



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 vzdělávacího materiálu	03
Autor	04/5
Datum vytvoření	Ing. Salah Ifrah
Předmět	Automatické řízení
Téma	Semiparalelní řízení systémů s jedním výstupem
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

Semiparalelní řízení systémů s jedním výstupem

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 .

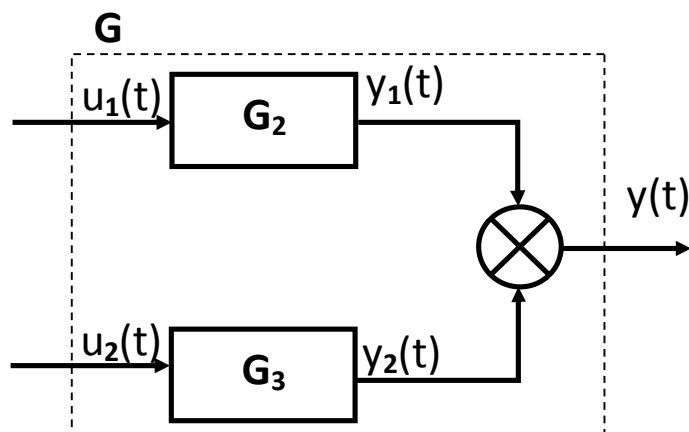
Vstupní znalosti	Základy spojitého lineárního řízení, blokové algebry a sw Wolfram-Mathematica
	Pomocné prostředky: - Wolfram-Mathematica - Amper_03_JeRoz_SemPaRazeni_SjedVys_Cv.cdf - Kurz automatického řízení
	Činnost: počítačové cvičení, doba řešení: 1,5H

Zadání

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

$$G_1(s) = K_1, \quad G_2(s) = \frac{K_2}{1+T_2s}, \quad G_3(s) = \frac{K_3}{1+T_3s}, \quad G_4(s) = K_4$$

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



Úkoly

1. Připravte referát.
2. Odvodte výslednou přenosovou matici soustavy vyššího řádu G dle obrázku
 - a. uveďte definici obrazového přenosu a frekvenčního přenosu,
 - b. určete vstupy a výstupy bloků G_2 a G_3 ,
 - c. napište vztah mezi vstupem a výstupem pro blok G_2 ,
 - d. napište vztah mezi vstupem a výstupem pro blok G_3 ,
 - e. na základě obou vztahů z bodu c) a d) odvodte vztah mezi vstupem a výstupem výsledné soustavy G .
 - f. spočítejte přenosovou matici výsledné soustavy G .
3. Ověřte výsledek z bodu 2) v prostředí 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_SePaRaJeVys _jmeno_trida_datum",
 - b. seznámte 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 G_2 , G_3 a výsledné soustavy G .

Závěr

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

1-Příprava referátu - vyplňte 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 jednorozměrný systém (1 vstup a 1 výstup) nebo vícerozměrný (několik vstupů a výstupů). Jsou známy 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.

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

derivace

- **frekvenční 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 $s \equiv j\omega$

$$G(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{U(j\omega)}, \quad \text{kde } j \text{ komplexní}$$

operátor a ω kruhová frekvence

b-vstupy a výstupy bloků G2, G3 a sumátor

- Blok G2 má

jeden vstup, ten je označen v časové oblasti $u_1(t)$. Jeho vyjádření v oblasti algebraické je $U_1(s)$ tj. L-obraz $u_1(t)$

jeden výstup, ten je označen v časové oblasti $y_1(t)$. Jeho vyjádření v oblasti algebraické je $Y_1(s)$ tj. L-obraz $y_1(t)$



- Blok G3 má

jeden vstup, ten je označen v časové oblasti $u_2(t)$. Jeho vyjádření v oblasti algebraické je $U_2(s)$ tj. L-obraz $u_2(t)$

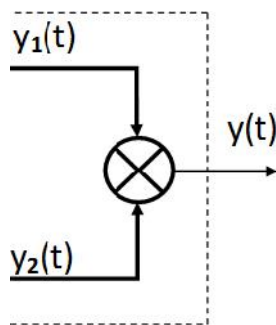
jeden výstup, ten je označen v časové oblasti $y_2(t)$. Jeho vyjádření v oblasti algebraické je $Y_2(s)$ tj. L-obraz $y_2(t)$



