

Cv. 7 Možnosti spracovania modelu systému v tvare blokovej schémy v Simulinku a v MATLABe

Zadanie

Na príklade modelu jednosmerného motora (JM) ukázať ďalšie možnosti využitia blokovej schémy v Simulinku a v MATLABe pre získanie TF, PRCh a LFCh. Daný systém (JM) má dva vstupy $U_a(s)$, $M_z(s)$ a $\omega(s)$, $I_a(s)$, teda model bude obsahovať štyri prenosové funkcie:

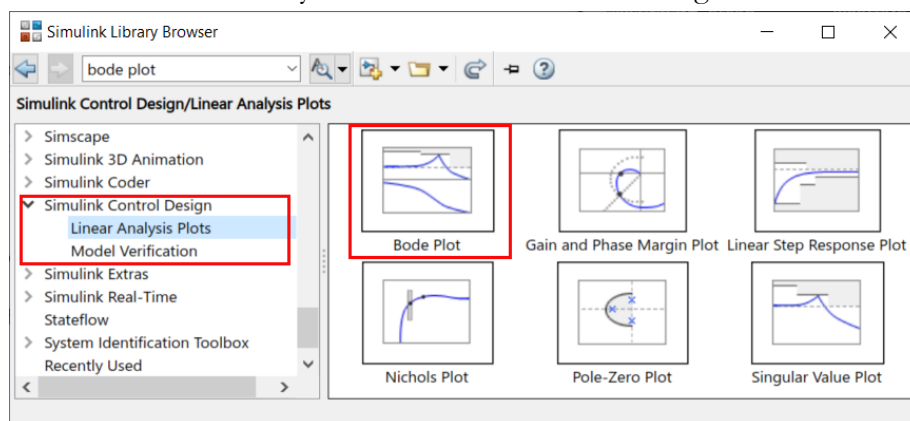
$$F_1(s) = \frac{\omega(s)}{U_a(s)} \quad F_2(s) = \frac{\omega(s)}{M_z(s)} \quad F_3(s) = \frac{I_a(s)}{U_a(s)} \quad F_4(s) = \frac{I_a(s)}{M_z(s)}$$

V ďalšom uvažujeme iba s riešením prvej prenosovej funkcie $F_1(s) = \frac{\omega(s)}{U_a(s)}$

Úlohy pre cvičenie a vysvetlenie postupu riešenia:

- Zo šítkových údajov motora vypočítajte parametre blokovej schémy motora.
Parametre JM: $P_N = 2,3 \text{ kW}$, $U_{aN} = 220 \text{ V}$, $I_{aN} = 12,3 \text{ A}$, $n_N = 2800 \frac{\text{ot}}{\text{min}}$
 $R_a = 2,3 \Omega$, $L_a = 12 \text{ mH}$, $J = 0,15 \text{ kgm}^2$, $M_z = M_N$
- V Simulinku zostavte simulačnú schému JM, kde výstupom je uhlová rýchlosť.
 - Na vstup schémy miesto boku Step pripojte blok In (tzv. inport) a podobne na výstup schémy blok Out (tzv. outport).
 - Pomocou tejto schémy vyriešte prenosovú funkciu a z nej nakreslite prechodovú a Bodeho charakteristiky.
 - Upravte získaný graf výstupy z bloku Scope (uložením priebehu ako . fig. Potom otvorit' Property Inspector, príp. jeho používanie kombinujeme s kliknutím pravou myšou na ploche a vybratím vhodnej akcie zo zobrazeného podmenu).
- Pripojte blok Step (vstup = 1) a simulujte časovú odozvu (prechodovú charakteristiku).
- Z programovej schémy v Simulinku zostavte LFCh (**blok Bode Plot**), získajte LFCh a upravte ju (uložením do súboru s príponou .fig a potom úpravou pomocou Property Editor).

