

ĆWICZENIE 4

Zastosowanie sterowników *PID* w serwomechanizmach prądu stałego

4.1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zilustrowanie zasadniczych czynności związanych z projektowaniem i uruchamianiem układu sterowania, jakimi są:

- identyfikacja (określenie modelu matematycznego) sterowanego obiektu,
- zaprojektowanie algorytmu sterownika i symulacja układu sterowania dla uzyskanego w procesie identyfikacji modelu obiektu,
- implementacja zaprojektowanego algorytmu sterowania (fizyczna jego realizacja),
- uruchomienie układu sterowania obiektem rzeczywistym,
- analiza jakości procesu sterowania, mająca na celu ocenę zgodności wskaźników jakości tego procesu z odpowiednimi specyfikacjami.

Właściwym obiektem sterowanym jest w tym ćwiczeniu laboratoryjnym silnik prądu stałego; wielkościami sterowanymi są położenie osi sterowanej (zob. dalej) lub prędkości obrotów tej osi.

4.2 Opis stanowiska laboratoryjnego

Ćwiczenie jest realizowane w oparciu o uniwersalny zestaw laboratoryjny Servo Fundamentals Trainer SFT 154 angielskiej firmy Feedback. Zestaw ten uzupełniają oscyloskop, dwa woltomierze cyfrowe, zasilacz oraz komputer z oprogramowaniem umożliwiającym symulację układu sterowania. W skład zestawu SFT 154 wchodzi dwa bloki:

blok mechaniczny (Mechanical Unit), zawierający obiekt sterowany wraz z odpowiednimi elementami pomiarowymi i wykonawczymi oraz

blok analogowy (Analogue Unit), będący uniwersalnym układem elektronicznym, umożliwiającym implementację różnych wersji algorytmu *PID*. Te dwa bloki połączone są wielożyłowym kablem.

W dalszym ciągu opisano szczegółowiej bloki zestawu SFT 154.

4.2.1 Blok mechaniczny

Wchodzący w skład tego bloku wzmacniacz mocy, sterowany sygnałem analogowym lub przełączanym (co wykorzystuje się przy sterowaniu cyfrowym) napędza silnik prądu stałego. Ten silnik porusza oś sterowaną poprzez przekładnię paskową 32:1. Silnik ów napędza również tarczę hamulca magnetycznego i analogowy czujnik prędkości (tachoprądnicę). Tarcza kodowa (kod Graya) zainstalowana na osi sterowanej wykorzystywana jest do sterowania cyfrowego, a zatem w tej instrukcji jej opis pominięto. Blok mechaniczny zawiera również prosty generator sygnałowy, wytwarzający periodyczne sygnały testujące (zadające) małej częstotliwości: prostokątny i trójkątny.

Na rys. 4.1 pokazano położenie elementów i pokręteł na płycie czołowej bloku mechanicznego.

Zasilanie

Blok ten wymaga źródła zasilania o parametrach:

- +15V, -15V (każde 1.5A),
- +5V (0,5A).

Gniazda wejściowe zasilania są zabezpieczone przed błędnym połączeniem .

Oś silnika

Na osi tej umocowane są:

- tarcza hamulca z naniesionymi dwoma ścieżkami do optycznego odczytu prędkości i kierunku obrotów,
- tachoprądnica.

Tarcza hamulca i magnes

Hamulec jest sterowany za pomocą dźwigni umieszczonej po lewej stronie płyty czołowej bloku mechanicznego.

Przełącznik kontrolny

Przełącznik ten umożliwia kontrolne uruchomienie silnika. Przełączenie na prawo powoduje obrót silnika zgodny z kierunkiem ruchu wskazówek zegara, zaś na pięciocyfrowym wskaźniku pokazywana będzie prędkość w zakresie $15 \div 25$ obr/min. Przełączenie na lewo spowoduje obrót w kierunku przeciwnym, z tą samą prędkością.

Gniazdo do pomiaru prądu silnika

Pozyskać tu można napięcie proporcjonalne do prądu silnika (w obwodzie wirnika), według skali 1A/V.

Oś zadająca

Potencjometr ze skalą kątową do zadawania wartości kąta położenia Θ_i w zakresie $\pm 10V$.

Pokrętło do ustalania częstotliwości sygnału zadającego oraz przełącznik zmiany zakresu

Elementy te sterują pracą wewnętrznego generatora, wytwarzającego sygnał o kształcie prostokątnym lub trójkątnym, amplitudzie $\pm 10V$ i częstotliwości od 0.1 do 10Hz w dwóch podzakresach. Sygnały te są doprowadzone do wielokontaktowego gniazda wyjściowego.

Oś sterowana

Na osi tej umocowane są:

- potencjometr,
- skala kątowa,
- tarcza kodowa (wykorzystywana przy sterowaniu cyfrowym).

Cyfrowy wskaźnik prędkości obrotowej

Na trzech siedmiosegmentowych wskaźnikach LED wyświetlana jest prędkość obrotowa osi sterowanej - w obr/min - w zakresie od 0.0 do 99.9 wyznaczana przez czytnik optyczny, współpracujący z tarczą zainstalowaną na osi silnika. Ponieważ zastosowana przekładnia redukuje obroty osi silnika w stosunku 32:1, prędkości silnika równej 1000 obr/min odpowiada 31.1 obr/min osi sterowanej.

