

## Sterowanie procesami – projekt I, zadanie 9

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

$$G(s) = \frac{(s+1)(s+9)}{(s+10)(s+11)(s+12)}$$

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. Zasymulować obiekt z regulatorem ze sprzężeniem od stanu. Przyjąć warunek początkowy obiektu  $x(0) = [3 \ -3 \ -5]^T$  i warunek końcowy  $x(t_{\text{konc}}) = [0 \ 0 \ 0]^T$ , wartość  $t_{\text{konc}}$  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.