evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Projekt	Amper, SŠ PTA Jihlava - pracoviště tř. Legionářů 3
Číslo projektu	CZ.1.07/1.1.36/02.0066
Číslo sady	03
Číslo vzdělávacího materiálu	*01/5*
Autor	Ing. Salah Ifrah
Datum vytvoření	15 září 2013
Předmět	*Automatické řízení*
Téma	*Antiparalelní řazení se zápornou zpětnou vazbou*
Anotace	*Pracovní list je zaměřený hlavně na praktické použití blokové algebry při analýze chování lineárního regulačního obvodu*
Metodický pokyn	*Pracovní list s úkoly, vhodný i pro individuální práci, časová náročnost 90 minut*
Inovace	*ICT podpora teoretické výuky automatického řízení simulací, vyšší názornost a originalita, podpora interakce mezi učitelem a žákem*

Antiparalelní řazení se zápornou zpětnou vazbou

Klíčová aktivita: soustava vyššího řádu, blokové schéma, funkční model, obrazový přenos celku

Cíl:

- Vytvořit soustavu vyššího řádu z několika bloků nižších řádů.
- Vytvořit výsledný přenos celku jako funkční model v prostředí Wolfram-Mathematica .

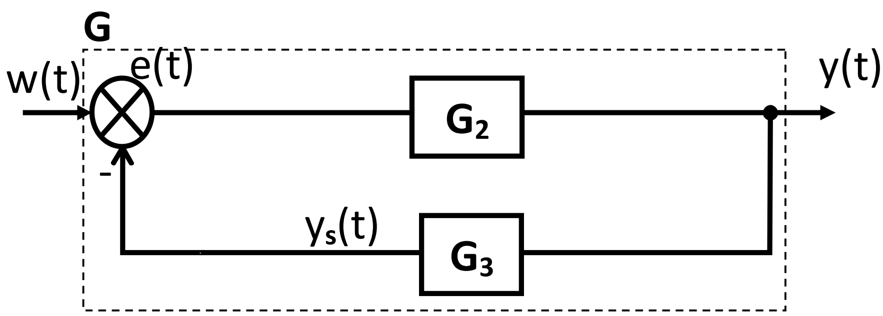
Vstupní znalosti	Základy spojitého lineárního řízení, blokové algebry a sw Wolfram-Mathematica
	Pomocné prostředky: - Wolfram-Mathematica - Amper_03_JeRoz_AnPaRazSeZaZpVazbou_Cv.cdf - Kurz automatického řízení
	Činnost: počítačové cvičení, doba řešení: 1,5H

Zadání

Soustava vyššího řádu je vytvořena z několika bloků nižšího řádu, jak je patrno z obrázku. Odvoďte výsledný přenos soustavy vyššího řádu popisující dané systémy, jestliže přenosy jednotlivých bloků jsou:

$$G_1(s) = K_1\,, \quad G_2(s) = \frac{K_2}{1+T_2*s}\,, \quad G_3(s) = \frac{K_3}{1+T_3*s}\,, \quad G_4(s) = K_4$$

$$G_1(s) = 0,2\,, \quad G_2(s) = \frac{0,5}{1+20*s}\,, \quad G_3(s) = \frac{0,3}{1+10*s}\,, \quad G_4(s) = 0,4$$



Úkoly

1. Připravte referát.
2. Odvoďte výsledný obrazový přenos Y(s)/W(s) soustavy vyššího řádu G dle obrázku
   a. uveďte definici obrazového přenosu a frekvenčního přenosu,
   b. určete vstupy a výstupy bloků G2 , a G3,
   c. napište vztah mezi vstupem a výstupem pro blok G2,
   d. napište vztah mezi vstupem a výstupem pro blok G3,
   e. na základě obou vztahů z bodu c) a d) odvoďte vztah mezi vstupem a výstupem výsledné soustavy G.
   f. na základě odvozeného vztahu z bodu e) odvoďte obrazový přenos Y(s)/W(s) výsledné soustavy G.

