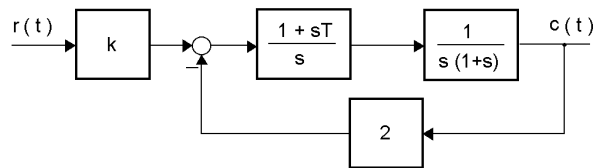


PODSTAWY AUTOMATYKI
przykładowe pytania z części teoretycznej

- (1) Omów schemat funkcjonalny typowego układu sterowania automatycznego z pętlą sprzężenia zwrotnego.
- (2) Scharakteryzuj dwa podstawowe zadania realizowane w układach sterowania automatycznego (regulacji) - zadanie przestawiania oraz zadanie nadążania.
- (3) Opisz typowe sytuacje, w których projektant układów regulacji zmuszony jest do poszukiwania kompromisowych (realistycznych) rozwiązań.
- (4) Wymień podstawowe modele liniowych obiektów dynamicznych (modele wejściowo-wyjściowe oraz model w przestrzeni stanu). Omów wzajemne związki między tymi modelami.
- (5) Opisz klasę równoważności podobnych modeli w przestrzeni stanu danego obiektu dynamicznego. Podaj niezmienniki stosownych relacji podobieństwa.
- (6) Zdefiniuj macierz fundamentalną liniowego jednorodnego równania różniczkowego $\dot{x}(t) = Ax(t), x(t_0) \in \mathbb{R}^n$. Opisz znane Ci sposoby wyznaczania takiej macierzy.
- (7) Na podstawie zadanego (prostego!) schematu strukturalnego wyznacz stosowną funkcję przenoszenia (transmitancję).
- (8) Podaj przykładowe modele w przestrzeni stanu zadanych (prostych!) obiektów dynamicznych. Jakie są wartości własne macierzy stanu tych modeli? Czy otrzymane modele są podobne?
- (9) Co to jest 'diagonalizacja' modelu w przestrzeni stanu? Podaj procedurę takiej diagonalizacji. Czy każda macierz stanu da się zdiagonalizować?
- (10) Podaj definicję oraz kryterium stabilności w sensie *BIBO* liniowego obiektu dynamicznego.
- (11) Podaj definicję oraz kryterium stabilności asymptotycznej liniowego obiektu dynamicznego.
- (12) Podaj definicję oraz kryterium stabilności wewnętrznej (totalnej) liniowego obiektu dynamicznego.
- (13) Posługując się kryterium Routha-Hurwitza, opisz własności zer zadanego (prostego!) wielomianu $W(s)$.
- (14) Zdefiniuj pojęcie uchybu sterowania (regulacji). Omów główne przyczyny pojawiania się uchybów. Jakie środki proponujesz, aby ograniczyć wartość uchybu.

- (15) Podaj definicję astatyzmu pierwszego stopnia (rzędu) układu regulacji automatycznej. Naskicuj schemat przykładowego układu regulacji ze sprzężeniem zwrotnym, który jest układem o takim astatyzmie, a także układu, który wymienioną cechą się nie charakteryzuje.
- (16) Dany jest układ zamknięty z jednostkowym ujemnym sprzężeniem zwrotnym, obejmującym tor główny złożony z szeregowo połączonych korektora $G_c(s) = (s - 1)/s$ oraz obiektu $G_p(s) = 2/(s - 1)$. Wyjaśnij, dlaczego taki sposób korekcji jest niedopuszczalny.
- (17) Dany jest model układu regulacji jak na rysunku.



Schemat strukturalny układu regulacji.

Podaj warunki, jakie należy nałożyć na wartości nastaw k oraz T , aby w tym układzie doprowadzić do zerowania się ustalonego uchybu położeniowego. Jaka będzie wówczas wartość ustalonego uchybu prędkościowego?

- (18) Wymień zasady wykreślenia linii pierwiastkowych. Naskicuj orientacyjny przebieg linii pierwiastkowych dla zadanego (prostego!) przykładu funkcji przenoszenia $\tilde{G}_0(s)$ części dynamicznej toru głównego układu zamkniętego.
- (19) Uzasadnij reguły kreślenia linii pierwiastkowych, głoszące że:
- (i) 'linie pierwiastkowe zaczynają się w biegunach funkcji przenoszenia $\tilde{G}_0(s)$ części dynamicznej układu otwartego, zaś kończą się w zerach tej funkcji';
 - (ii) 'linie pierwiastkowe mogą na osi rzeczywistej płaszczyzny zespolonej zajmować miejsce na lewo od nieparzystej liczby punktów kontrolnych (zer i biegunów funkcji przenoszenia $\tilde{G}_0(s)$ części dynamicznej układu otwartego)'.
- (20) Wykreśl orientacyjny przebieg linii pierwiastkowych dla zadanego (prostego!) przykładu funkcji przenoszenia $\tilde{G}_0(s)$ części dynamicznej układu otwartego. Jakie wnioski płyną z tego przebiegu dla projektanta układów regulacji (rozważ typowe projektowe wymagania, dotyczące stabilności układu zamkniętego, szybkości procesów przejściowych oraz statycznej dokładności regulacji).
- (21) Scharakteryzuj pojęcie dobrej określoności liniowego układu dynamicznego. Podaj prosty przykład układu ze sprzężeniem zwrotnym, który nie

jest dobrze określony. Zinterpretuj własności takiego układu w oparciu o metodę linii pierwiastkowych.

