

UKŁADY REGULACJI PID – DOBÓR NASTAW

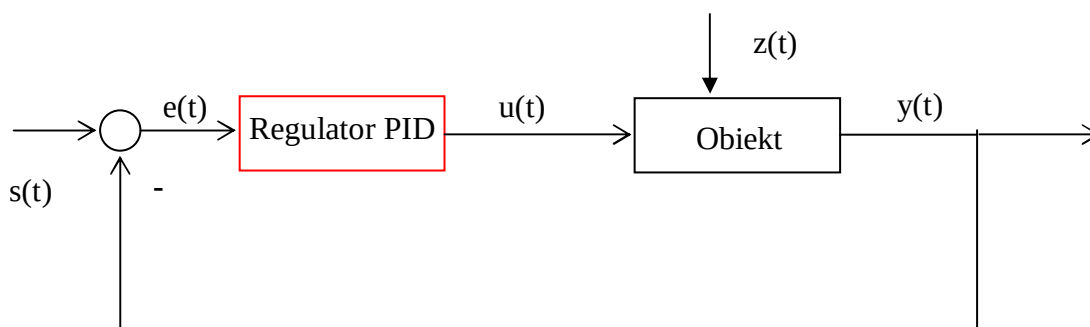
1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest poznanie właściwości i funkcji regulatorów PID w układzie ze sprzężeniem zwrotnym. W zakres ćwiczenia wchodzi:

- badanie odpowiedzi czasowych na skok jednostkowy układu regulacji z wybranymi strukturami regulatora,
- określenie wskaźników jakości regulacji,
- poznanie wybranych metod doboru nastaw regulatorów PID.

2. WSTĘP TEORETYCZNY

Układem regulacji nazywa się taki układ sterowania, w którym do sterowania obiektem wykorzystuje się sygnał z jego wyjścia poprzez ujemne sprzężenie zwrotne. Na rys. 1 przedstawiono uproszczony schemat blokowy układu regulacji. Zadaniem regulatora jest zmniejszenie (eliminacja) odchyłki regulacji wynikającej z oddziaływania na obiekt regulacji różnych zakłóceń.



Rys. 1. Schemat blokowy układu regulacji

gdzie:

$y(t)$ - sygnał regulowany,

$s(t)$ - sygnał zadany,

$e(t)$ - sygnał błędny, (rezultat porównania w węźle sumacyjnym sygnału regulowanego z sygnałem zadany),

$u(t)$ - sygnał regulujący,

$z(t)$ - zakłócenie.

Podstawowym warunkiem odpowiedniego doboru typu regulatora i jego nastaw jest znajomość właściwości dynamicznych regulowanego obiektu. Tym samym istotnym zadaniem przy projektowaniu układu regulacji jest przeprowadzenie identyfikacji obiektu w celu określenia modelu dynamicznego obiektu. Kolejnym etapem jest sformułowanie wymagań odnośnie jakości regulacji (jakość przebiegu przejściowego i stan ustalony). Na podstawie tych informacji można wyznaczyć strukturę i nastawy parametrów regulatora.

Wskaźniki jakości

Do określania jakości regulacji stosuje się wskaźniki jakości.

Wskaźniki jakości można podzielić na dwie grupy:

- wskaźniki bezpośrednie,
- wskaźniki pośrednie.

Wskaźniki bezpośrednie to te wskaźniki, które są bezpośrednią miarą oceny przebiegu przejściowego $e(t)$, wywołanego standardowym wymuszeniem.

Natomiast do wskaźników pośrednich zaliczamy te wskaźniki jakości, które na podstawie przebiegu charakterystyk częstotliwościowych pozwalają w przybliżeniu określić kształt $e(t)$ przy określonym wymuszeniu. (np. zapas stabilności).

Grupę wskaźników bezpośrednich tworzą:

- maksymalny błąd dynamiczny $e(t)$,
- błąd statyczny (błąd regulacji w stanie ustalonym) e_s ,
- przeregulowanie $\eta = 100 \cdot e_2 / e_1$ [%] (gdzie: e_1, e_2 – kolejne ekstremum)
- czas regulacji t_r dla dopuszczalnego odchylenia Δ .

Głównymi wskaźnikami pośrednimi są:

- wskaźnik regulacji,
- wskaźnik nadążania,
- wskaźniki całkowite (w tym wskaźnik $I_2 = \int_0^{\infty} e^2(t) dt$).

3. WYBRANE METODY ANALITYCZNE WYZNACZANIA NASTAW PARAMETRÓW REGULATORA PID

- metoda bezpośrednia

W metodzie tej, na podstawie transmitancji obiektu, określamy transmitancję regulatora która spełnia założone kryteria jakościowe regulacji.