Pozn.: treba mať nainštalovaný toolbox Simulink Control design:



1. Simulačný model JM

Výpočet chýbajúcich parametrov modelu:

$$T_a = \frac{L_a}{R_a} \quad \omega_N = \frac{U_{aN} - R_a I_{aN}}{c \Phi} \quad \dots \quad c \Phi = \frac{U_{aN} - R_a I_{aN}}{\omega_N}$$

2. Zadanie parametrov motora a výpočet parametrov modelu

% Aplikácie z blokovej schémy v Simulinku a v MATLABe

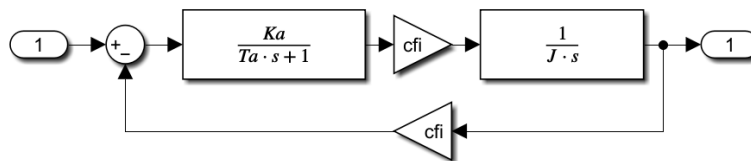
```
clc, clear, format compact
PN=2.3e3; UaN=220; IaN=12.3; nN=2800;
Ra=1; La=10e-3; J=0.1;
```

% Výpočet ostatných parametrov motora

```
Ta=La/Ra; Ka=1/Ra; cfi=(UaN-Ra*IaN)/(2*pi*nN/60); MN=PN/nN/9.55; Mz=MN;
```

3. Výpočet prenosovej funkcie z programovej schémy v Simulinku, získanie a spracovanie PrCH a LFCh

Schéma v Simulinku – súbor JM_S.slx:



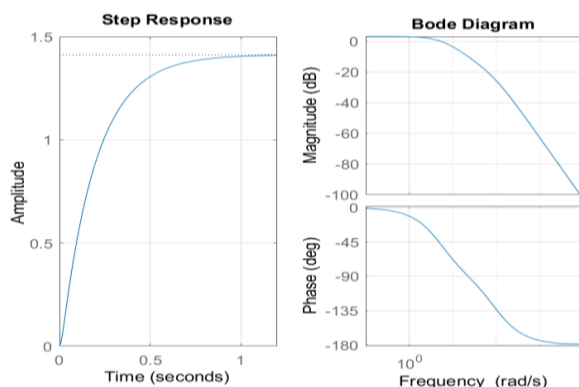
Program pre ovládanie schémy:

% Výpočet TF zo schémy v Simulinku

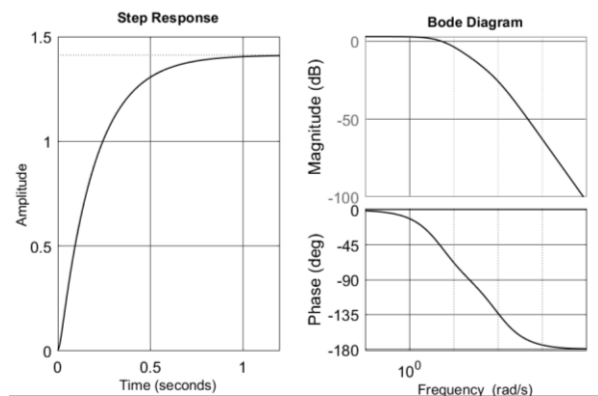
```
[A,B,C,D] = linmod('JM_S');
[num,den]=ss2tf(A,B,C,D)
F=tf(num/den(end),den/den(end))
subplot(121), step(F), grid on
subplot(122), bode(F), grid on
```

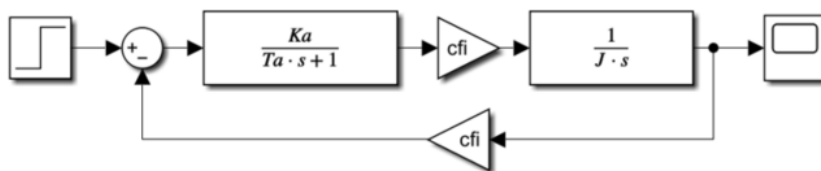
Grafy (PrCh a LFCh) a ich spracovanie:

Zobrazenie zo Simulinku

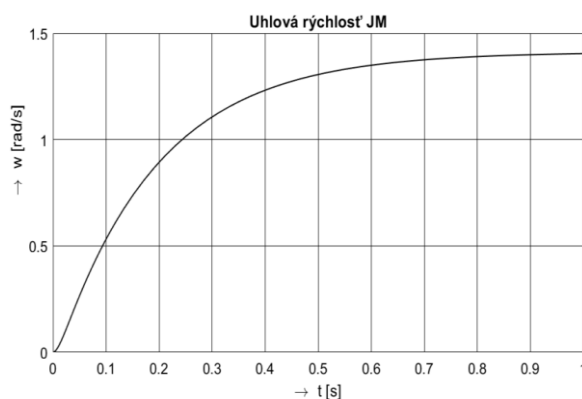
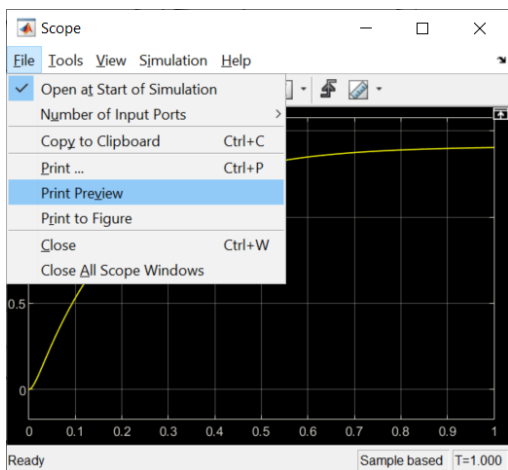


Grafy po úprave súboru s príponou .fig:

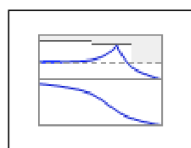
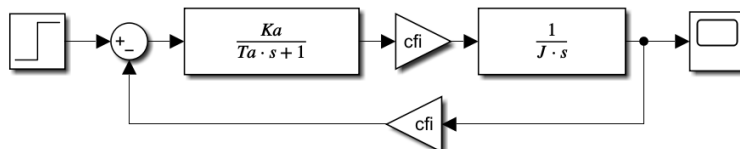




4. Časová odozva motora a jej spracovanie (z grafu na Scope)



5. Získanie frekvenčných charakteristík so schémy v Simulinku



Bode Plot

```
% Simulácia (PrCh) v Simulinku a
sim('JM_S_a_Bode_Plot.slx') % schéma vrátane bloku Bode Plot
```

6. Výpočet prenosu z blokovej schémy v MATLABe

Ak chceme zostaviť prenosovú funkciu zo zložitejšej blokovej schémy (bez potreby zostavenia modelu v Simulinku), postupujeme nasledovne:

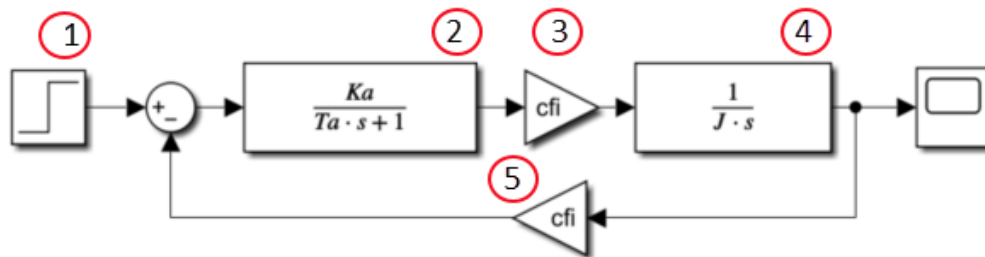
- 1) Načrtneme si blokovú schému na papier.
- 2) Na vstup zaradíme blok s prenosom = 1 a priradíme mu číslo 1
- 3) Ľubovoľne čísloujeme poradie jednotlivých blokov: 2, 3, 4, ...

