z rysunku 7.1.



Rys.7.1. Schemat blokowy układu regulacji.

Tworząc układ z rysunku 7.1. należy uwzględnić:

- wymuszenie $W(s) = \frac{1}{s}$,
- transmitancja obiektu $G_o(s) = \frac{5,6}{(s+1)(5s+1)(10s+1)} = G_{01}G_{02}G_{03}$ gdzie:
- $G_{01}(s) = \frac{5,6}{s+1}$
- $G_{02}(s) = \frac{1}{5s+1}$,
- $G_{03}(s) = \frac{1}{10s+1}$,
- czas symulacji przyjąć około 70 s.

Na podstawie analizy przebiegów sygnałów: wymuszającego $W(s)$ oraz wyjściowego $Y(s)$, należy wyznaczyć dla zasymulowanego układu regulacji :

- uchyb statyczny ϵ_s ,
- przeregulowanie względne κ ,
- czas regulacji t_r dla zadanego odchylenia regulacji Δr ,

7.2. Określenie celu syntezy parametrycznej układu regulacji.

Przykładowe cele cząstkowe wynikające z analizy i wymagań użytkownika:

1. likwidacja błędu statycznego,
2. zmniejszenie przeregulowania do 10%,
3. zmniejszenie przeregulowania do 15%,
4. zmniejszenie przeregulowania do 20%,
5. zmniejszenie przeregulowania do 25%,
6. zmniejszenie przeregulowania do 30%,
7. czas regulacji może znacznie wzrosnąć,
8. czas regulacji nie powinien ulec dużym zmianom,
9. skrócenie czasu regulacji.

Uwaga: Wszystkie podkreślone cele powinny być zrealizowane jednocześnie (przez jeden, odpowiedni regulator).

7.3. Wybór typu regulatora.

Wybór funkcji przejścia regulatora należy zrealizować korzystając z tabeli 7.1.

Tabela 7.1

Przewidywane działanie regulatora	Regulator
Zmiana uchybu statycznego, zmiana przeregulowania, zmiana czasu regulacji	P
Likwidacja lub zmniejszenie uchybu statycznego, zmiana przeregulowania, wydłużenie czasu regulacji	PI
Skrócenie czasu regulacji, zmiana uchybu statycznego, zmiana przeregulowania	PD
Likwidacja lub zmniejszenie uchybu statycznego, zmiana przeregulowania, nieduża zmiana lub skrócenie czasu regulacji	PID

7.4. Dobór nastaw regulatora.

7.4.1. Wykorzystanie metody dominujących stałych czasowych regulatora oraz kryterium amplitudy rezonansowej.

Stałe czasowe wybranego regulatora wyznaczyć w oparciu o metodę dominujących stałych czasowych w następujący sposób:

- dla regulatora PI należy przyjąć, że $T_i = T_{\max}$ mianownika transmitancji obiektu
- dla regulatora PD należy przyjąć, że $T_d = T_{\max}$ mianownika transmitancji obiektu
- dla regulatora PID należy przyjąć, że $3.62T_d = T_{\max}$ mianownika transmitancji obiektu, $T_i = 5T_d$

Wymagane wzmocnienie regulatora wyznaczyć korzystając z kryterium amplitudy rezonansowej. W tym celu należy uruchomić funkcję *synteza*. Komenda *help synteza* wyświetla podstawowe informacje o funkcji np. sposób zakodowania transmitancji obiektu. Po wyborze odpowiedniego typu regulatora (punkt 7.3), oraz odpowiedniej wartości amplitudy rezonansowej M_r (zgodnie z tabelą 7.2) należy metodą prób i błędów, poprzez zmianę wartości wzmocnienia K_r doprowadzić do sytuacji, w której charakterystyka amplitudowo-fazowa układu otwartego (złożonego z wybranego regulatora i zadanego obiektu) będzie styczna do nomogramu Halla dla wybranej amplitudy rezonansowej M_r . Tak wyznaczone wzmocnienie K_r jest szukanym wzmocnieniem regulatora.

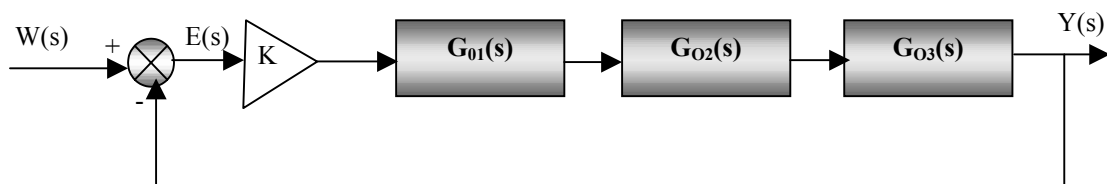
Uwaga: Otrzymane nastawy regulatora zapisać w tabeli 7.4.

tabela 7.2. Zależność pomiędzy amplitudą rezonansową M_r a przeregulowaniem κ

M_r	1,1	1,16	1,27	1,36	1,5
κ %	10	15	20	25	30

7.4.2. Dobór nastaw metodą Zieglera-Nicholsa

Używając *Simulink'a* w pakiecie *MATLAB*, zasymulować układ z rysunku 7.4.



Rys.7.4. Schemat blokowy układu regulacji wykorzystany w metodzie Zieglera-Nicholsa.