4.2.2 Blok analogowy

Na rys. 4.2 pokazano schemat ideowy bloku analogowego, (odwzorowany na płycie tego bloku) będącego uniwersalnym układem elektronicznym, umożliwiającym uzyskanie dowolnego sterownika z rodziny *PID*, o nastawach (parametrach), których wartości mogą być zmieniane w

szerokich granicach. Odpowiednie połączenia elementów wykonuje się przy użyciu kabli o końcówkach 2mm.

Górna część płyty od lewej do prawej:

Θ_i , Θ_o - te gniazda służą wprowadzeniu sygnałów z potencjometrycznych czujników położenia osi zadającej i osi sterowanej, odwzorowanych schematycznie w centralnej części płyty, podczas gdy potencjometry te znajdują się faktycznie w bloku mechanicznym,

$-\Theta_o$ - do tego gniazda dostarczany jest sygnał z osi sterowanej, o odwróconym polaryzacji.

Przełączniki symulacji uszkodzeń - zezwalają na "generowanie" błędów. Przy normalnej eksploatacji zestawu, wszystkie przełączniki powinny znajdować się w pozycji dolnej.

Wzmacniacz uchybu - jest wykorzystywany do wyznaczania sygnału uchybu na podstawie sygnału zadającego i sygnału sterowanego.

Potencjometry P1 i P2 - pozwalają na płynną zmianę wzmocnienia i zmianę wartości sygnału dostarczanego przez tachoprądnicę.

Wzmacnicz mocy - dostarcza energii niezbędnej do pracy silnika. Dwa wejścia umożliwiają, przy danym sygnale wejściowym, wybór jednego z dwóch kierunków obrotów. Dostrajanie zera - za pomocą potencjometru P6 - pozwala na unieruchomienie silnika przy zerowym sygnale wejściowym. Silnik, będący zasadniczym elementem bloku mechanicznego jest właściwym obiektem sterowania; silnik ten napędza bezpośrednio tarczę hamulcową i tachoprądnicę, zaś - poprzez przekładnię paskową (32:1) napędza oś sterowaną.

Tarcza hamulcowa i magnes

Elementy te umożliwiają zmianę obciążenia silnika.

Tachoprądnica

Tachoprądnica zamocowana bezpośrednio na osi silnika jest proporcjonalnym czujnikiem prędkości obrotowej.

Dolna część panelu od lewej do prawej:

$\pm 10V$ - przełącznik ten zezwala na ręczne ustawienie dodatniego lub ujemnego napięcia stałego o wartości 10V.

Sygnały zadające - na zaciskach tych dostępne są sygnały zadające o postaci fali prostokątnej bądź trójkątnej i amplitudzie 10V. Zakres tych sygnałów nastawia się w Bloku Mechanicznym.

Zewnętrzny potencjometr wejściowy P3 - może być połączony ze źródłem dowolnego sygnału wejściowego, umożliwiając płynne nastawianie jego wartości.

Regulator - zawiera wzmacniacze operacyjne wraz z odpowiednimi obwodami, umożliwiającymi wybór dowolnego spośród rodziny sterowników *PID* oraz zmianę nastaw wybranego sterownika.

4.3 Przygotowanie stanowiska laboratoryjnego

W celu sprawdzenia prawidłowej pracy Zestawu Laboratoryjnego należy wykonać poniższe wstępne czynności:

- sprawdzić istnienie połączenia Bloku Mechanicznego z Blokiem Analogowym (wielozyłowy przewód),
- sprawdzić istnienie połączenia Bloku Mechanicznego z Zasilaczem,
- upewnić się, że wszystkie przełączniki symulacji uszkodzeń (SW3 i SW4) są w pozycji OFF (dolne położenie),
- włączyć zasilanie.

Silnik w Bloku Mechanicznym może się obracać a siedmiosegmentowy, trzycyfrowy wskaźnik prędkości obrotowej osi sterowanej powinien się świecić.

Obracając potencjometrem P6 (R40) obserwuje się zmianę kierunku i wartości prędkości obrotowej osi sterowanej.

Potencjometr P6 należy ustawić w takiej pozycji, aby silnik się nie obracał a amperomierze w zasilaczu wskazywały wartość minimalną pobieranego przez układ prądu.

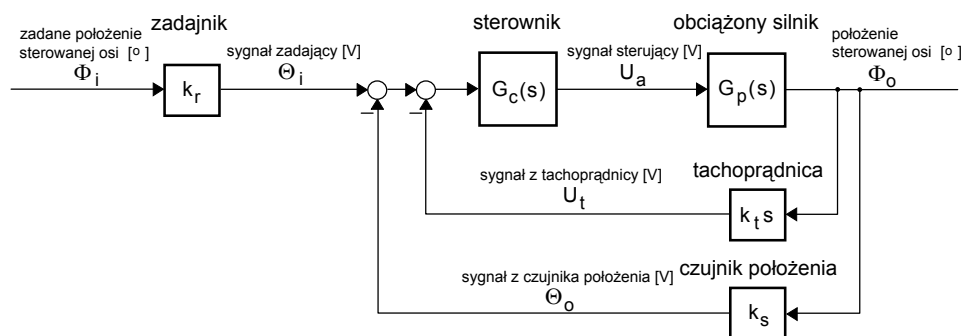
Przełącznik SW1 w Bloku Analogowym należy ustawić w pozycji środkowej a potencjometr P3 (R9) w lewym, skrajnym położeniu.

