

Laboratorium nr 3

Projektowanie układów automatyki z wykorzystaniem Matlab'a i Simulinka

1. Cele ćwiczenia

- poznanie sposobów tworzenia liniowych modeli układów automatyki, zmiana postaci modeli,
- tworzenie schematów blokowych układów automatyki,
- wyznaczanie charakterystyk czasowych i częstotliwościowych układów automatyki

2. Wprowadzenie teoretyczne

2.1 Modele układów automatyki

W Matlabie najczęściej wykorzystuje się następujące postaci liniowych modeli dynamicznych:

- równania stanu i wyjścia

Do ich pełnego określenia wystarcza podanie macierzy **A**, **B**, **C** i **D**

Np.
$$A = \begin{bmatrix} -3 & -2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = [1 \quad 2] \quad D = [0]$$

Wykorzystując instrukcję **ss(A, B, C, D)** możemy zobaczyć postać modelu na ekranie.

- macierze transmitancji (tylko dla układów SIMO - jedno wejście, wiele wyjść)

Transmitancje podaje się w postaci pary wektorów zawierających współczynniki licznika i mianownika, przy czym umieszcza się je tam wg malejących potęg operatora **s**.

Np. wektory: $L = [1 \ 2]$, $M = [1 \ 3 \ 2]$ odpowiadają transmitancji:

$$G(s) = \frac{s + 2}{s^2 + 3s + 2}$$

Wykorzystując instrukcję **tf(L, M)** możemy zobaczyć postać transmitancji na ekranie.

2.2. Zmiana postaci modeli

- funkcje **ss2tf** oraz **tf2ss**

$$\begin{aligned} [L, M] &= \mathbf{ss2tf}(A, B, C, D, iu) \\ [A, B, C, D] &= \mathbf{tf2ss}(L, M) \end{aligned}$$

Funkcja **ss2tf** zamienia równania stanu na odpowiadającą im transmitancję liczoną względem wejścia o numerze *iu*. Wektor **L** zawiera współczynniki licznika transmitancji. Wektor **M** zawiera współczynniki mianownika transmitancji.

Funkcja **tf2ss** dokonuje konwersji opisu układu w postaci transmitancji na opis w postaci zmiennych stanu. Kolejne macierze oznaczają: **A** – macierz stanu, **B** – macierz wejść, **C** – macierz wyjść, **D** – macierz transmisji.

2.3. Tworzenie schematów blokowych

Poniżej przedstawiono funkcje umożliwiające uzyskanie wypadkowych modeli dla układów ze sprzężeniem zwrotnym oraz połączonych szeregowo lub równoległe

- **cloop** - układ z czystym sprzężeniem zwrotnym

$[L, M] = \text{cloop}(L1, M1, \text{znak})$

- **feedback** - układ ze sprzężeniem zwrotnym z kompensatorem w obwodzie sprzężenia

$[L, M] = \text{feedback}(L1, M1, L2, M2, \text{znak})$

- **series** - szeregowe połączenie dwóch układów

$[L, M] = \text{series}(L1, M1, L2, M2)$

- **parallel** - równoległe połączenie dwóch układów

$[L, M] = \text{parallel}(L1, M1, L2, M2)$

Znak sprzężenia - parametr *znak* powinien mieć wartość 1 (domyślnie) dla sprzężenia dodatniego i wartość -1 dla ujemnego.

2.4. Wyznaczanie charakterystyk czasowych

Charakterystyka impulsowa dla układów ciągłych.

- **impulse** (A, B, C, D, iu)
- **impulse** (L, M)
- $[Y, X, t] = \text{impulse}(L, M)$

Charakterystyka skokowa dla układów ciągłych.

- **step** (A, B, C, D, iu)
- **step** (L, M)
- $[Y, X, t] = \text{step}(L, M)$

2.5. Wyznaczanie charakterystyk częstotliwościowych

Charakterystyka amplitudowo-fazowa dla układów ciągłych.

- **nyquist** (A, B, C, D, iu)
- **nyquist** (L, M)
- $[\text{re}, \text{im}, w] = \text{nyquist}(L, M)$

Charakterystyki częstotliwościowe dla układów ciągłych.