- 4) Zadáme čitatele (n_1, n_2, \dots) a menovatele jednotlivých blokov (d_1, d_2, \dots).
Môžeme zadávať ako nuemrické hodnoty tak i parametre (ktoré majú byť známe pred odštartovaním tohto programu).
- 5) Zadáme počet blokov `nblocks` a inštrukciu `blkbuild`
- 6) Zadáme koincidenčnú maticu Q , ktorá identifikuje prepojenia medzi subsystémami. Každý riadok odpovedá samostatnému subsystému, ostatné čísla určujú poradie subsystému, ktorý je pripojený na vstup, so zohľadnením znamienka (pri zápornej spätnej väzbe je tam mínus). Nakoniec maticu Q treba doplniť nulami na obdĺžnikovú maticu.
- 7) Zadáme poradové číslo bloku vstupu a výstupu, napr.: `input = 1`, `output = 8`
- 8) Prepojenie podsystémov a redukcia na jeden stavový model:

$$(A, B, C, D) = \text{connect}(a, b, c, d, q, \text{input}, \text{output})$$

Tým získame stavový model A, B, C, D , ktorý môžeme ďalej spracovať (grafy a pod.), alebo získať z neho prenosovú funkciu pomocou inštrukcie `ss2tf`.

Riešenie:



Príslušná časť programu:

```
% Výpočet TF
n1=[1]; d1=[1];
n2=[Ka]; d2=[Ta 1];
n3=[cfi]; d3=[1];
n4=[1]; d4=[J 0];
n5=[cfi]; d5=[1];
nblocks=5; % počet blokov
blkbuild
Q=[1 0 0 % koincidenčná matica (matica prepojenia)
  2 1 -5
  3 2 0
  4 3 0
  5 4 0];
input=1; output=4; % špecifikácia vstupu a výstupu, medzi ktorými je prenos
[A,B,C,D]=connect(a,b,c,d,Q,input,output);
[num,den]=ss2tf(A,B,C,D);
```

Výsledok:

```

A =      0   70.8353
    -7.0835 -100.0000
B =      0
      1
C =     10      0
D =      0
num =      0          0   708.3532
den =
      1.0000   100.0000   501.7642

F =              1.412
-----
0.001993 s^2 + 0.1993 s + 1

```

7. Celkový výpis programu

Program JM_M.m

```

% Aplikácie z blokovej schémy v Simulinku a v MATLABe

clc, clear, format compact
PN=2.3e3; UaN=220; IaN=12.3; nN=2800;
Ra=1; La=10e-3; J=0.1;

% Výpočet ostatných parametrov motora
Ta=La/Ra; Ka=1/Ra; cfi=(UaN-Ra*IaN)/(2*pi*nN/60); MN=PN/nN/9.55; Mz=MN;

% Výpočet TF zo schémy v Simulinku
[A,B,C,D] = linmod('JM_S')
[num,den]=ss2tf(A,B,C,D)
F=tf(num/den(end),den/den(end))
subplot (121), step(F), grid on
subplot (122), bode(F), grid on

% Simulácia (PrCh) v Simulinku a blok Bode Plot
sim('JM_S.slx') % schéma JM v Simulinku (blok step=1)

% Simulácia (PrCh) v Simulinku a blok Bode Plot
sim('JM_S_a_Bode_Plot.slx') % schéma vrátane bloku Bode Plot

% Výpočet TF
n1=[1]; d1=[1];
n2=[Ka]; d2=[Ta 1];
n3=[cfi];d3=[1];
n4=[1]; d4=[J 0];
n5=[cfi];d5=[1];
nblocks=5; % počet blokov
blkbuild

```

```
Q=[1 0 0
    2 1 -5
    3 2 0
    4 3 0
    5 4 0];
input=1; output=4;
[A,B,C,D]=connect(a,b,c,d,Q,input,output);
[num,den]=ss2tf(A,B,C,D);
F=tf(num/den(end),den/den(end)) % normovanie TF ... a0=1
% printsys(num,den,'s')
```

8. Domáca úloha

Uvedený postup aplikovať pre výpočet ostatných prenosových funkcií $F_2(s)$, $F_3(s)$, $F_4(s)$:

$$F_1(s) = \frac{\omega(s)}{U_a(s)} \quad F_2(s) = \frac{\omega(s)}{M_z(s)} \quad F_3(s) = \frac{I_a(s)}{U_a(s)} \quad F_4(s) = \frac{I_a(s)}{M_z(s)}$$