Dla określonych kryteriów jakościowych regulacji zakładamy transmitancję obiektu zamkniętego (wyznaczoną dla odpowiedzi na skok jednostkowy).

Na przykład dla warunków odpowiedzi układu na skok jednostkowy:

- zerowego błędu regulacji ($k=1$),
- braku przeregulowania (przebieg inercyjny),
- określonego czasu narastania (T_z – odpowiednie),
- określonego czasu regulacji (T_z – odpowiednie).

Transmitancja układu zamkniętego ma postać:

$$K_z(s) = \frac{1}{sT_z + 1}$$

Dobór struktury regulatora przeprowadzimy dla przykładowego obiektu o transmitancji:

$$K(s) = \frac{k}{(sT_1 + 1)(sT_2 + 1)}$$

Wobec tego:

$$K_z(s) = \frac{K(s)K_r(s)}{1 + K(s)K_r(s)}$$

$$K_r(s) = \frac{K_z(s)}{K(s)[1 - K_z(s)]}$$

$$K_r(s) = \frac{\frac{1}{T_z s + 1}}{\frac{1}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \left[1 - \frac{1}{T_z s + 1} \right]} = \frac{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}{T_z s + 1}$$

$$K_r(s) = K_r = \frac{T_1 + T_2}{T_z} + \frac{1}{T_z s} + \frac{T_1 T_2}{T_z} s$$

Ponieważ transmitancja operatorowa regulatora PID ma postać:

$$K_r(s) = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d s$$

Z porównania wynika, że otrzymany regulator ma strukturę PID o nastawach:

$$K_p = \frac{T_1 + T_2}{T_z}$$

$$K_i = \frac{1}{T_z}$$

$$K_D = \frac{T_1 T_2}{T_z}$$

- metoda Zieglera-Nicholsa

Dla obiektów o charakterystyce aperiodycznej stosuje się test skoku jednostkowego oraz przybliżony model obiektu postaci:

$$K(s) = \frac{k \cdot e^{-sT_0}}{1 + s \cdot T}$$

gdzie: k – wzmacnienie obiektu,
 T – zastępcza stała czasowa obiektu,
 T_0 – zastępcze opóźnienie obiektu.

Można zatem stwierdzić, że charakterystykę skokową członu inercyjnego n -tego rzędu przybliży się charakterystyką skokową członu inercyjnego I-go rzędu, o transmitancji $\frac{k}{sT + 1}$ z opóźnieniem T_0 .

Metoda Zieglera-Nicholsa bazująca na odpowiedzi skokowej daje dobre rezultaty, gdy spełniony jest następujący warunek:

$$0,15 < \frac{T_0}{T} < 0,6$$

Optymalne nastawy regulatorów podawane są zazwyczaj w postaci tabel. Dla obiektu statycznego nastawy regulatorów PID są następujące:

Typ regulatora	Optymalne wartości parametrów		
	K_p	T_i	T_d
P	0,3/a	-	-
PI	0,6/a	$0,8T_0 + 0,5T$	-
PID	0,95/a	$2,4T_0$	$0,4T_0$

Tab.1 Nastawy regulatorów w przypadku obiektów z opóźnieniem $a = \frac{k}{T} T_0$ oraz przy minimalnym czasie regulacji i przeregulowaniach równych 0%

Typ regulatora	Optymalne wartości parametrów		
	K_p	T_i	T_d
P	$0,7/a$	-	-
PI	$0,7/a$	$T_0 + 0,3T$	-
PID	$1,2/a$	$2T_0$	$0,4T_0$

Tab.2 Nastawy regulatorów w przypadku obiektów z opóźnieniem $a = \frac{k}{T}T_0$ oraz przy minimalnym czasie regulacji i przeregulowaniach równych 20%

