

## Sterowanie procesami – projekt I, zadanie 45

### Zadanie obowiązkowe (0-15 pkt.)

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

$$G(s) = \frac{(s + 2,5)(s + 5)}{(s + 6)(s + 7)(s + 8)}$$

1. Wyznaczyć dowolną reprezentację transmitancji w przestrzeni stanu. Zamieścić rysunek reprezentacji graficznej modelu (Simulink).
2. Wykazać, że otrzymany model w przestrzeni stanu można z powrotem sprowadzić do transmitancji. Wykonać obliczenia **numerycznie i symbolicznie**.
3. Przeprowadzić symulację obiektu z regulatorem ze sprzężeniem od stanu ( $u(t) = -Kx(t)$ ). Zamieścić szczegółowy rysunek symulowanego w Simulinku systemu (obiekt i regulator). Przyjąć warunek początkowy obiektu  $x(0) = [5 \ -1 \ 3]^T$  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. Przyjąć, że wszystkie rzeczywiste bieguny układu zamkniętego są takie same i równe  $s_b$ . Zamieścić przebiegi zmiennych stanu i sterowania dla **trzech** przykładowych wartości potrójnego bieguna („wolnego”, „średniego” i „szybkiego”). We wszystkich przypadkach czas symulacji ( $t_{\text{konc}}$ ) musi być taki sam. Wybrać jeden regulator, zapewniający kompromis między szybkością regulacji a jakością (tzn. wartością i szybkością zmian) sygnału sterującego. Dalsze symulacje prowadzić dla wybranego regulatora.
4. Wyprowadzić równania obserwatora pełnego rzędu o potrójnym biegunie  $s_o$ . Zamieścić rysunek szczegółowej struktury obserwatora (Simulink).
5. Przetestować działanie obserwatora przy regulatorze korzystającym z **mierzonego stanu**. Zamieścić szczegółowy rysunek symulowanego w Simulinku systemu (obiekt, regulator i obserwator). Zbadać wpływ potrójnego bieguna obserwatora  $s_o$  na jego działanie. Zamieścić przebiegi rzeczywistych i estymowanych zmiennych stanu dla **trzech** przykładowych wartości bieguna  $s_o$  („wolnego”, „średniego” i „szybkiego”). Do symulacji przyjąć zerowy warunek początkowy obserwatora.
6. Przetestować działanie obserwatora dla niezerowych warunków początkowych obserwatora  $\hat{x}(0) = [10 \ 20 \ 30]^T$  oraz **trzech** przykładowych wartości bieguna  $s_o$  („wolnego”, „średniego” i „szybkiego”). Zamieścić przebiegi rzeczywistych i estymowanych zmiennych stanu.
7. Przetestować działanie wybranego regulatora i obserwatora gdy **brak jest pomiaru zmiennych stanu** (w regulatorze wykorzystuje się stan obserwowany). Zamieścić szczegółowy rysunek symulowanego w Simulinku systemu (obiekt, regulator i obserwator). Zamieścić przebiegi zmiennych stanu i sygnału sterującego. Symulacje wykonać dla zerowego warunku początkowego obserwatora oraz niezerowego:  $\hat{x}(0) = [10 \ 20 \ 30]^T$ .

### Zadanie dodatkowe (punktowane dodatkowo w skali 0-5 pkt.)

Zaprojektować regulator ze sprzężeniem od stanu i całkowaniem. Dla uproszczenia przyjąć, że regulator korzysta z **mierzonego stanu**. Zamieścić szczegółowy rysunek symulowanego w Simulinku systemu (obiekt i regulator). Zamieścić przebiegi zmiennych stanu, wartości zadanej

wyjścia, wyjścia i sterowania dla **dwóch** przykładowych wartości poczwórnego bieguna  $s_b$  układu zamkniętego („wolnego” i „szybkiego”) w zadaniu nadążania za zmianami wartości zadanej sygnału wyjściowego przy zerowych warunkach początkowych obiektu. Dla **dwóch** przyjętych biegunów przetestować również działanie układu regulacji w przypadku zwiększenia o kilkadziesiąt procent wartości wszystkich elementów macierzy  $B$  obiektu.

**Uwagi:**

- a) Obliczenia wykonać w pakiecie MATLAB, do symulacji zastosować Simulink.
- b) **Wszystkie obliczenia i symulacje należy krótko udokumentować i omówić w sprawozdaniu. Nie przepisywać wzorów ogólnych, ale pokazać jak zostały one zastosowane (np. podając polecenia MATLABa z odpowiednimi argumentami).**
- c) Do przygotowania sprawozdania można wykorzystać szablon dostępny w systemie Studia. **Należy uwzględnić uwagi podane w szablonie sprawozdania.**
- d) Do dnia 26.4.2024 (do godz. 23.59) należy w module sprawozdania systemu Studia umieścić spakowany plik, zawierający **sprawozdanie w pliku pdf oraz wszystkie pliki źródłowe MATLABa i Simulinka**. Nie wysyłać innych plików, np. graficznych.
- e) Za każdy rozpoczęty dzień spóźnienia odejmowany jest 1 punkt.