Następnie należy dokonać połączeń w Bloku Analogowym w ten sposób, aby sygnał z potencjometru P3 przez wzmacniacz o jednostkowym wzmocnieniu dostarczany był na wejście silnika. Po czym należy ustawić przełącznik SW1 w pozycji +10 i wolno obracać potencjometr P3 w prawo. Oś silnika powinna zacząć się obracać i zwiększać swoją prędkość.

Ponownie należy ustawić potencjometr P3 w lewym skrajnym położeniu a następnie przełączyć SW1 do pozycji -10. Zwiększając wartość P3 uzyskuje się obrót silnika w kierunku przeciwnym.

4.4 Zadania pomiarowe

Strukturalny schemat rozważanego układu sterowania pokazano na rys. 4.3.



Rys. 4.3. Strukturalny schemat układu sterowania

Przyjęto następujące oznaczenia:

$G_p(s)$ - operatorowa transmitancja obciążonego silnika prądu stałego,

$G_c(s)$ - operatorowa transmitancja sterownika,

- Φ_i - zadane położenie sterowanej osi [$^\circ$],
- Θ_i - sygnał z zadajnika [V],
- Φ_o - położenie sterowanej osi [$^\circ$],
- Θ_o - sygnał z czujnika położenia [V],
- U_t - sygnał z tachoprądnicy [V],
- k_r - nachylenie charakterystyki zadajnika położenia [V/ $^\circ$],
- k_s - nachylenie charakterystyki czujnika położenia [V/ $^\circ$],
- k_t - nachylenie charakterystyki tachoprądnicy [V/($^\circ$ /s)].

Zakłada się najprostszy model obciążonego silnika prądu stałego

$$G_p(s) = \frac{\Phi_o(s)}{U_a(s)} = \frac{k_p}{s(1 + T_p s)}, \quad (4.1)$$

gdzie

- k_p - prędkościowe wzmocnienie silnika [$^\circ$ /s/V],
- T_p - elektromechaniczna stała czasowa silnika [s].

4.4.1 Identyfikacja statycznych charakterystyk sterowanego obiektu

Zadanie to wymaga wyznaczenia następujących charakterystyk:

a) Charakterystyka obiektu sterowanego $n = f(U_a)$,

- gdzie n - prędkość obrotowa osi sterowanej w [obr/min],
- U_a - napięcie sterujące silnikiem [V].

Identyfikowany parametr k_p wyznacza się ze wzoru

$$k_p = \frac{360}{60} \cdot \frac{n}{U_a} = 6 \cdot \frac{n}{U_a} \quad [^\circ/\text{s/V}]. \quad (4.2)$$

b) Charakterystyka tachoprądnicy $U_t = f(n)$,

- gdzie U_t - napięcie na szczotkach tachoprądnicy w [V],
- n - prędkość obrotowa osi sterowanej w [obr/min].

Identyfikowany parametr k_t wyznacza się ze wzoru

$$k_t = \frac{60}{360} \cdot \frac{U_t}{n} = \frac{1}{6} \cdot \frac{U_t}{n} \quad [\text{V}/^\circ/\text{s}]. \quad (4.3)$$

c) Zależność sygnału (napięcia) wyjściowego Θ_o od kąta Φ_o : $\Theta_o = f(\Phi_o)$,

- gdzie Θ_o - napięcie na wyjściu czujnika położenia osi sterowanej w [V],
- Φ_o - kąt położenia osi sterowanej w [$^\circ$].

Identyfikowany parametr k_s wyznacza się ze wzoru

$$k_s = \frac{\Delta\Theta_o}{\Delta\Phi_o} \quad [\text{V}/^\circ]. \quad (4.4)$$

- d) Zależność sygnału (napięcia) zadającego Θ_i od kąta Φ_i , $\Theta_i = f(\Phi_i)$,
 gdzie Θ_i - napięcie na wyjściu potencjometru zadającego w [V],
 Φ_i - kąt położenia potencjometru zadającego w $[\circ]$.

Identyfikowany parametr k_r wyznacza się ze wzoru

$$k_r = \frac{\Delta\Theta_i}{\Delta\Phi_i} \quad [\text{V}/^\circ]. \quad (4.5)$$

Aby wyznaczyć charakterystyki podane w punktach a i b należy:

- dokonać odpowiednich połączeń w Bloku Analogowym,
- ustawić potencjometr P3 w lewym, skrajnym położeniu,
- ustawić przełącznik SW1 w poz. +10,
- ustawić dźwignię hamulca w pozycji podanej przez prowadzącego,
- po włączeniu zasilania wyznaczyć charakterystyki $n = f(U_a)$ oraz $U_t = f(n)$, odczytując ze wskaźnika cyfrowego prędkość obrotową osi sterowanej.