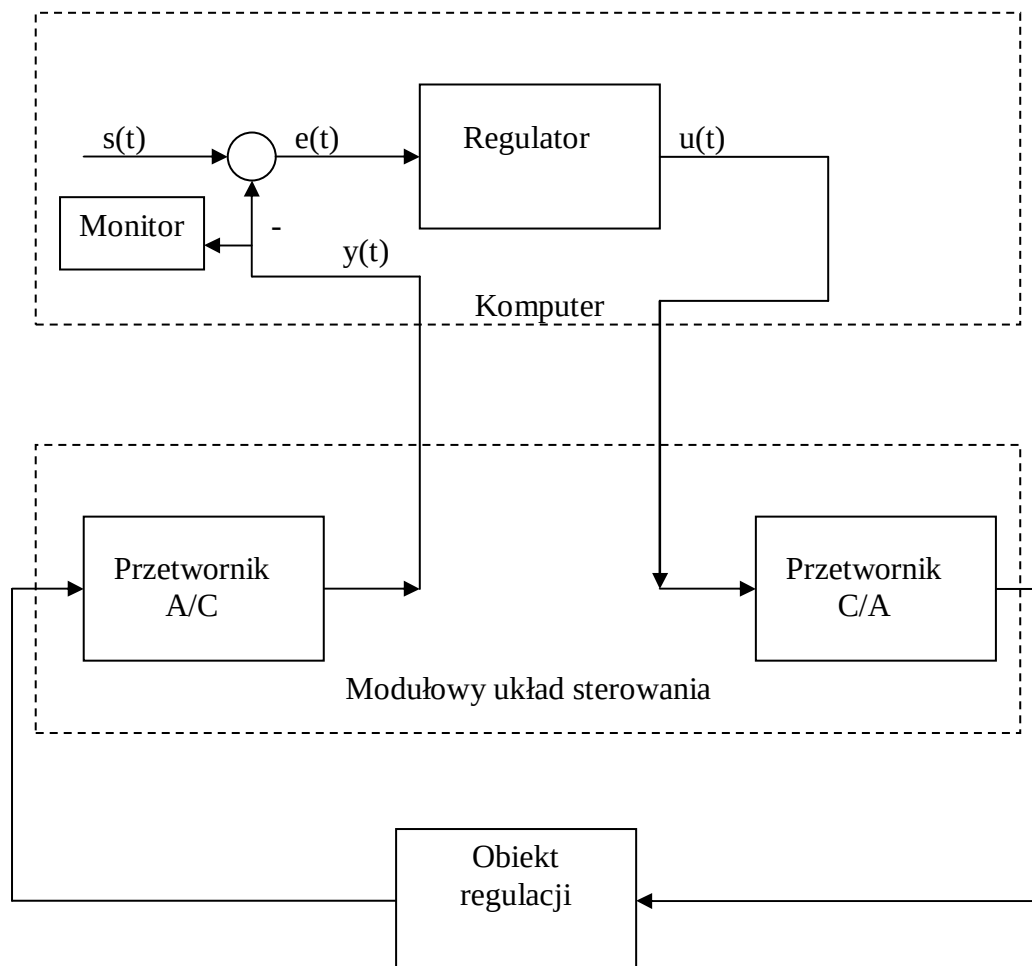
Typ regulatora	Optymalne wartości parametrów		
	K_p	T_i	T_d
PI	$1/a$	$T_0 + 0,35T$	-
PID	$1,4/a$	$1,3T_0$	$0,5T_0$

Tab.3 Nastawy regulatorów w przypadku obiektów z opóźnieniem $a = \frac{k}{T}T_0$ oraz przy

wskaźniku całkowym $I_2 \left(\int_0^{\infty} e^2(t)dt \right)$ równym minimum.

4. PRZEBIEG ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

Na rys. 2 przedstawiono schemat blokowy stanowiska laboratoryjnego do bezpośredniego sterowania obiektów regulacji



Rys. 2 Schemat blokowy stanowiska laboratoryjnego do bezpośredniego sterowania obiektów regulacji.

Przebieg ćwiczenia:

1. Wyznaczyć odpowiedź obiektu na skok jednostkowy.
2. Dla wybranego obiektu regulacji przyjąć różne struktury regulatora (P, I, PI, PD, PID).
3. Dla różnych struktur układu regulacji wyznaczyć odpowiedzi układu na skok jednostkowy.
4. Na podstawie charakterystyk czasowych, przeprowadzić ręczny dobór nastaw parametrów regulatora celem poprawy jakości przebiegu przejściowego i stanu ustalonego wyjścia układu.

5. OPRACOWANIE W WYNIKÓW

1. Na podstawie przeprowadzonej identyfikacji wyznaczyć parametry modelu obiektu.
2. Metodami analitycznymi wyznaczyć optymalne nastawy regulatora PID według określonych wskaźników jakości.
3. Porównać efekty regulacji przy doborze ręcznym i analitycznym nastaw.
4. Określić wpływ parametrów regulatora proporcjonalnego, całkującego i różniczkującego na działanie układu regulacji, korzystając z podstawowych wskaźników regulacji.
5. Wypełnić poniższą tabelę korzystając z następujących symboli:
 $\uparrow$ (wpływ większy), $\downarrow$ (wpływ mniejszy), $\leftrightarrow$ (małe zmiany), 0 (zero).

Człon	Czas narastania	Czas regulacji	Przeregulowanie	Błąd regulacji w stanie ustalonym
P				
I				
D				