

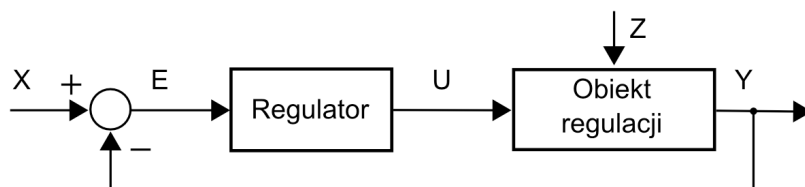
Komputerowe Wspomaganie Projektowania

Laboratorium 4

Temat: Dobór parametrów regulatorów ciągłych przy pomocy metod klasycznych i poprzez optymalizację wskaźnika jakości

Informacje wstępne:

Układ regulacji automatycznej – układ automatycznego sterowania ze sprzężeniem zwrotnym (rys. 1).



Rys. 1. Schemat blokowy układu regulacji automatycznej

W układzie takim wyróżnia się sygnały:

- wartość zadana: X
- uchyb: $E = X - Y$
- sygnał sterujący: U
- sygnał sterowany (odpowiedź obiektu): Y

Ciągły układ regulacji – układ regulacji automatycznej, w którym sygnał sterujący U ma charakter ciągły.

Regulator ciągły - układy który generuje ciągły sygnał sterujący. Jednym z najczęściej wykorzystywanych regulatorów ciągłych jest regulator typu PID. Regulator w postaci równoległej opisany jest transmitancją:

$$G_r(s) = K_r \left(1 + \left(1 / sT_i \right) + \left(\left(sT_d / sT_d/N \right) + 1 \right) \right)$$

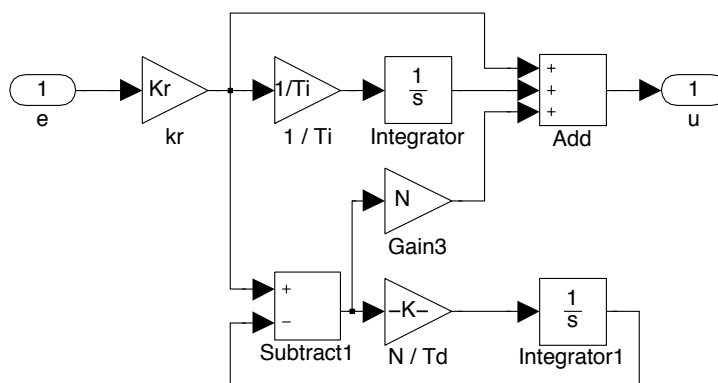
gdzie:

K_r - wzmacnienie proporcjonalne regulatora (parametr - nastawa)

T_i - stała czasowa całkowania regulatora (parametr - nastawa)

T_d - stała czasowa różniczkowania regulatora (parametr - nastawa)

N - stały współczynnik, przyjmuje wartości z przedziału od 8 do 30.



Rys. 2. Równoległy regulator PID - schemat programu Simulink

Dobór nastaw regulatora PID - Układ regulacji może pracować poprawnie (optymalnie) jedynie wtedy gdy parametry regulatora PID: K_r ; T_i oraz T_d są odpowiednio dobrane. Istnieje wiele metod doboru nastaw regulatora PID. Jednymi z częściej wykorzystywanych metod są reguły Zieglera-Nicholsa.

Reguła Zieglera-Nicholsa - próba skokowa

1. Na wejście obiektu regulacji podać wymuszenie skokowe o określonej amplitudzie i zarejestrować odpowiedź obiektu.
2. Z odpowiedzi odczytać parametry T i L modelu zastępczego.
3. Wykorzystując odczytane dane obliczyć nastawy regulatora. Wykorzystać wartości z tabeli 1.

