

Sterowanie procesami – projekt I, zadanie 6

Proces dynamiczny opisany jest transmitancją ciągłą

$$G(s) = \frac{(s+1)(s+10)}{(s-11)(s+12)(s+13)}$$

1. Wyznaczyć (**i proces ten udokumentować**) transmitancję dyskretną $G(z)$. Zastosować okres próbkowania 0,5 s i ekstrapolator zerowego rzędu. Określić zera i bieguny obu transmitancji.
2. Znaleźć reprezentację modelu dyskretnego w przestrzeni stanu stosując pierwszy i drugi wariant metody bezpośredniej. Narysować szczegółową strukturę tych modeli. model procesu w przestrzeni stanu (dwoma metodami). Narysować szczegółową strukturę modeli.
3. Wykazać **symbolicznie**, że obie reprezentacje modelu dyskretnego w przestrzeni stanu można sprowadzić do tej samej transmitancji.
4. Porównać odpowiedź skokową (wyjście) transmitancji dyskretniej i obu modeli w przestrzeni stanu przy zmianie sygnału wejściowego z wartości 0 na 1 w chwili 1 s. Symulacje przeprowadzić przy zerowych i niezerowych warunkach początkowych modeli w przestrzeni stanu. Wyniki skomentować. Czy modele są stabilne? Odnieść się do transmitancji ciągłej.

—— Dalsze rozważania przeprowadzić dla drugiej wersji modelu w przestrzeni stanu. ——

5. Sprawdzić sterowalność i obserwowalność modelu.
6. Wyznaczyć regulator ze sprzężeniem od stanu, podać jego równanie. Narysować ogólną strukturę układu regulacji. Przyjąć warunek początkowy $x(0) = [-1 \ -2 \ 5]^T$ i warunek końcowy $x(t_{\text{konc}}) = [0 \ 0 \ 0]^T$, wartość t_{konc} dobrać w taki sposób, aby udało się osiągnąć żądany warunek końcowy w akceptowalnym czasie. Jakość regulacji ocenić na podstawie szybkości zbieżności zmiennych stanu (do 0) oraz wartości i szybkości zmian sygnału sterującego. Przeprowadzić symulacje dwóch wersji regulatorów:
 - I: przyjąć, że układ zamknięty ma trzy takie same bieguny rzeczywiste z_b . Pokazać wpływ bieguna na trajektorie zmiennych stanu i sterowania. Czy można przyjąć zerowe bieguny regulatora?
 - II: przyjąć jeden biegun rzeczywisty z_{b_1} oraz parę biegunów sprzężonych $z_{b_2} = a + bj$, $z_{b_3} = a - bj$. Pokazać wpływ parametrów a i b na trajektorie zmiennych stanu i sterowania.
7. Wybrać najlepsze regulatory – po jednym dla każdej wersji regulatora. Uzasadnić wybór, podać użyte w tym celu wskaźniki jakości.
8. Zaprojektować obserwator zredukowanego rzędu o biegunach rzeczywistych z_{o_2}, z_{o_3} , (podać jego równania, wyznaczyć parametry). Narysować szczegółową strukturę obserwatora i ogólną strukturę układu regulacji z obserwatorem (tj. ze stanem obserwowanym). Do symulacji przyjąć zerowy warunek początkowy obserwatora i niezerowy warunek początkowy obiektu.
9. Przetestować działanie obserwatora przy regulatorze korzystającym z mierzonego stanu. Przedstawić trajektorie zmiennych stanu świadczące o zbieżności stanu obserwowanego do stanu rzeczywistego. Pokazać wpływ biegunów obserwatora na jego działanie. Rozważyć najlepsze regulatory w obu wersjach z pkt. 7. Wybrać bieguny obserwatora w dwóch przypadkach: obserwator wolny, obserwator szybki. Czy można przyjąć zerowe bieguny obserwatora?
10. Przetestować działanie regulatora gdy brak jest pomiaru zmiennych stanu $x_2(t)$ i $x_3(t)$ (w regulatorze wykorzystuje się stan obserwowany). Zamieścić przebiegi zmiennych stanu i sygnału sterującego dla najlepszych regulatorów w obu wersjach z pkt. 7. i obu wersjach obserwatora.

Ważne: Wszystkie obliczenia można wykonać ręcznie lub przy wykorzystaniu pakietu Matlab. Do symulacji zastosować Simulink. **W sprawozdaniu przejrzyście przedstawić dojście do używanego wyniku (metoda, obliczenia, itp.), prezentację wyniku i wnioski.** Przesłać **sprawozdanie w pliku PDF oraz spakowane wszystkie pliki źródłowe Matlaba i Simulinka** na adres R.Nebeluk@elka.pw.edu.pl do dnia 08.05.2020 (włącznie). Nie wysyłać innych plików, np. graficznych. Maksymalna liczba punktów wynosi 20. Za każdy rozpoczęty dzień spóźnienia odejmowany jest 1 punkt.