



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	02
Číslo vzdělávacího materiálu	05/5
Autor	Ing. Salah Ifrah
Datum vytvoření	15 září 2013
Předmět	Automatické řízení
Téma	Zpětnovazební řízení systémů
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

Jednorozměrné systémy - zpětnovazební řízení

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
	<p>Pomocné prostředky:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wolfram-Mathematica - Amper_02_ZpeRazeni_Cv.cdf - Kurz automatického řízení
	Činnost: počítačové cvičení, doba řešení: 1,5H

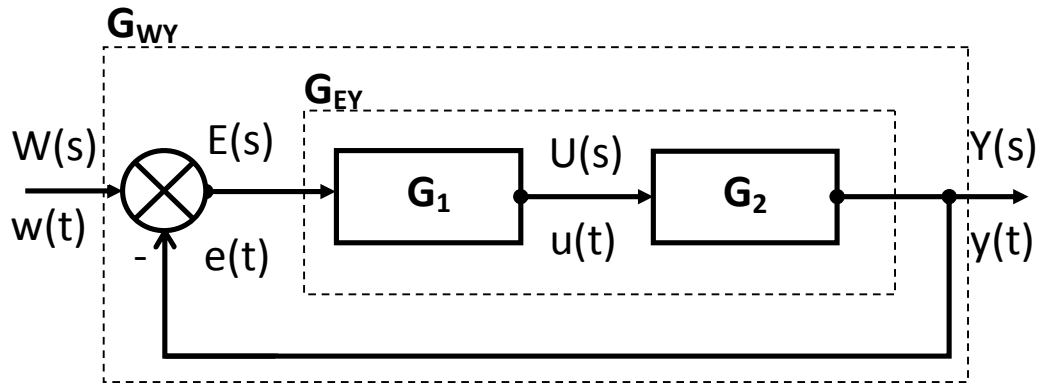
Zadání

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:

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

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



Úkoly

1. Připravte referát.
2. Odvoďte výsledný obrazový přenos G_{ey} a G_{wy} soustavy vyššího řádu G dle obrázku,
 - a. uveďte definici obrazového přenosu a frekvenčního přenosu,
 - b. určete vstupy a výstupy bloků G_1 a G_2 ,
 - c. napište vztah mezi vstupem a výstupem pro blok G_1 ,
 - d. napište vztah mezi vstupem a výstupem pro blok G_2 ,
 - e. na základě vztahů z bodu b), c) a d) odvoďte vztah mezi vstupem a výstupem výsledné soustavy G_{ey} .
 - f. na základě odvozeného vztahu z bodu e) odvoďte obrazový přenos $Y(s)/W(s)$.
3. Ověřte výsledek součtu přenosů $G_1(s)$, $G_2(s)$ z bodu 2), **podle potřeby si vyžádejte pomoc od učitele**
 - a. v prostředí softwaru Wolfram-Mathematica otevřete soubor typu .nb (notebook) a nazvěte jej ZpRaSy_jmeno_trida_datum
 - b. seznamte se s příkazovými řádky `TransferFunctionModel` a `TransferFunctionExpand` a jejich použitím,
 - c. Vytvořte funkční model pomocí příkazových řádků : “ `TransferFunctionModel` “ a “ `TransferFunctionExpand` “
 - a na základě vytvořeného funkčního modelu určete řád bloku G_1 , G_2 a výsledné soustavy G_{ey} .
4. Na základě funkčního modelu z bodu 3) určete řád výsledné soustavy G_{wy} .

Závěr

do závěru uveďte porovnávání vlastností součtu bloků v booleovské a v blokové algebře a zejména typový rozdíl mezi vstupy a výstupy.

1-Příprava referátu - vyplňte hlavičku referátu (viz formalář).

2- Výsledný obrazový přenos $U(s)/E(s)$ soustavy vyššího řádu G dle obrázku

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.

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

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 $s \equiv j\omega$

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

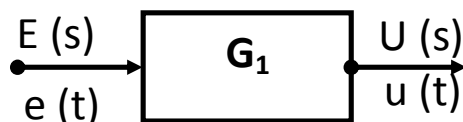
operátor a ω kruhová frekvence

b-vstupy a výstupy bloků G_1 G_2

- Blok G_1 má

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

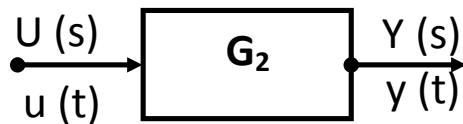
jeden výstup, ten je označen v časové oblasti $u_1(t)$. Jeho vyjádření v oblasti algebraické je $U_1(s)$ tj. L-obraz $u_1(t)$