- **bode** (A, B, C, D, iu)
- **bode** (L, M)
- $[\text{ampl}, \text{faza}, w] = \text{bode}(L, M)$

3. Przebieg ćwiczenia

3.1. Dla podanych macierzy dokonać zamiany modelu na postać transmitancji operatorowej

a) $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -4, & 2 \\ 2, & -1 \end{bmatrix}$ $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $\mathbf{C} = [1 \ 0]$ $\mathbf{D} = [0]$

b) $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -3 & 0 \end{bmatrix}$ $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ $\mathbf{C} = [1 \ 1 \ 0]$ $\mathbf{D} = [0]$

3.2. Dla podanych transmitancji operatorowych dokonać zamiany modelu na postać macierzową

a) $G(s) = \frac{4s}{2s+1}$, b) $G(s) = \frac{2}{s^2+4s+6}$, c) $G(s) = \frac{1}{5s}$, d) $G(s) = 3$

3.3. Wyznaczyć charakterystyki czasowe oraz częstotliwościowe następujących elementów automatyki:

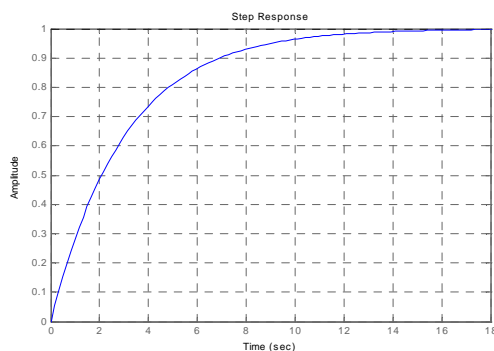
- a) element proporcjonalny: $K = 2$;
- b) element całkujący idealny: $K = 3$;
- c) element różniczkujący idealny: $T = 5$;
- d) element różniczkujący rzeczywisty: $T_1 = 0.1$, $T_2 = 8$;
- e) element inercyjny I-go rzędu: $K=3$, $T = 1$;
- f) element inercyjny II-go rzędu: $K=2$, $T_1 = 2$, $T_2 = 4$;
- g) element oscylacyjny II-go rzędu: $K = 1$, $\omega = 1$, $\zeta = 0.4$;

Przykład 1

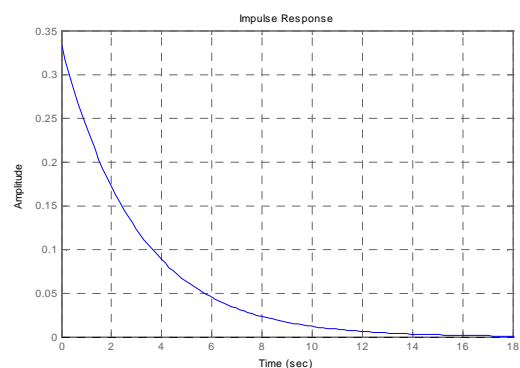
Wyznaczyć charakterystyki czasowe oraz częstotliwościowe elementu inercyjnego I-go rzędu:

$$G(s) = \frac{K}{Ts+1} \quad \text{gdzie: } K = 1, T = 3$$

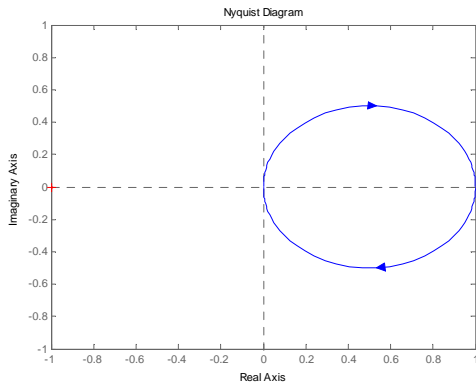
```
>> l=[1];
>> m=[3,1];
>> step(l,m)
>> grid
```



```
>> impulse(l,m)
>> grid
```