3. Vytvořte soubor typu .nb (notebook) a seznamte se s příkazovými řádky softwaru Wolfram-*Mathematica* (WM) , podle potřeby si vyžádejte pomoc od učitele
   a. v prostředí softwaru WM otevřete soubor typu .nb (notebook) a nazvěte jej "JeRoz_AnPaRazSeZaZpVa _jmeno_trida_datum",
   b. seznamte se s příkazovými řádky "TransferFunctionModel", "TransferFunctionExpand", " TransferFunctionModel " a "TransferFunctionExpand " a jejich využití,
   c. Vytvořte funkční model pomocí příkazových řádků : " TransferFunctionModel a "SystemsModelFeedbackConnect".
4. Na základě funkčního modelu z bodu 3) určete řád soustav G2, G3 a výsledné soustavy G.

Závěr

do závěru se uvede porovnávání vlastnosti antiparalelního řazení bloků s kladnou zpětnou a se zápornou vazbou a zejména jejích použití v průmyslové regulaci..

1-Příprava referátu - vyplněte hlavičku referátu (viz

formalář).

2-Odvození výsledného obrazového přenosu U(s)/E(s) soustavy vyššího řádu G

a-Obecná definice přenosové funkce

Přenosová funkce G je matematické vyjádření relace mezi vstupem lineárního systému u(t) a jeho výstupem y(t). Může být jednorozměný systém (1 vstup a 1 výstup) nebo vícerozměrný (několik vstupů a výstupů). Jsou znáné dva druhy přenosových funkcí obrazový a frekvenční přenos

- obrazový přenos : podíl Laplaceova obrazu Y(s) výstupního signálu y(t) k L-obrazu vstupního U(s) signálu u(t) při nulových počátečních podmínkách. L-obrazy získáme z originálů Laplaceovou transformací.

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)},$$ kde $s \equiv \frac{d}{dt}$ je operátor derivace

- frekvenčný přenos : podíl Fourierova obrazu $Y(j\omega)$ výstupního signálu y(t) k F-obrazu $U(j\omega)$ vstupního signálu u(t) při nulových počátečních podmínkách. Frekvenční přenos lze formálně určit z obrazového přenosu dosazením $s \equiv j\omega$

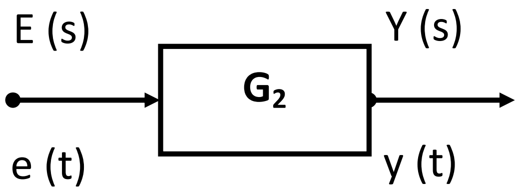
$$G(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{U(j\omega)},$$ kde j komlexní operátor a ω krůhová frekvence

b-vstupy a výstupy bloků G2, G3 a sumátor

- Blok G2 má

jeden vstup, ten je označen v časové oblasti e(t). Jeho vyjádření v oblasti algebraické je E(s) tj. L-obraz e(t)

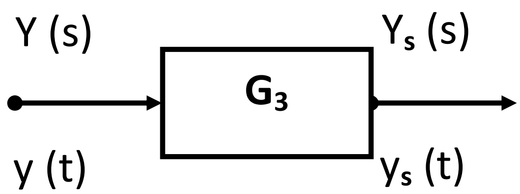
jeden výstup, ten je označen v časové oblasti *y*(t). Jeho vyjádření v oblasti algebraické je Y(s) tj. L-obraz *y*(t)



- Blok G3 má

jeden vstup, ten je označen v časové oblasti y(t). Jeho vyjádření v oblasti algebraické je Y(s) tj. L-obraz y(t)

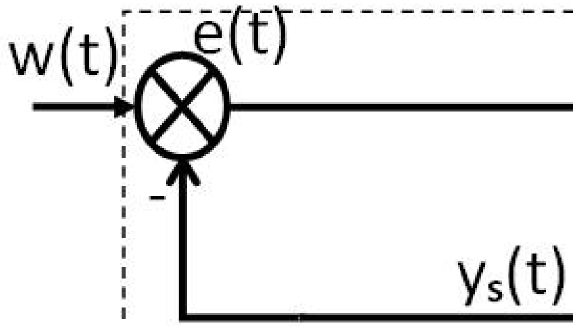
jeden výstup, ten je označen v časové oblasti $y_s(t)$. Jeho vyjádření v oblasti algebraické je $Y_s(s)$ tj. L-obraz $y_s(t)$