W celu wyznaczenia charakterystyk z punktu c należy:

- dokonać odpowiednich połączeń w Bloku Analogowym,
- ustawić potencjometr P3 w lewym, skrajnym położeniu,
- ustawić przełącznik SW1 w poz. +10,
- po włączeniu zasilania, ustawić za pomocą potencjometru P3 obroty silnika tak, aby na ekranie oscyloskopu uzyskać obraz umożliwiający odczyt amplitudy wyświetlanego przebiegu.

Charakterystykę z punktu d określa się, mierząc napięcie Θ_i (w Bloku Analogowym) dla kilku położenia Φ_o potencjometru zadającego (w Bloku Mechanicznym), odczytując położenie osi z umocowanej na niej podziałki kątowej.

Na podstawie prowadzonych pomiarów można wyznaczyć wzmocnienie (położeniowe lub prędkościowe) sterowanego obiektu.

4.4.2. Identyfikacja charakterystyki dynamicznej sterowanego obiektu

Zadanie identyfikacji dynamicznej sprowadza się do wyznaczenia wartości jednego tylko parametru, jakim jest stała czasowa obiektu sterowanego T_p . Można tego dokonać, obserwując na ekranie lampy oscyloskopowej przebieg napięcia z tachoprądnicy przy jednoczesnym podawaniu na wejście obiektu prostokątnego przebiegu zadającego. W tym celu należy:

- dokonać odpowiednich połączeń w Bloku Analogowym,
- ustawić potencjometr P3 w lewym, skrajnym położeniu,
- ustalić zakres częstotliwości (w Bloku Mechanicznym) $0,1 \div 1\text{Hz}$,
- po włączeniu zasilacza, dobrać częstotliwość oraz amplitudę (P3) prostokątnego przebiegu sterującego tak, aby na podstawie przebiegu prędkościowej odpowiedzi silnika, obserwowanej na lampie oscyloskopowej, oszacować wartość stałej czasowej silnika T_p .

4.4.3. Wzorcowe transmitancje układu zamkniętego

Przyjęty model obiektu sterowanego - w postaci szeregowego połączenia członu całkującego i członu inercyjnego - pozwala na efektywne wykorzystanie analityczno-graficznej metody nastawiania sterowników. Dla rozpatrywanych w ćwiczeniu sterowników typu P , I oraz PI model taki prowadzi bowiem do transmitancji układu zamkniętego stopnia co najwyżej trzeciego, a dla takich transmitancji istnieją praktycznie bardzo dogodne reprezentacje relacji między parametrami transmitancji a specyfikacjami procesu sterowanego (formuły analityczne oraz wykresy). Dokonując odpowiedniej parametryzacji omawianych transmitancji, uzyskuje się tak zwane transmitancje wzorcowe (prototypowe) zamkniętego układu sterowania, służące już bezpośrednio celom projektowym.

Transmitancja wzorcowa rzędu drugiego

Rozważana tu ogólna forma transmitancji wzorcowej rzędu drugiego (por. Ćwiczenie 2) ma postać transmitancji członu oscylacyjnego ze skończonym zerem

$$G(s) = \frac{\omega_n^2 + \sigma\omega_n s}{\omega_n^2 + 2\zeta\omega_n s + s^2} = \frac{1 + \sigma\tau s}{1 + 2\zeta\tau s + \tau^2 s^2}, \quad 0 < \zeta < 1. \quad (4.6)$$

Odpowiedź skokowa takiego członu ma postać

$$\begin{aligned} h(t) &= L^{-1}[G(s)/s] = [1 + H_\sigma e^{-\zeta\omega_n t} \cdot \sin(\omega_0 t + \alpha)] \cdot \mathbf{1}(t), = \\ &= \{1 - e^{-\zeta\omega_n t} [\cos \omega_0 t + (\zeta - \sigma)(1 - \zeta^2)^{-1/2} \sin \omega_0 t]\} \cdot \mathbf{1}(t), \end{aligned} \quad (4.7)$$

gdzie

$$H_\sigma = \begin{cases} -1 & \text{dla } \sigma = \zeta, \\ -1/\sin \alpha_\sigma & \text{dla } \sigma \neq \zeta, \end{cases} \quad (4.8)$$

$$\alpha_\sigma = \begin{cases} \pi/2 & \text{dla } \sigma = \zeta \\ \arctg[\omega_0 \tau / (\zeta - \sigma)] & \text{dla } \sigma \neq \zeta \end{cases}. \quad (4.9)$$

