

## 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

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

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

- **series** - szeregowe połączenie dwóch układów

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

- **parallel** - równoległe połączenie dwóch układów

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

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

### 2.4. Wyznaczanie charakterystyk czasowych

Charakterystyka impulsowa dla układów ciągłych.

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

Charakterystyka skokowa dla układów ciągłych.

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

### 2.5. Wyznaczanie charakterystyk częstotliwościowych

Charakterystyka amplitudowo-fazowa dla układów ciągłych.

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

Charakterystyki częstotliwościowe dla układów ciągłych.

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

### 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:

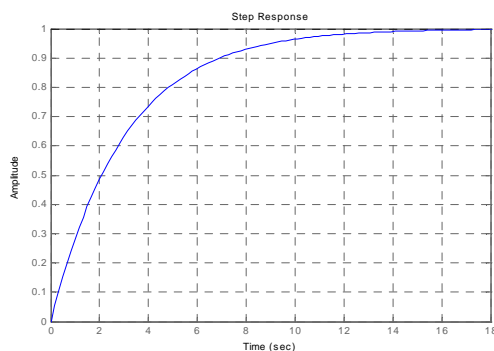
- a) element proporcjonalny:  $K = 2$ ;
- b) element całkujący idealny:  $K = 3$ ;
- c) element różniczkujący idealny:  $T = 5$ ;
- d) element różniczkujący rzeczywisty:  $T_1 = 0.1$ ,  $T_2 = 8$ ;
- e) element inercyjny I-go rzędu:  $K=3$ ,  $T = 1$ ;
- f) element inercyjny II-go rzędu:  $K=2$ ,  $T_1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

#### Przykład 1

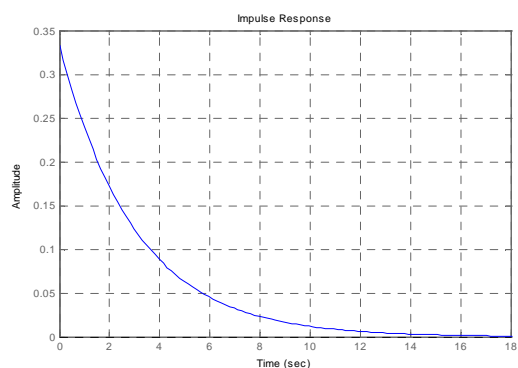
Wyznaczyć charakterystyki czasowe oraz częstotliwościowe elementu inercyjnego I-go rzędu:

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

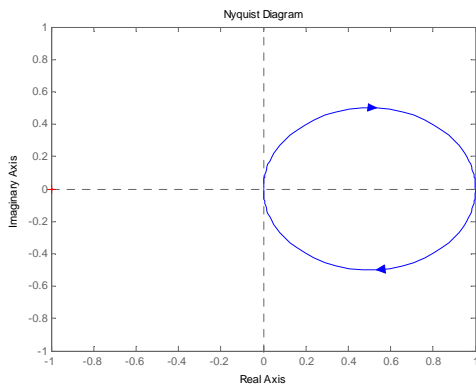
```
>> l=[1];
>> m=[3,1];
>> step(l,m)
>> grid
```



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

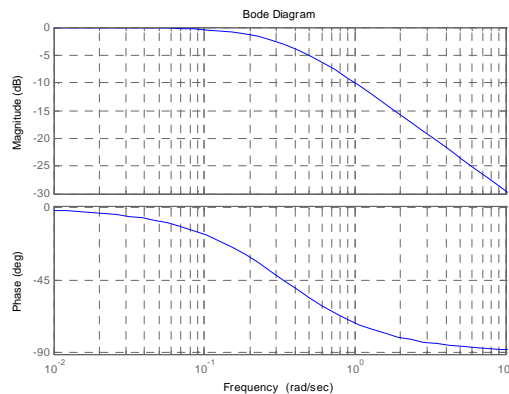


>> nyquist(l,m)

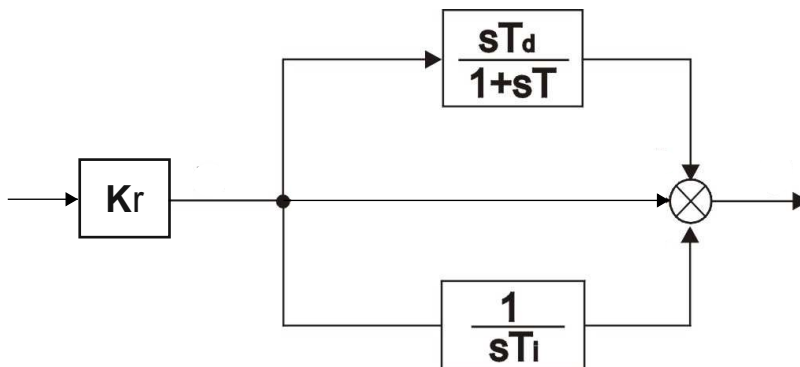


>> bode(l,m)

>> grid

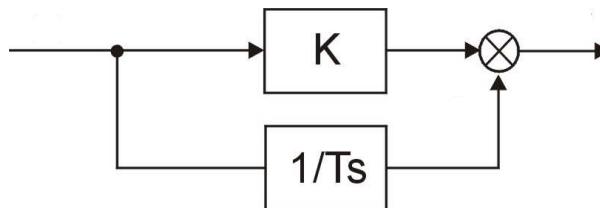


3.4. Przyjmując następujące dane:  $K_r = 1.5$ ,  $T_d = 3$ ,  $T_i = 2$  i  $T = 1$  napisać m-plik, który pozwoli wykreślić charakterystyki: skokową, impulsową, amplitudowo-fazową, logarytmiczną modułu i fazy dla układu przedstawionego poniżej.



**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