-Blok sumátor má

2 vstupy, které jsou označené v časové oblasti w(t) a y_s(t). Jejích vyjádření v aoblasti algebraické jsou W(t) a Y_s(s) tj. L-obrazy w(t) a y_s(t)

1 výstup, který je označen v časové oblasti y(t). Jeho vyjádření v oblasti algebraické je Y(s) tj. L-obraz y(t)



c-Relace mezi vstupem a výstupem pro podsystémy G2, G3 a sumátor

G2 : Y (s) = G2 (s) *E (s)

G3 : $Y_s(s)$ = G3 (s) * Y (s)

sumátor: E (s) = W (s) - $Y_s(s)$

d-Relace mezi vstupem a výstupem systému G a přenosová funkce (přenos)

Laplaceův obraz výstupu Y(s) systému G je

G : Y (s)= G2 (s) *E (s) =G2 (s) *(W (s) + $Y_s(s)$) =G2 (s) *(W (s) - G3 (s) * Y (s))

Y(s) = G2 (s) *W (s) - G2 (s) ∗ G3 (s) * Y (s)

Y(s) + G2 (s) ∗ G3 (s) * Y (s) = G2 (s) *W (s)

(1 + G2 (s) ∗ G3 (s))* Y (s) = G2 (s) *W (s)

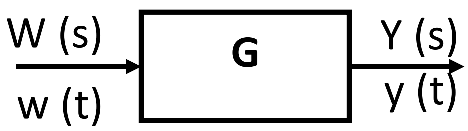
(1 + G2 (s) ∗ G3 (s))* Y (s) = G2 (s) *W (s)

$$Y(s) = \frac{G2(s)}{1 + G2(s) * G3(s)} * W(s),$$ za předpoldu nulových počátečných podmínek

Y(s) = G (s) *W (s),

$$G(s) = \frac{G2(s)}{1 + G2(s) * G3(s)}$$

e- Relace mezi vstupem a výstupem výsledné soustavy G



Y(s) = G (s) *W (s), kde G (s) je výsledná přenosová funkce

f- Výpočet přenosové funkce výsledného systému G pomocí Massonova pravidla

výslednou přenosovou funkci G(s) spočítáme na základě Massonova pravidla za předpoldu nulových počátečných podmínek

$$G(s) = \frac{\text{přenos přímé cesty mezi vstupem a výstupem}}{1 + \text{přenos smyčky}} = \frac{G2(s)}{1 + G2(s)*G3(s)} = \frac{\frac{k2}{1+T2*s}}{1 + \frac{k2}{1+T2*s} * \frac{k3}{1+T3*s}},$$

záporná zpětná vazba

$$G(s) = \frac{\frac{0,5}{1+20*s}}{1 + \left(\frac{0,5}{1+20\,s}\ \frac{0,3}{1+10\,s}\right)} = \frac{0,5 + 5\,s}{1,15+30\,s+200\,s\text{^}2}$$

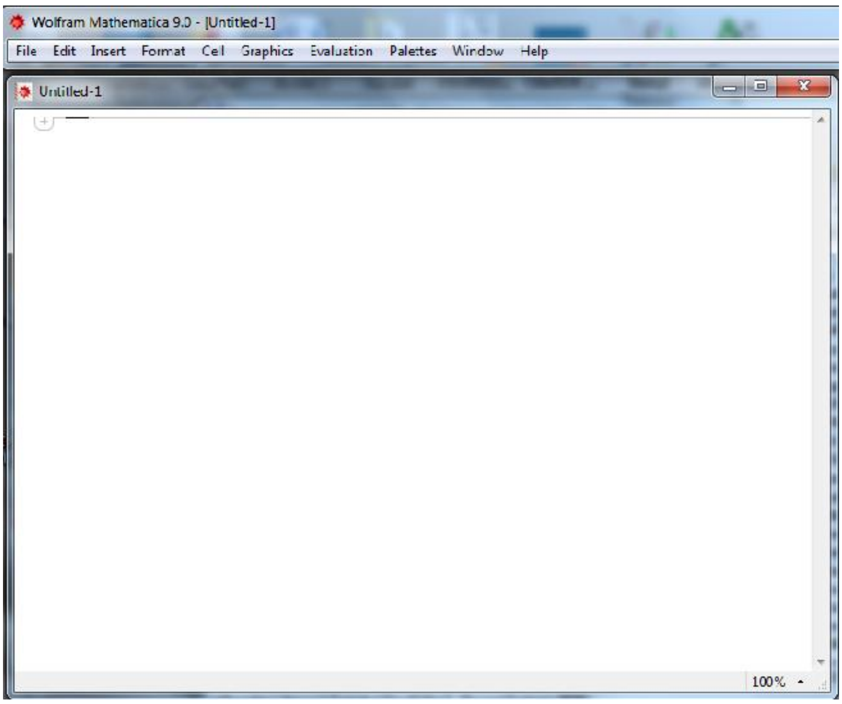
3-Tvorba souboru typu .nb (notebook) a seznámení se s příkazovými řádky