Regulator	Kr	Ti	Td
PI	$0.9 / a$	$3 * L$	
PID	$1.2 / a$	$2 * L$	$L / 2$

Tab. 1. Nastawy regulatora PID - próba skokowa Zieglera Nicholsa.

gdzie: $a = k * L / T$

Reguła Zieglera-Nicholsa - metoda częstotliwościowa

4. Połączyć szeregowo obiekt regulacji z regulatorem PID a następnie wyłączyć człony całkujący ($T_i = \infty$) i różniczkujący ($T_d = 0$) regulatora PID.
5. Zwiększać wzmocnienie Kr części proporcjonalnej regulatora tak aby doprowadzić układ zamknięty do granicy stabilności.
6. Odczytać wzmocnienie regulatora proporcjonalnego, będące wzmocnieniem krytycznym K_{kr} oraz odczytać okres oscylacji T_{osc} wielkości regulowanej.
7. Parametry regulatora dobrać według tabeli 2.

Regulator	Kr	Ti	Td
PI	$0.45 * K_{kr}$	$T_{osc} / 1.2$	
PID	$0.6 * K_{kr}$	$0.5 * T_{osc}$	$0.125 * T_{osc}$

Tab. 1. Nastawy regulatora PID - metoda częstotliwościowa Zieglera Nicholsa.

Całkowe wskaźniki jakości - klasa wskaźników umożliwiającą kompleksową ocenę jakości regulacji. Pozwalają oszacować dokładność statyczną, szybkość regulacji jak również zapas stabilności. Całkowe kryteria jakości określone są za pomocą całki z uchybu regulacji. Ze względu na to, iż uchyb regulacji może przyjmować zarówno wartości dodatnie jak i ujemne, jako funkcje podcałkową stosuje się funkcje uchybu w postaci kwadratu uchybu lub jego wartości bezwzględnej. Najczęściej używane są wskaźniki:

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

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

W celu zmniejszenia wpływu sygnału sterowanego z początkowej fazy procesu przejściowego na wartość wskaźnika jakości, funkcję wskaźnika jakości modyfikuje się poprzez zastosowanie iloczynu funkcji czasu t^n (dla n należącego do zbioru liczb naturalnych) i funkcji błędu uchybu. Najczęściej używane są wskaźniki:

$$ITSE = \int_0^{\infty} t * e^2(t) dt$$

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

Zadanie 1

Dla obiektu regulacji opisanego transmitancją:

$$G_o(s) = k / ((1+sT_1)(1+sT_2))$$

i układu regulacji z rysunku 1, dobrać parametry regulatora PI oraz PID. Do doboru nastaw regulatora wykorzystać jedną z metod Ziegler-Nicholsa.

Dla układów regulacji o dobranych parametrach regulatora wyznaczyć wartości całkowych wskaźników jakości. Wykreślić charakterystyki odpowiedzi skokowej (na jednym rysunku) i zaznaczyć na nich wartości czasowych wskaźników jakości, to jest czasu ustalania i przeregulowania. Wykreślić charakterystyki bodego i Nyquista (na jednym rysunku nałożyć charakterystyki dla układów z regulatorami PI oraz PID). Określić zapas fazy.

Zadanie 2

Powtórzyć eksperyment symulacyjny dla układu regulacji, którego obiekt regulacji opisany jest transmitancją:

$$G_o(s) = k \cdot \exp(-s \cdot L) / (1+sT)$$

Zadanie 3

Dla układów regulacji z zadań 1 i 2, dobrać parametry regulatorów PI oraz PID, wykorzystać procedurę minimalizacji całkowitego wskaźnika jakości. Sprawdzić uzyskane rezultaty dla wskaźników: ISE, IAE, ITSE, ITAE.

Wyniki przedstawić w postaci graficznej, to jest przy pomocy wykresów 3D i konturowych wartości wskaźnika jakości. Wartości optymalne, zaznaczyć na wykresie konturowym. Dodatkowo dla wartości optymalnych wykreślić odpowiedzi skokowe.

Uzyskane rezultaty porównać wynikami (wartościami całkowitych wskaźników jakości) otrzymanymi w ramach zadań 1 i 2. Na wykresie konturowym zaznaczyć punkty optymalny i uzyskany w wyniku zastosowania procedur Zieglera-Nicholsa. Porównać odpowiedzi skokowe.