-Blok sumátor má

1 vstup, který je označen v časové oblasti $y(t)$. 2 výstupy, které jsou označeny v

časové oblasti $y_1(t)$ a $y_2(t)$.



c, d-Relace mezi vstupem a výstupem bloků G2, G3 a sumátor

$$G2 : Y_1(s) = G2(s) * U_1(s)$$

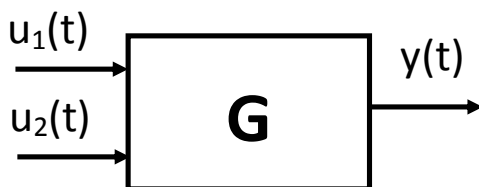
$$G3 : Y_2(s) = G3(s) * U_2(s)$$

$$\text{sumátor: } Y(s) = Y_1(s) + Y_2(s)$$

Dílčí přenosy G2 a G3 dostaneme za předpokladu nulových počátečních podmínek

$$\frac{Y_1(s)}{U_1(s)} = G2(s), \quad \frac{Y_2(s)}{U_2(s)} = G3(s)$$

e- Relace mezi vstupem a výstupem výsledné soustavy G



$$Y(s) = G(s) * U(s) = \begin{pmatrix} G2 & 0 \\ 0 & G3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} = G2 * u_1 + G3 * u_2,$$

kde -

$G(s)$ je výsledná přenosová matice

f- Výpočet přenosových funkcí výsledného systému G

výslednou přenosovou funkci $G(s)$ spočítáme na základě principu superpozice za předpokladu nulových počátečních podmínek

$$G2(s) = \frac{Y_1(s)}{U_1(s)} = \frac{k_2}{1 + T_2 * s},$$

$$G3(s) = \frac{Y_2(s)}{U_2(s)} = \frac{k_3}{1 + T_3 * s},$$

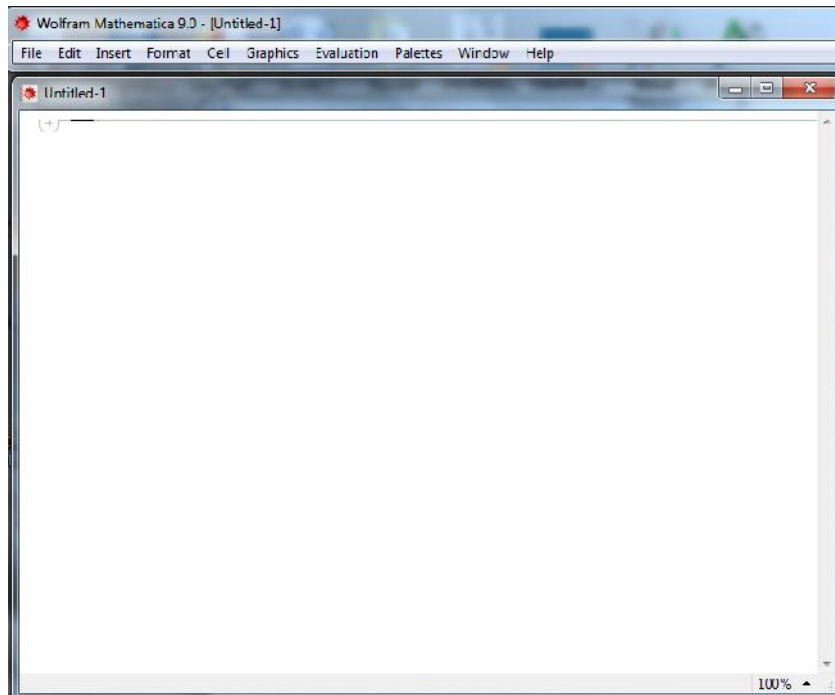
3-Tvorba souboru typu .nb (notebook) a seznámení se s příkazovými řádky

a- Tvorba souboru typu notebook

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

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

objeví se prázdný soubor s názvem “untitled-číslo”



