Uniwersytet Zielonogórski
Instytut Sterowania i Systemów Informatycznych

Laboratorium Automatyki i Robotyki

Modelowanie sygnałów i układów w dziedzinie czasu

1. Wyznacz analitycznie modele stanowe następujących transmitacji

   (a)
   $$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{100}{s^4 + 20s^3 + 10s^2 + 7s + 100}$$

   (b)
   $$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{30}{s^5 + 8s^4 + 9s^3 + 6s^2 + s + 30}$$

   (c)
   $$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{7s + 10}{s^4 + 5s^3 + s^2 + 5s + 17}$$

   (d)
   $$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{s^4 + 2s^3 + 5s^2 + 7s + 6}{s^5 + 9s^4 + 13s^3 + 10s^2}$$

2. Korzystając z polecenia `tf2ss` dokonaj konwersji powyższych transmitancji do modeli stanowych w środowisku Matlab. Wyświetl wykresy odpowiedzi tych modeli na losowe warunki początkowe oraz sygnału wyjściowego przy pobudzeniu układu sygnałem sinusoidalnym w przedziale czasu $t = (0, 10)[sec]$. Skorzystaj z poleceń `initial` oraz `lsim`.

3. Napisz skrypt w środowisku Matlab wyznaczający model w przestrzeni stanów dla zadanej transmitacji bez korzystania z poleceń `tf2ss` oraz `ssdata`.

4. Poniżej przedstawiony jest fragment kodu pozwalający na znalezienie transmitacji dla zadanego modelu stanowego z wykorzystaniem przetwarzania symbolicznego w środowisku Matlab.
   syms s % definiujemy zmienną symboliczną
   A=[0 1 0;0 0 1;-1 -2 -3]; % Tworzymy macierz A.
   B=[10;0;0]; % Macierz B.
   C=[1 0 0]; % Macierz C.
   D=0; % Macierz D.
   I=[1 0 0;0 1 0;0 0 1]; % macierz jednostkowa (lub I=eye(3)).
   T=$C * ((s * I - A)^-1) * B + D$; % Wyznaczamy transmitancje.
   pretty(T) % wyświetlamy w odpowiedniej formie.

   Na podstawie powyższego kodu znajdź transmitancje dla poniższych modeli stanowych

   (a)
   $$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -3 & -2 & -5 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 10 \end{bmatrix} u(t)$$
   $$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x(t)$$

   (b)
   $$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -7 & -9 & -2 & -3 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 5 \\ 8 \\ 2 \end{bmatrix} u(t)$$
   $$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 6 & 6 \end{bmatrix} x(t) + 2u(t)$$

(c)

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 0 & 4 & -2 \\ -3 & 5 & -5 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 2 & 8 \\ -7 & 6 & -3 & -4 & 0 \\ -6 & 0 & 4 & -3 & 1 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 2 \\ 7 \\ 8 \\ 5 \\ 4 \end{bmatrix} u(t)$$
$$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & -2 & -9 & 7 & 6 \end{bmatrix} x(t)$$

Sprawdź poprawność obliczeń z użyciem funkcji `ss2tf` lub `tfdata`.

5. Znajdź model stanowy następującej transmitancji

$$G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{s+c}{(s^2+as+b)(s+d)}$$

6. Dany jest następujący model ruchu łodzi podwodnej w przestrzeni stanów

$$\begin{bmatrix} \dot{w} \\ \dot{q} \\ \dot{z} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.038 & 0.896 & 0 & 0.0015 \\ 0.0017 & -0.092 & 0 & -0.0056 \\ 1 & 0 & 0 & -3.086 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ q \\ z \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.0075 & -0.023 \\ 0.017 & -0.0022 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_B \\ \delta_S \end{bmatrix}$$
$$\begin{bmatrix} z \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ q \\ z \\ \theta \end{bmatrix}$$

gdzie

- w - prędkość wynurzania/zanurzania
- q - współczynnik wynurzania/zanurzania
- z - głębokość na której znajduje się łódź
- θ - kąt wynurzania/zanurzania
- δ_B - kąt położenia steru głębokości
- δ_S - kąt położenia steru rufowego

Ponieważ mamy dwa wejścia i dwa wyjścia to możemy zdefiniować cztery transmitancje. Wyznacz kolejno:

$$G_1(s) = \frac{z(s)}{\delta_B(s)},\ G_2(s) = \frac{z(s)}{\delta_S(s)},\ G_3(s) = \frac{\theta(s)}{\delta_B(s)},\ G_4(s) = \frac{\theta(s)}{\delta_S(s)}$$