Wskaźniki T_κ , κ oraz $\bar{T}_{s\Delta}$, opisujące odpowiedź skokową (4.7), dane są wzorami

$$T_\kappa = \{\pi + \arctg[\sigma(1 - \zeta^2)^{1/2} / (\sigma\zeta - 1)]\} (1 - \zeta^2)^{-1/2} \cdot \tau, \quad (4.10)$$

$$\kappa = (1 - 2\sigma\zeta + \sigma^2)^{1/2} \cdot \exp(-\zeta T_\kappa / \tau). \quad (4.11)$$

$$\bar{T}_{s\Delta} = \zeta^{-1} \ln \{[(1 - 2\sigma\zeta + \sigma^2) / (1 - \zeta^2)]^{1/2} / \Delta\} \cdot \tau. \quad (4.12)$$

Z kolei, wskaźniki M_r , ω_r oraz ω_{3dB} , związane z charakterystyką amplitudową członu (4.6), dane są wzorami

$$M_r = \begin{cases} 1/[2\zeta(1 - \zeta^2)^{1/2}] & \text{dla } \sigma = 0, \\ \sigma^2 \{[(1 + \sigma^2)^2 - 4\zeta^2 \sigma^2]^{1/2} - (1 + \sigma^2) + 2\zeta^2 \sigma^2\}^{-1/2} / \sqrt{2} & \text{dla } \sigma \neq 0, \end{cases} \quad (4.13)$$

$$\omega_r = \begin{cases} (1 - 2\zeta^2)^{1/2} / \tau & \text{dla } \sigma = 0, \\ \{[(1 + \sigma^2)^2 - 4\zeta^2 \sigma^2]^{1/2} - 1\}^{1/2} / (\sigma\tau) & \text{dla } \sigma \neq 0, \end{cases} \quad (4.14)$$

$$\omega_{3dB} = \{1 + \sigma^2 - 2\zeta^2 + [(1 + \sigma^2 - 2\zeta^2)^2 + 1]^{1/2}\}^{1/2} / \tau. \quad (4.15)$$

Człon (4.6) traktować można jako transmitancję zamkniętego układu sterowania z jednostkowym sprzężeniem zwrotnym i torem głównym opisanym transmitancją $G_0(s)$, określoną wzorem

$$G_0(s) = \frac{k(1 + T_0s)}{s(1 + Ts)}, \quad (4.16)$$

$$k = 1 / [(2\zeta - \sigma)\tau], \quad (4.17)$$

$$T = \tau / (2\zeta - \sigma), \quad (4.18)$$

$$T_0 = \tau\sigma. \quad (4.19)$$

Pulsacja odcięcia ω_{gc} , zapas fazy Δ_p oraz współczynniki wzmocnienia prędkościowego k_v i przyspieszeniowego k_a rozważanego modelu układu sterowania dane są wzorami

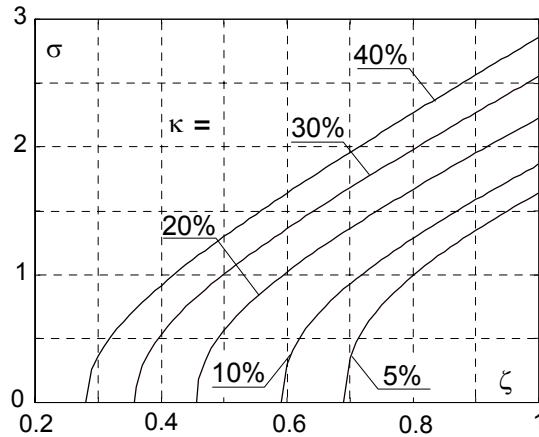
$$\omega_{gc} = \{2\zeta\sigma - 2\zeta^2 + [(2\zeta\sigma - 2\zeta^2)^2 + 1]^{1/2}\}^{1/2} / \tau, \quad (4.20)$$

$$\Delta_p = \arctg \{ [\sigma\tau\omega_c + (2\zeta - \sigma) / (\tau\omega_{gc})] / [1 - (2\zeta - \sigma)\sigma] \}, \quad (4.21)$$