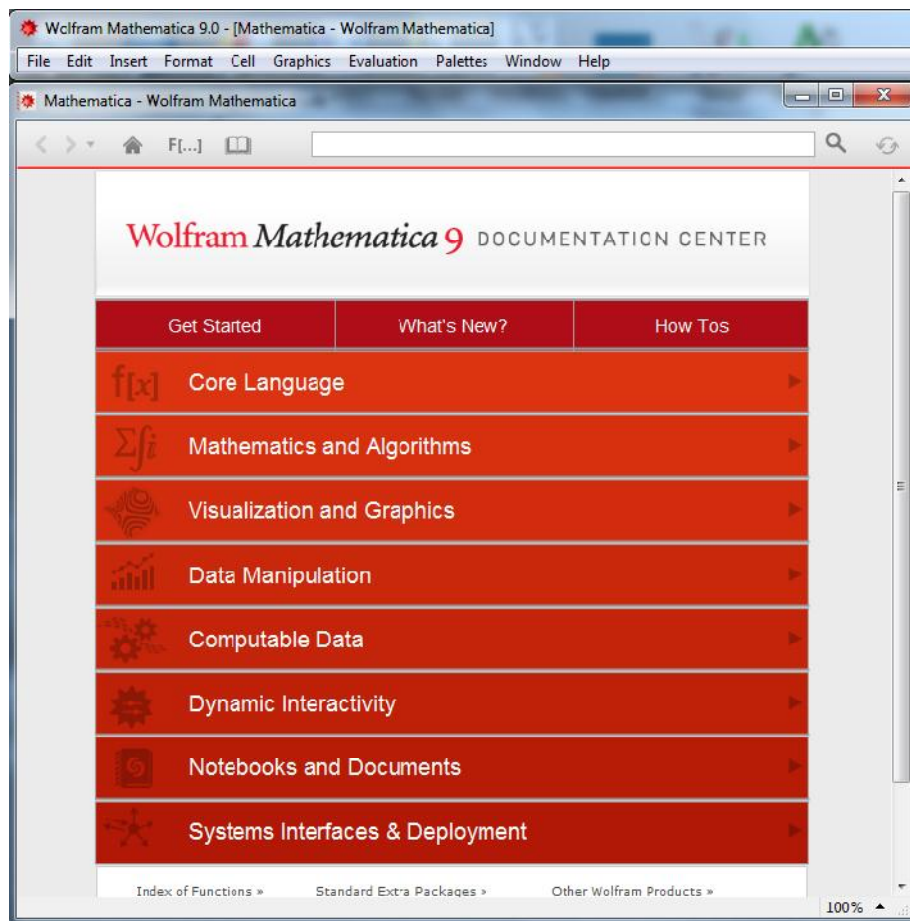
uložte jej pod názvem “JeRoz_SePaRaJeVys _jmeno_trida_datum”

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 jejich použití
Funkční model obrazového přenosu G2 dostaneme následujícím příkazovým řádkem

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

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

Funkční model obrazového přenosu G3 dostaneme následujícím příkazovým řádkem

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

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

Funkční model výsledné obrazového přenosu G můžeme dostat jedním příkazovým řádkem

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

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

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

```
Prenos[k2_, k3_, T2_, T3_] :=  
TransferFunctionModel[{ {  $\frac{k2}{1 + T2 * s}$  }, {  $\frac{k3}{1 + T3 * s}$  } }, s]
```

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]
```

$$\left(\begin{array}{c} 0.5 \\ 1 + 20 s \\ 0.3 \\ 1 + 10 s \end{array} \right) \tau$$

Zjednodušený obecný tvar(zjednodušené struktury) dostaneme následujícím příkazovým řádkem

```
TransferFunctionCancel[GG]
```

$$\left(\begin{array}{c} 0.025 \\ \frac{1}{20} + s \\ 0.03 \\ \frac{1}{10} + s \end{array} \right) \tau$$

5- Řád soustavy G2, G3 a výsledné soustavy G

Řád soustavy G2 určuje stupeň polynomu ve jmenovateli přenosové funkce G2, tedy je 1

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

Řád výsledné soustavy G určuje nejvyšší řád jeho podsystémů, tedy je 1

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>

pand&lang=en

Materiál je určen pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení.

Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.

Neocitovaná autorská díla jsou dílem autora.

Neocitované obrázky jsou součástí prostředků výukového software Microsoft office 2007.