- (22) Omów bezpośrednio (w dziedzinie czasu) oraz pośrednio (w dziedzinie częstotliwości) wskaźniki jakości regulacji, odnoszące się do (i) stabilności układu zamkniętego oraz do (ii) szybkości procesów przejściowych w tym układzie.
- (23) Omów podstawowe charakterystyki oraz praktyczne wskaźniki opisujące człon dynamiczny pierwszego rzędu $G(s) = k/(1 + Ts)$.
- (24) Omów podstawowe charakterystyki oraz praktyczne wskaźniki opisujące człon dynamiczny drugiego rzędu $G(s) = k/(1 + 2\zeta\tau s + \tau^2 s^2)$.
- (25) Scharakteryzuj prostą metodę syntezy układów regulacji, w której człon dynamiczny drugiego rzędu $G(s) = k/(1 + 2\zeta\tau s + \tau^2 s^2)$ wykorzystywany jest jako pewna wzorcowa funkcja przenoszenia (transmitancja) projektowanego układu zamkniętego.
- (26) Dany jest układ, w którym człon $k/(s(1 + s))$ w torze głównym objęty jest jednostkowym ujemnym sprzężeniem zwrotnym. Zakładając, że $k > 0$ jest nastawą swobodną, rozważ wpływ wartości tej nastawy na własności (i) odpowiedzi skokowej oraz (ii) charakterystyki modułu rozważanego układu zamkniętego.
- (27) Opisz 'typ monotoniczności' następujących praktycznych wskaźników jakości regulacji, odpowiadających wzorcowej funkcji przenoszenia drugiego rzędu $G(s) = 1/(1 + 2\zeta\tau s + \tau^2 s^2)$: $\kappa(\zeta)$, $M_r(\zeta)$, $\Delta_p(\zeta)$, $T_\kappa(\zeta, \tau)$, $T_{s\Delta}(\zeta, \tau)$, $\omega_{3dB}(\zeta, \tau)$, $\omega_r(\zeta, \tau)$ oraz $\omega_{gc}(\zeta, \tau)$.
- (28) Scharakteryzuj prostą metodę syntezy układów regulacji, opartą na koncepcji 'pary biegunów dominujących' wybranej funkcji przenoszenia projektowanego układu zamkniętego.
- (29) Dany jest układ, w którym tor główny tworzy regulator $G_r(s)$ szeregowo połączony z obiektem $G_p(s)$, zaś ujemne sprzężenie zwrotne ma charakter jednostkowy. Omów motywy, które legły u podstaw prostej metody syntezy regulatora w oparciu o wzór

$$G_r(s) = \frac{1}{G_p(s)} \cdot \frac{G_w(s)}{1 - G_w(s)}$$

w którym $G_w(s)$ oznacza przyjętą wzorcową funkcję przenoszenia projektowanego układu zamkniętego. Podдай krytycznej ocenie tę naiwną metodę projektowania.

- (30) Uzasadnij tezę, która głosi, że obecność zer funkcji przenoszenia układu otwartego w prawej półpłaszczyźnie zespolonej może w istotny sposób ograniczać statyczną dokładność regulacji, możliwą do uzyskania w odpowiednim układzie zamkniętym.

- (31) Omów własności oraz zastosowanie korektora (regulatora) przyspieszającego fazę *lead*. Posługując się metodą linii pierwiastkowych oraz metodą charakterystyk częstotliwościowych, podaj stosowne interpretacje motywujące użycie takiego korektora w układzie regulacji automatycznej.
- (32) Omów własności oraz zastosowanie korektora (regulatora) opóźniającego fazę *lag*. Posługując się metodą linii pierwiastkowych oraz metodą charakterystyk częstotliwościowych, podaj stosowne interpretacje motywujące użycie takiego korektora w układzie regulacji automatycznej.
- (33) Wykreśl asymptotyczne charakterystyki Bodego dla zadanych (prostych!) modeli (funkcji przenoszenia).
- (34) Wyznacz orientacyjny przebieg charakterystyk Nyquista dla zadanych (prostych!) modeli (funkcji przenoszenia).
- (35) Podaj kryterium Nyquista stabilności układu dynamicznego ze sprzężeniem zwrotnym. Zastosuj to kryterium w zadanym (prostym!) przypadku.
- (36) Podaj definicje zapasów (marginesów) wzmocnienia oraz fazy układu regulacji ze sprzężeniem zwrotnym. Podaj stosowne interpretacje tych definicji w oparciu o charakterystyki Nyquista oraz Bodego otwartego układu regulacji.
- (37) Scharakteryzuj główne założenia metody korekcji liniowych układów dynamicznych ze sprzężeniem zwrotnym w oparciu o charakterystyki częstotliwościowe odpowiednich układów otwartych.
- (38) Omów rolę członu całkującego w korektorze dynamiki toru głównego układu regulacji. Przedstaw stosowne interpretacje w oparciu o linie pierwiastkowe oraz charakterystyki częstotliwościowe.
- (39) Jakie ograniczenia dotyczące jakości regulacji wiążą się z praktyczną realizacją sprzężenia zwrotnego w układach automatyki (takie sprzężenie jest zwykle niejednostkowe oraz ma charakter dynamiczny).
- (40) Omów metody strojenia regulatorów *PID*.
- (41) Scharakteryzuj wpływ obecności opóźnień transportowych na własności zamkniętych układów regulacji.
- (42) Zaproponuj sposoby identyfikacji parametrów podstawowych członów dynamicznych pierwszego $G_p(s) = k/(1 + TS)$ oraz drugiego rzędu $G_p(s) = k/(1 + 2\zeta\tau s + \tau^2 s^2)$ na podstawie odpowiednio dobranych empirycznych danych, pozyskanych w dziedzinie (i) czasu oraz (ii) częstotliwości.

Piotr Suchomski, jesień-zima 2005/2006.