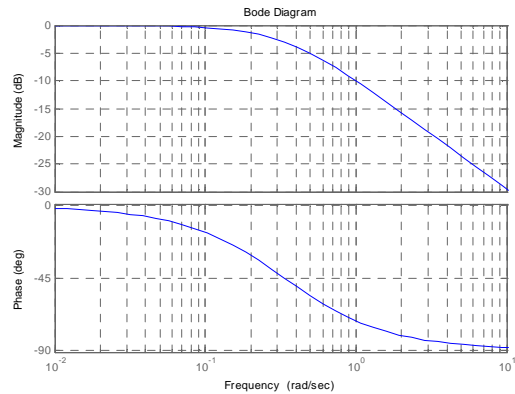


>> nyquist(l,m)

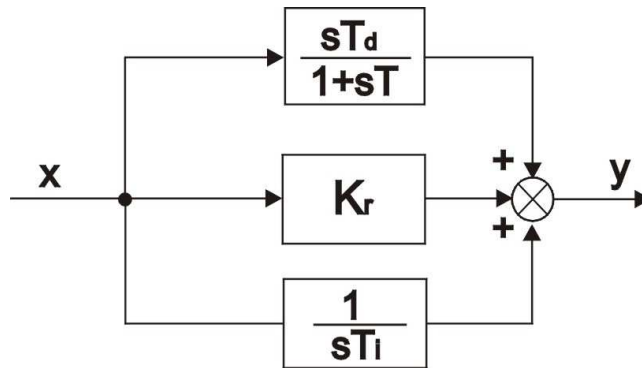


>> bode(l,m)

>> grid

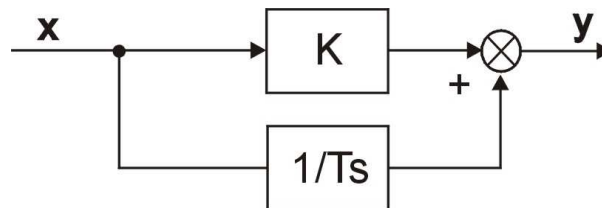


3.4. Przyjmując następujące dane: $K_r = 1.5$, $T_d = 3$, $T_i = 2$ i $T = 1$ napisać m-plik, który pozwoli wykreślić charakterystyki: skokową, impulsową, amplitudowo-fazową, logarytmiczną modułu i fazy dla układu przedstawionego poniżej.



Przykład 2

Przyjmując następujące dane: $K = 2$ i $T = 4$ napisać m-plik, który pozwoli wykreślić charakterystykę amplitudowo-fazową, logarytmiczną modułu i logarytmiczną fazy dla układu przedstawionego poniżej.



```
%Dane
k=1.5;T=3;

%Licznik i mianownik k+1/Ts
[L,M]=parallel([k],[1],[1],[T 0]);

w=0:0.01:200;

[mod,faza,w]=bode(L,M);

%Charakterystyka amplitudowo - fazowa
nyquist(L,M,w);axis([-1 5 -5 2]);grid;pause

%Charakterystyka logarytmiczna modułu
semilogx(w,20*log10(mod)); grid;ylabel('Lm [dB]');pause

%Charakterystyka logarytmiczna fazy
semilogx(w,faza); grid;ylabel('faza [stopnie]');pause;
```

- 3.5. Dla układów opasanych macierzami A, B, C, D w punkcie 3.1, wyznaczyć odpowiedź skokową w Matlabie a następnie zbudować modele tych układów w Simulinku i również wyznaczyć dla nich odpowiedź skokową.

4. Sprawozdanie z przebiegu ćwiczenia

Na podstawie przeprowadzonych symulacji należy przygotować sprawozdanie, które powinno zawierać zrealizowane na zajęciach różne modele układów automatyki, przebiegi charakterystyk czasowych i częstotliwościowych dla badanych układów oraz wnioski końcowe.

Literatura

- [1] Brzózka J., *Ćwiczenia z Automatyki w MATLABIE i SIMULINKU*, Wydawnictwo Mikon, Warszawa 1997
- [3] Zalewski A., Cegięła R., *MATLAB: obliczenia numeryczne i ich zastosowania*, Wydawnictwo Nakom, Poznań 1996