

Sterowanie procesami – projekt I, zadanie 23

Proces dynamiczny opisany jest transmitancją ciągłą (stałe czasowe w sekundach)

$$G(s) = \frac{(s + 0,5)(s + 3,5)}{(s + 6)(s + 4)(s + 5)}$$

1. Wyznaczyć **numerycznie** dwie wersje modeli ciągłych w przestrzeni stanu. Zamieścić rysunki reprezentacji graficznych modeli.
2. Wykazać **symbolicznie**, że obie wersje modelu w przestrzeni stanu można sprowadzić do tej samej transmitancji.
3. Porównać odpowiedź skokową (wyjście) transmitancji i obu modeli w przestrzeni stanu przy zmianie sygnału wejściowego z 0 na 1 w chwili 1 s. Symulacje przeprowadzić przy zerowych i niezerowych warunkach początkowych modeli w przestrzeni stanu.
4. Wyznaczyć **numerycznie** transmitancje dyskretnie $G(z)$ odpowiadające transmitancji ciągłej $G(s)$ dla okresów próbkowania 0,1 s, 0,5 s, 1 s, 5 s, 10 s (zastosować ekstrapolator zerowego rzędu). Porównać odpowiedzi skokowe transmitancji ciągłej i dyskretnej przy zmianie sygnału wejściowego z 0 na 1 w chwili 1 s (oddzielny rysunek dla każdego okresu próbkowania).

Dalsze rozważania przeprowadzić dla pierwszej wersji ciągłego modelu w przestrzeni stanu.

5. Wyznaczyć **symbolicznie** regulator ze sprzężeniem od stanu ($u(t) = -Kx(t)$), tzn. podać zależność elementów wektora K od potrójnego bieguna s_b układu zamkniętego. Dla 3 przykładowych wartości bieguna sprawdzić otrzymane wyniki **numerycznie**.
6. Zasyмуляować obiekt z regulatorem ze sprzężeniem od stanu. Przyjąć warunek początkowy obiektu $x(0) = [-1 \ 2 \ 1]^T$ 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. Zamieścić przebiegi zmiennych stanu i sterowania dla 5 przykładowych wartości potrójnego bieguna s_b układu zamkniętego. Wybrać jeden regulator, zapewniający kompromis między szybkością regulacji a jakością sygnału sterującego. Dalsze symulacje prowadzić dla wybranego regulatora.
7. Wyprowadzić równania obserwatora pełnego rzędu o potrójnym biegunie s_o . Zamieścić rysunek szczegółowej struktury obserwatora i ogólnej struktury układu regulacji z obserwatorem.
8. Przetestować działanie obserwatora przy regulatorze korzystającym z **mierzonego stanu**. Zbadać wpływ potrójnego bieguna obserwatora s_o na jego działanie (parametry obserwatora obliczać **numerycznie** na podstawie bieguna s_o). Zamieścić przebiegi rzeczywistych i estymowanych zmiennych stanu oraz sterowania dla 5 przykładowych wartości bieguna s_o . Do symulacji przyjąć zerowy warunek początkowy obserwatora oraz niezerowy warunek początkowy obiektu (jak w pkt. 6).
9. Przetestować działanie regulatora gdy **brak jest pomiaru zmiennych stanu** (w regulatorze wykorzystuje się stan obserwowany). Zamieścić przebiegi zmiennych stanu i sygnału sterującego dla regulatora wybranego w pkt. 6. i dwóch obserwatorów („wolnego” i „szybkiego”).

Zadanie dodatkowe (punktowane dodatkowo w skali 0-3 pkt.)

Sprawdzić działanie dwóch regulatorów („wolnego” i „szybkiego”) w zadaniu nadążania za zmianami wartości zadanej sygnału wyjściowego przy zerowych warunkach początkowych obiektu. Zamieścić trajektorie zmiennych stanu i sterowania. Projektowanie układu regulacji wykonać **numerycznie**, regulator korzysta z **mierzonego stanu**.

Uwagi:

- a) Obliczenia wykonać w pakiecie MATLAB, do symulacji zastosować Simulink. **Wszystkie obliczenia i symulacje należy udokumentować w sprawozdaniu.**
- b) Przesłać **sprawozdanie w pliku pdf oraz spakowane wszystkie pliki źródłowe MATLABa i Simulinka** na adres M.Lawrynczuk@ia.pw.edu.pl do dnia 14.12.2018 (włącznie). Nie wysyłać innych plików, np. graficznych, źródłowych sprawozdania.
- c) Maksymalna liczba punktów wynosi 20 (+3 punkty dodatkowe). Za każdy rozpoczęty dzień spóźnienia odejmowany jest 1 punkt.