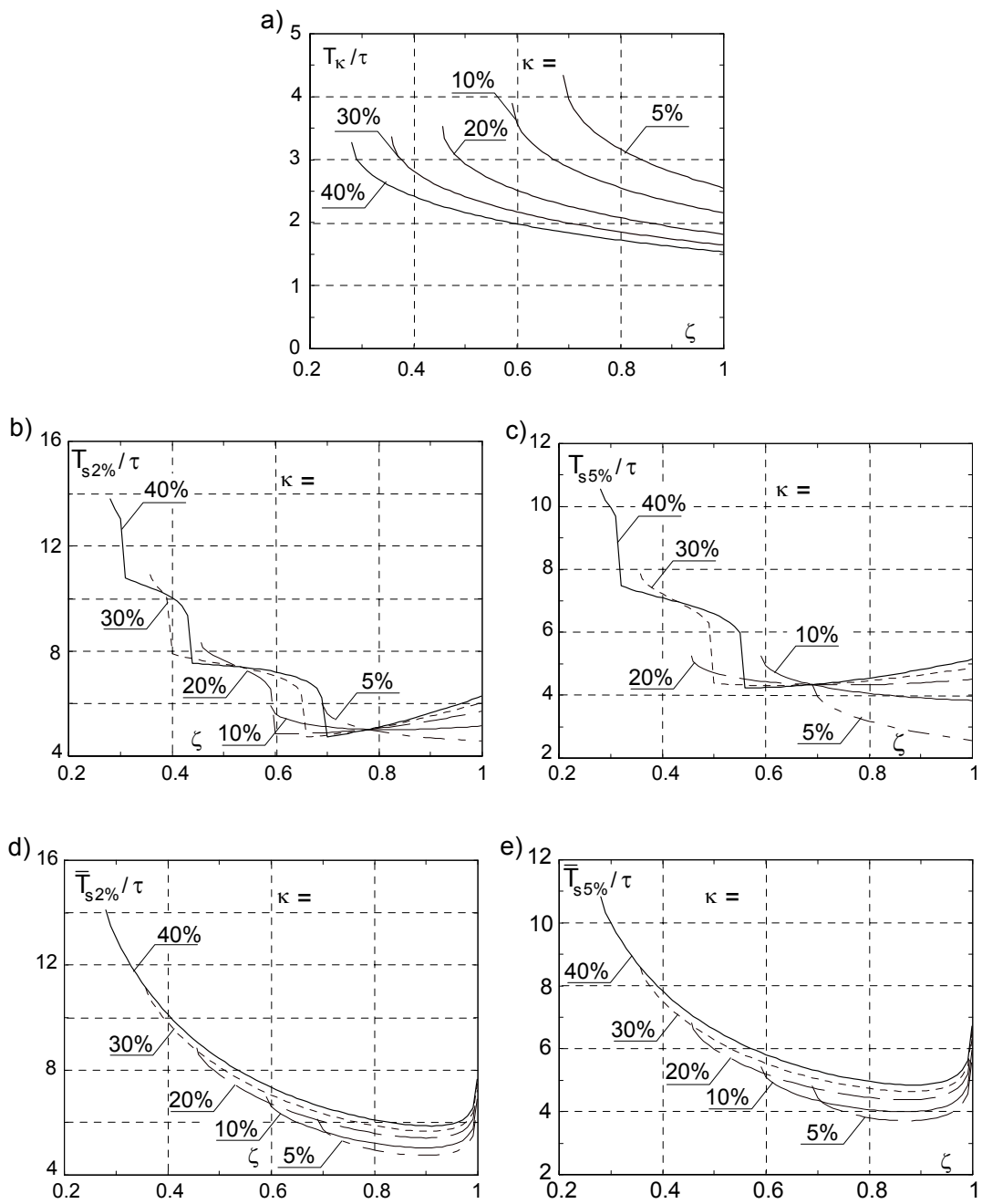
$$k_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG_0(s) = 1 / [\tau(2\zeta - \sigma)], \quad (4.22)$$

$$k_a = \lim_{s \rightarrow 0} s^2 G_0(s) = \begin{cases} 0 & \text{dla } \sigma \neq 2\zeta, \\ \tau^{-2} & \text{dla } \sigma = 2\zeta. \end{cases} \quad (4.23)$$

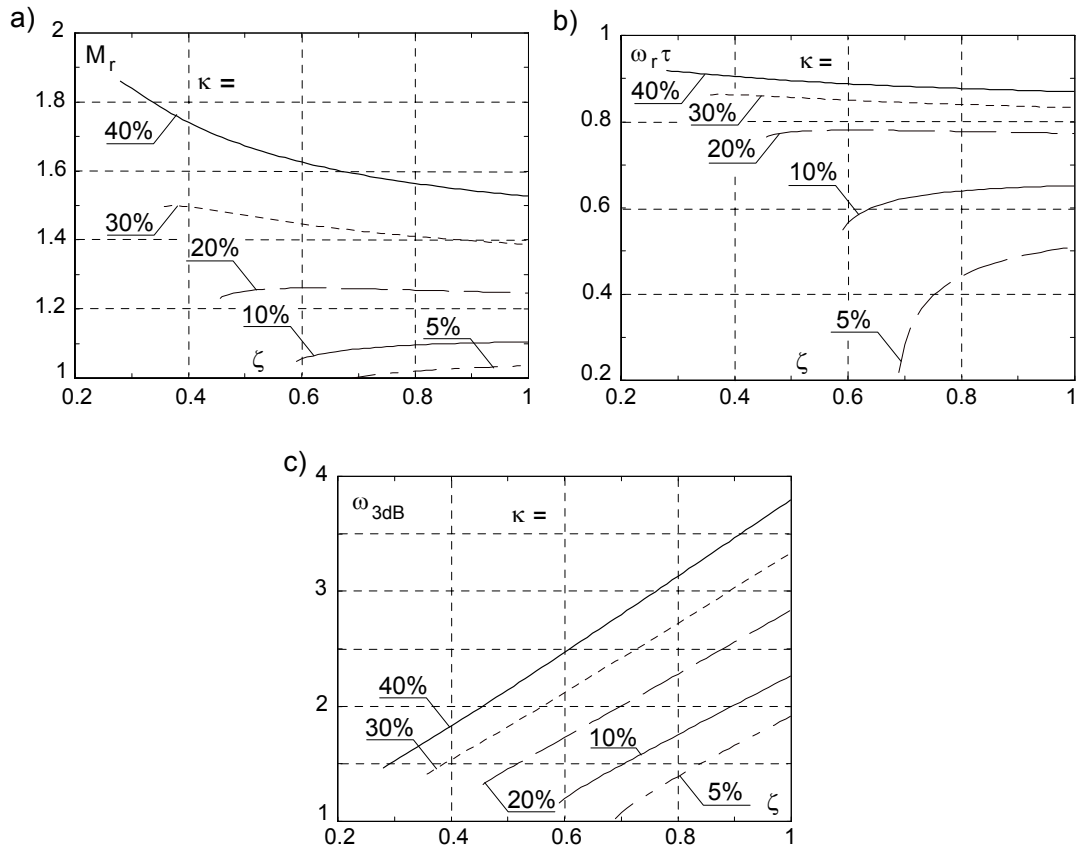
Rozważane wskaźniki członu (4.6) zilustrowano na rys. 4.4-4.8. Krzywe dane na tych rysunkach opisano wartością przeregulowania κ odpowiedzi skokowej (4.7). Linie stałego przeregulowania $\kappa = \text{const}$ na płaszczyźnie parametrów (ζ, σ) pokazano na rys. 4.4.