a- Tvorba souboru typu notebook

v prostředí Wolfram-mathematica - hlavní menu postupně klepněte levým tlačíttkem myši na:

File → New → Notebook (.nb) nebo *ctrl+N*

objeví se prázdný soubor s názvem “ untitled-číslo”



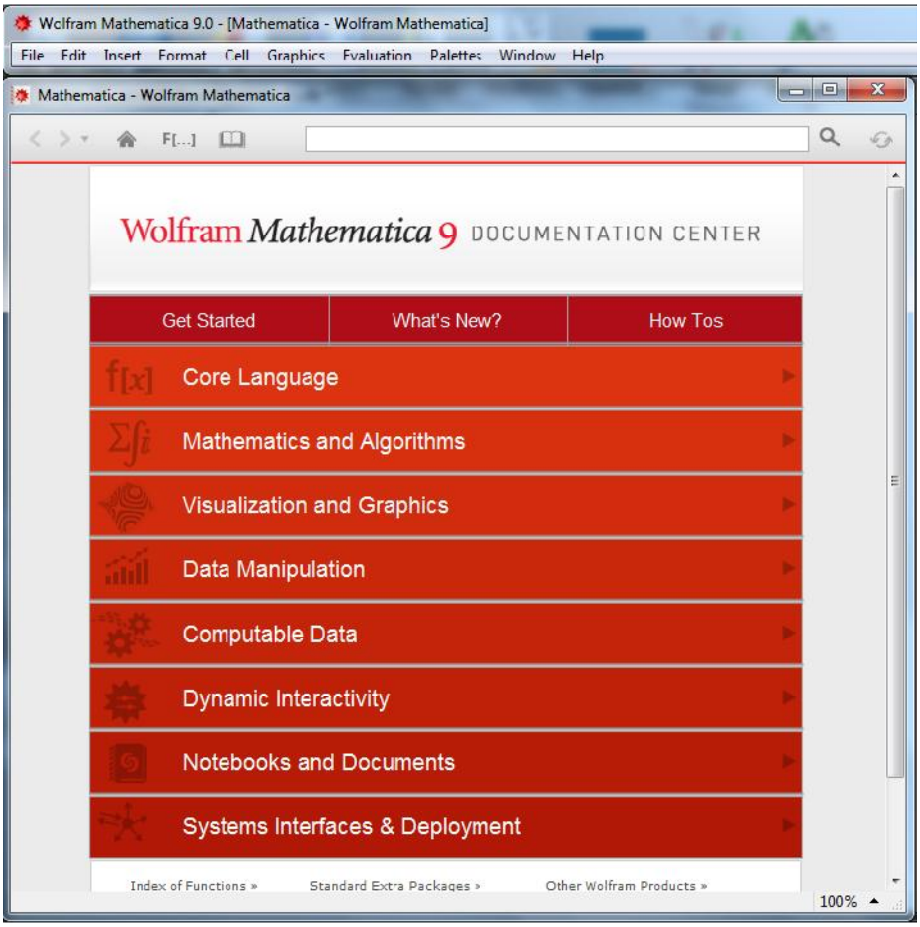
uložte jej pod názvem “*PaRaSy _jmeno_trida_datum”*

b- seznámení se s jednotlivými příkazovými řádky

v prostředí Wolfram-mathematica - hlavní menu postupně klepněte levým tlačítkem myši na:

Help →Documentation Centre

objeví se *podmenu*



Do prázdného pole napište jednotlivé příkazové řádky a postupne prostudujte způsob jejích použití

Funkční model obrazového přenosu G2 dostaneme následujícím příkazovým řádkem

$$\mathbf{G2 = TransferFunctionModel}\left[\left\{\left\{\frac{\mathbf{k2}}{\mathbf{1 + T2 * s}}\right\}\right\}, \mathbf{s}\right]$$

$$\left(\frac{k2}{1 + T2\ s}\right)^{\mathcal{T}}$$

Funkční model obrazového přenosu G3 dostaneme následujícím příkazovým řádkem

$$\mathbf{G3 = TransferFunctionModel}\left[\left\{\left\{\frac{\mathbf{k3}}{\mathbf{1 + T3 * s}}\right\}\right\}, \mathbf{s}\right]$$

$$\left(\frac{k3}{1 + T3\ s}\right)^{\mathcal{T}}$$

Funkční model výsledného obrazového přenosu G můžeme dostat jedným příkazovým řádkem

$$\mathbf{G = TransferFunctionModel}\left[\left\{\left\{\frac{\frac{k2}{1+T2*s}}{1+\frac{k2}{1+T2*s}*\frac{k3}{1+T3*s}}\right\}\right\}, \mathbf{s}\right]$$

$$\left(\frac{k2\ (1+T2\ s)\ (1+T3\ s)}{(1+T2\ s)\ \left(1+k2\ k3+T2\ s+T3\ s+T2\ T3\ s^2\right)}\right)^{\mathcal{T}}$$

Funkční model výsledné přenosové funkce vytvoříme také jako funkci parametrů *k2,k3,* a *T2,T3*

$$\mathbf{Prenos[k2\_, k3\_, T2\_, T3\_] := TransferFunctionModel}\left[\frac{\frac{k2}{1+T2*s}}{1+\frac{k2}{1+T2*s}*\frac{k3}{1+T3*s}}, \mathbf{s}\right]$$

Pro dané hodnoty *k2=0.5, k3=0.3, T2=20, T3=10* můžeme vyjádřit přenosovou funkci jako běžnou funkci s názvem “ Prenos”.

Výsledek je následující funkční model reálné struktury

```
GG = Prenos[0.5, 0.3, 20, 10]
```

$$\left(\frac{0.025\ (0.1+1.\ s)\ (1+20\ s)}{(1+20\ s)\ \left(0.00575+0.15\ s+s^2\right)}\right)^{\mathcal{T}}$$

Zjednodušený obecný tvar(zjednodušene struktury) dostaneme následujícím příkazovým řádkem

```
TransferFunctionCancel[GG]
```

$$\left(\frac{0.025\ (0.1+s)}{\left((0.075-0.0111803\ i)+s\right)\ \left((0.075+0.0111803\ i)+s\right)}\right)^{\mathcal{T}}$$

5- Řád soustavy G2, G3 a výsledné soustavy G

Řád soustavy G2 určuje stupeň polynomu ve jmenovateli přenosové funkce G2, tedy je1

Řád soustavy G3 určuje stupeň polynomu ve jmenovateli přenosové funkce G3, tedy je 1

Řád soustavy G určuje stupeň polynomu ve jmenovateli výsledné přenosové funkce G, je

-3 pro reálnou strukturu

-2 pro zjednodušenou strukturu

Závěr

Zdroje

-Interní studijní materiál školy a firemní dokumentace software Wolfram-Mathematica.

-http://reference.wolfram.com/mathematica/ref/TransferFunctionPoles.html?q=TransferFunctionPoles&lang=en

-http://reference.wolfram.com/mathematica/ref/TransferFunctionZeros.html?q=TransferFunctionZeros&lang=en

-http://reference.wolfram.com/mathematica/ref/TransferFunctionFactor.html?q=TransferFunctionFactor&lang=en

-http://reference.wolfram.com/mathematica/ref/TransferFunctionModel.html?q=TransferFunctionModel&lang=en

-http://reference.wolfram.com/mathematica/ref/TransferFunctionExpand.html?q=TransferFunctionExpand&lang=en