Tworząc układ z rysunku 7.4. należy uwzględnić:

- wymuszenie $W(s) = \frac{1}{s}$,
- transmitancja obiektu $G_o(s) = \frac{5,6}{(s+1)(5s+1)(10s+1)} = G_{O1}G_{O2}G_{O3}$ gdzie:
- $G_{O1}(s) = \frac{5,6}{s+1}$
- $G_{O2}(s) = \frac{1}{5s+1}$,

- $G_{O3}(s) = \frac{1}{10s + 1}$,
- trójkąt jest symbolem wzmacniacza (w Simulinku, w Math Operations, element Gain)
- czas symulacji przyjąć około 70 s.

Metoda ta polega na doprowadzeniu układu do granic stabilności (oscylacje niegasnące) poprzez zwiększanie wzmocnienia K (rys.7.4.). Wzmocnienie K , dla którego układ znajdzie się na granicy stabilności nazywa się wzmocnieniem krytycznym K_{kr} . Nastawy regulatora oblicza się w omawianej metodzie w oparciu o wzmocnienie krytyczne K_{kr} oraz okres oscylacji T_{osc} otrzymanej odpowiedzi dla K_{kr} według tabeli 7.3.

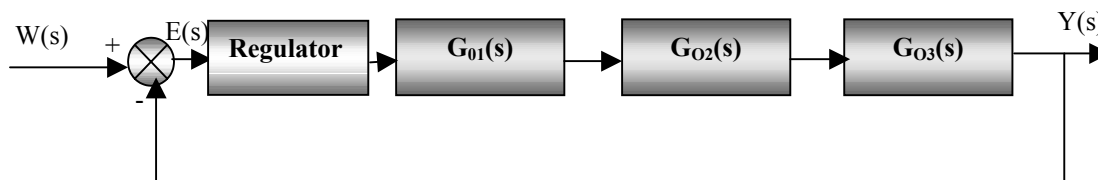
tabela 7.3. Nastawy regulatorów wg Zieglera-Nicholsa (K_r , T_i , T_d)

Regulator	K_r	T_i	T_d
P	$0,5K_{kr}$	-	-
PI	$0,45K_{kr}$	$0,83T_{osc}$	-
PID	$0,6K_{kr}$	$0,5T_{osc}$	$0,125T_{osc}$

Obliczone nastawy umieścić w tabeli 7.4.

7.4.3. Dobór nastaw regulatora za pomocą przybornika NCD

Używając *Simulink'a* w pakiecie *MATLAB*, zasymulować układ z rysunku 7.5.



Rys.7.5. Schemat blokowy skorygowanego układu regulacji

Tworząc układ z rysunku 7.5. należy uwzględnić:

- wymuszenie $W(s) = \frac{1}{s}$,
- transmitancja obiektu $G_o(s) = \frac{5,6}{(s+1)(5s+1)(10s+1)} = G_{O1}G_{O2}G_{O3}$ gdzie:
- $G_{O1}(s) = \frac{5,6}{s+1}$
- $G_{O2}(s) = \frac{1}{5s+1}$,
- $G_{O3}(s) = \frac{1}{10s+1}$,
- jako regulator należy wykorzystać element *PID Controller* dostępny w Simulinku, w NCD Blockset. Element ten ma trzy parametry:
 - Proportional: K_r (wzmocnienie regulatora),
 - Integral: K_r/T_i
 - Derivative: $K_r \cdot T_d$

Parametry startowe należy wpisać symbolicznie w oknie parametrów elementu *PID Controller* w następujący sposób:

- w Proportional: **P**
- w Integral: **I** lub 0 jeżeli chcemy mieć regulator PD
- w Derivative: **D** lub 0 jeżeli chcemy mieć regulator PI

Następnie w formie liczbowej w głównym oknie komend Matlab'a np.

P=1

I=1/10

D=10

lub nastawy regulatora np. z punktu 7.4.1.

Uruchomić symulację i dobrać odpowiednio parametry symulacji (czas symulacji, tolerancję zmniejszyć do e^{-6}). Następnie na wyjście układu regulacji zbudowanego wg schematu z rys. 7.5 (zamiast *Scope*) podłączyć NCD Outport (element dostępny w Simulinku, w NCD Blockset), otworzyć ten blok, w menu wybrać opcję *Parameters* i w zmiennych decyzyjnych (*Tunable Variables*) wpisać (oddzielone spacjami) symbole poszukiwanych parametrów: **P I D**. Krok dyskretyzacji (*Discretization interval*) ustawić na 0,05. Pozostałe parametry nie zmieniać. Następnie uruchomić dostrajanie regulatora (przycisk *Start*). Po zakończeniu optymalizacji odświeżyć ekran za pomocą polecenia *Options/Refresh*, odczytać wyznaczone parametry w przestrzeni komend Matlab'a oraz wyliczyć z nich nastawy regulatora: K_r , T_i i T_d . Obliczone nastawy umieścić w tabeli 7.4.

7.5. Analiza właściwości eksploatacyjnych układu skorygowanego.

Używając *Simulink'a* w pakiecie *MATLAB*, zasymulować układ z rysunku 7.5.

Wyznaczyć własności eksploatacyjne układów skorygowanych (regulatorami dobranymi w punkcie 7.4) i zapisać je w tabeli 7.4.

7.6. Opracowanie wyników.

Rezultaty wykonanej syntezy powinny zostać zapisane w tabeli 7.4. Odchylenie regulacji Δr dla wszystkich rozważanych przypadków przyjąć na poziomie 3% z wartości ustalonej odpowiedzi.

tabela 7.4.

cel syntezy:							
typ regulatora (transmitancja):							
metoda	nastawy regulatora			własności eksploatacyjne			
	K_r	T_i	T_d	ε_s	$\kappa\%$	Δr	t_r
układ zadany	–	–	–				
kryterium ampl. rezon.							
metoda Z-N							
przybornik NCD							