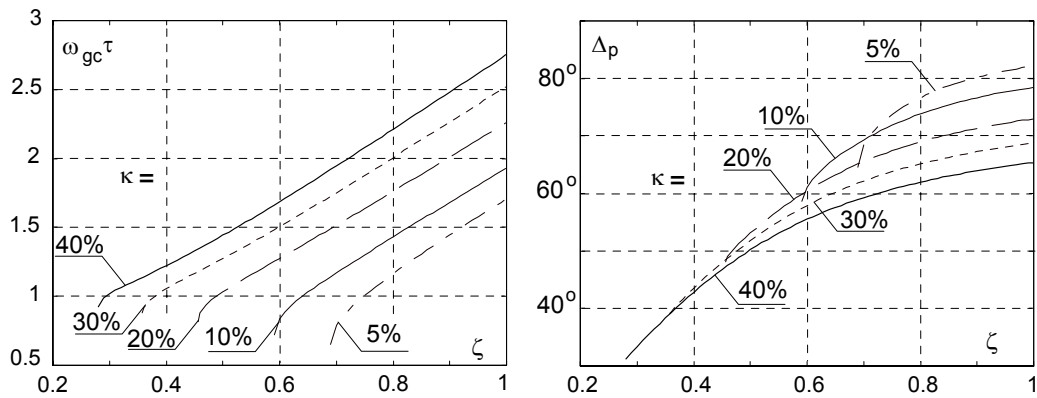
Rys. 4.4. Linie stałego przeregulowania odpowiedzi skokowej członu oscylacyjnego ze skończonym zerem



Rys. 4.5. Wskaźniki odpowiedzi skokowej członu oscylacyjnego ze skończonym zerem



Rys.4.6. Wskaźniki dotyczące charakterystyki amplitudowej członu oscylacyjnego ze skończonym zerem



Rys. 4.7. Pulsacja odcięcia ω_{gc} układu modelowanego transmitancją rzędu drugiego ze skończonym zerem

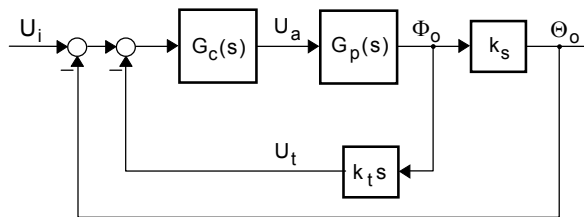
Rys. 4.8. Zapas fazy układu modelowanego transmitancją rzędu drugiego ze skończonym zerem

Transmitancja wzorcowa rzędu trzeciego

Prosty sposób parametryzacji pewnej rodziny transmitancji operatorowych rzędu trzeciego (transmitancje typu '2-1-2') podano w Ćwiczeniu 3. Rodzina ta odpowiada układowi sterowania położeniowego ze sterownikiem *PI*.

4.4.4 Badanie układów regulacji położeniowej (sterowniki *P* oraz *PI*)

We wszystkich rozważanych układach sterowania wyjściowymi wielkościami efektywnie podlegającymi kształtowaniu są przebiegi napięciowe $\Theta_o(t)$ oraz $U_i(t)$, rejestrowane na ekranie oscyloskopu. Przyjmując zewnętrzny napięciowy sygnał $U_i(t)$ jako wielkość zadaną, układowi sterowania z rys. 4.3 przyporządkować można model dany na rys. 4.9.



Rys. 4.9. Strukturalny schemat układu sterowania: regulacja położeniowa

Zadanie 1 - sterownik *P*

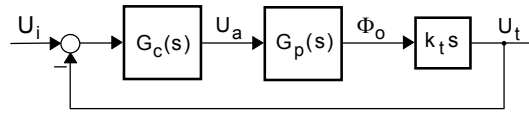
1. Dla zidentyfikowanego obiektu sterowanego obliczyć wzmocnienie k_c sterownika typu *P*, zapewniające układowi żadaną wartość przeregulowania κ , czasu maksimum T_κ lub czasu ustalania $T_{5\%}$ odpowiedzi skokowej (szczegółowe specyfikacje podaje prowadzący zajęcia).
2. Dokonać wstępnej oceny jakości procesu sterowanego, symulując układ sterowania przy użyciu odpowiednio oprogramowanego komputera wspomagającego.
3. Zaimplementować zaprojektowany sterownik.
4. Wyznaczyć wartości wskaźników charakteryzujących proces sterowany, obserwując jego przebieg na lampie oscyloskopowej.

Zadanie 2 - sterownik *PI*

1. Dla zidentyfikowanego obiektu sterowanego obliczyć wzmocnienie k_c oraz stałą całkowania T_i sterownika *PI*, zapewniające układowi sterowania żadane wartości wskaźników jakości (np. przeregulowanie κ i czas maksimum T_κ lub też przeregulowanie κ i czas ustalania $T_{5\%}$ odpowiedzi skokowej; szczegółowe specyfikacje podaje prowadzący zajęcia). Zakłada się transmitancję sterownika *PI* w postaci $G_c(s) = k_c + 1/(sT_i)$.
2. Dokonać wstępnej oceny jakości procesu sterowanego, symulując układ sterowania przy użyciu odpowiednio oprogramowanego komputera wspomagającego.
3. Zaimplementować zaprojektowany sterownik.
4. Wyznaczyć wartości wskaźników charakteryzujących proces sterowany, obserwując jego przebieg na lampie oscyloskopowej.

4.4.5 Badanie układów regulacji prędkościowej (sterowniki I oraz PI)

Rozważany model układu sterowania pokazano na rys. 4.10.



Rys. 4.10. Strukturalny schemat układu sterowania: regulacja prędkościowa

Zadanie 3 - sterownik I

1. Dla zidentyfikowania obiektu sterowanego obliczyć stałą całkowania T_i sterownika I, zapewniającą układowi zamkniętemu odpowiedź skokową o żądanym przeregulowaniu κ , czasie maksimum T_k lub czasie ustalania $T_{s5\%}$ (szczegółowe specyfikacje podaje prowadzący zajęcia). Zakłada się transmitancję sterownika I w postaci $G_c(s) = 1/(sT_i)$.
2. Dokonać wstępnej oceny jakości procesu sterowanego, symulując układ sterowania za pomocą odpowiednio oprogramowanego komputera wspomagającego.
4. Wyznaczyć wartości wskaźników charakteryzujących proces sterowany, obserwując jego przebieg na lampie oscyloskopowej.

Zadanie 4 - sterownik PI

1. Dla zidentyfikowanego obiektu sterowanego obliczyć wzmocnienie k_c oraz stałą całkowania T_i sterownika PI, zapewniające układowi sterowania żądane wartości wskaźników jakości (np. przeregulowanie κ i czas maksimum T_k lub też przeregulowanie κ i czas ustalania $T_{s5\%}$ odpowiedzi skokowej; szczegółowe specyfikacje podaje prowadzący zajęcia). Zakłada się transmitancję sterownika PI jako $G_c(s) = k_c + 1/(sT_i)$.
2. Dokonać wstępnej oceny jakości procesu sterowanego, symulując układ sterowania przy użyciu odpowiednio oprogramowanego komputera wspomagającego.
3. Zaimplementować zaprojektowany sterownik.
4. Wyznaczyć wartości wskaźników charakteryzujących proces sterowany, obserwując jego przebieg na lampie oscyloskopowej.

4.4.6 Uwagi

- a) Sygnały pobudzające, stosowane zarówno podczas identyfikacji modelu rozważanego układu, jak i podczas sterowania w tym układzie, powinny mieć postać zapewniającą pracę tego układu w zakresie charakterystyk liniowych
- b) Przeanalizować warunki implementacji (realizowalności) zaprojektowanych sterowników, biorąc pod uwagę wszystkie ograniczenia, wynikające ze skończonego zbioru nastawialnych elementów dostępnych w Zestawie Laboratoryjnym. Rozważyć możliwość wykorzystania potencjometrów P4 oraz P5 w celu realizacji wymaganych nastaw danego sterownika.
- c) W przypadku sterowania położeniowego dopuszcza się możliwość wykorzystania pomocniczego tachometrycznego sprzężenia zwrotnego.
- d) Nie narzuca się metody syntezy sterownika. Informacje podane w punkcie 4.4.3 mają zatem tylko pomocniczy charakter.

4.5 Zadania do wykonania w sprawozdaniu

1. Wykreślić wszystkie charakterystyki pomierzone w punkcie 4.4.1. Podać uzyskane wartości parametrów, charakteryzujących obiekt sterowany, oraz pozostałe elementy badanego układu sterowania.
2. Przedstawić wszystkie obliczenia wykonane w ramach punktów 4.4.4 i 4.4.5.
3. Podać pomierzone wartości wskaźników sterowanego procesu, skonfrontować je ze specyfikacjami. Skomentować uzyskane wyniki.