- Blok G_2 má

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

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

**c- Vztah mezi vstupem a výstupem bloku G1**

vztah se vyjádří v algebraické oblasti a čte se z prava do leva

$U(s) = G1(s) * E(s)$, kde $E(s)$ a $U(s)$ jsou respektive společný vstup a výstup bloku G1

d- Vztah mezi vstupem a výstupem bloku G2

vztah se vyjádří v algebraické oblasti a čte se z prava do leva

$Y(s) = G2(s) * U(s)$, kde $U(s)$ a $Y(s)$ jsou respektive vstup a výstup bloku G2

e- Vztah mezi vstupem a výstupem výsledného bloku Gey

vztah se vyjádří v algebraické oblasti a čte se postupně z prava do leva. Jedná se o 2 bloky (viz body b,c, d) G1 a G2, které jsou

zapojeny sériově, tak aby výstup prvního bloku byl vstupem druhého bloku.

$$Y(s) = U_1(s), U_2(s) = Y_1(s), Y_2(s) = Y(s)$$

dosazením za $Y(s)$ a $U(s)$ z bodů b, c, d dostaneme

$$Y(s) = G_2(s) * U(s) = G_2(s) * G_1(s) * E(s)$$

vztah upravíme vytknutím $E(s)$

$$Y(s) = [G_1(s) * G_2(s)] * E(s)$$

Výsledný vztah bude

$$Y(s) = G(s) * E(s), \quad \text{kde } Gey(s) = G_1(s) * G_2(s)$$

Z předchozího vyplývá

$$Gey(s) = G_1(s) * G_2(s)$$



Kde

$$Gey(s) = G_1(s) * G_2(s)$$

dosazením za $G1(s)$ a $G2(s)$ dostaneme

$$G_{ey}(s) = 0,2 * \frac{0,5}{1+20s}$$

převedením na společný jmenovatel $G(s)$ bude

$$G_{ey}(s) = 0,2 * \frac{0,5}{1+20s} = \frac{0,1}{1+20s}$$

Po opravě dostaneme $G_{ey}(s)$

$$G_{ey} = \frac{0,1}{1+20s}$$

g- Výpočet výsledného bloku G_{wy}

Použitím Massonova pravidla dostaneme:

$$G_{wy} = \frac{G_{ey}}{1+G_{ey}} = \frac{\frac{0,1}{1+20s}}{1+\frac{0,1}{1+20s}} = \frac{0,1}{1+20s+0,1} = \frac{0,1}{1,1+20s} = \frac{0,005}{0,055+s}$$

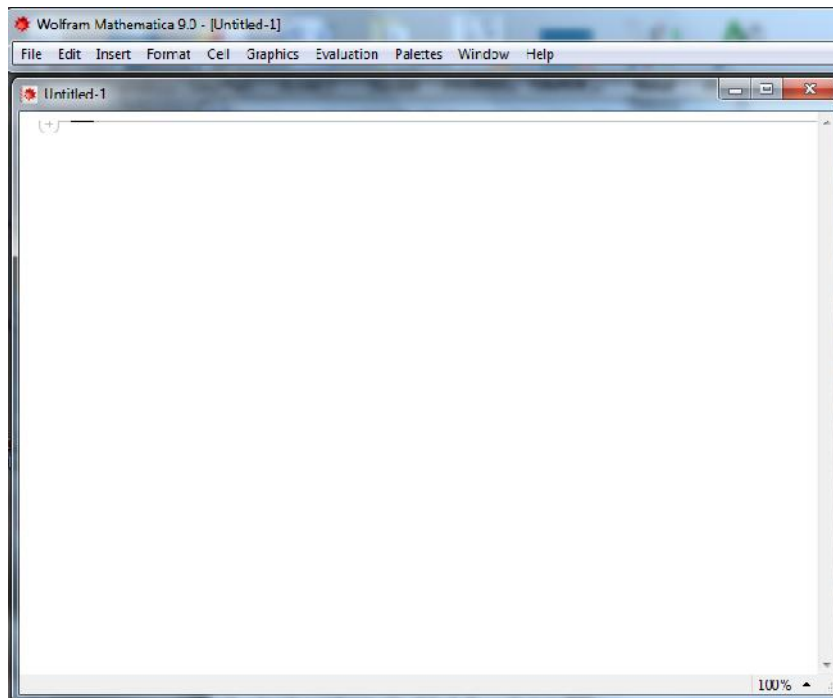
3- Tvorba souboru typu .nb (notebook) a seznámení se s příkazovými řádky

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”



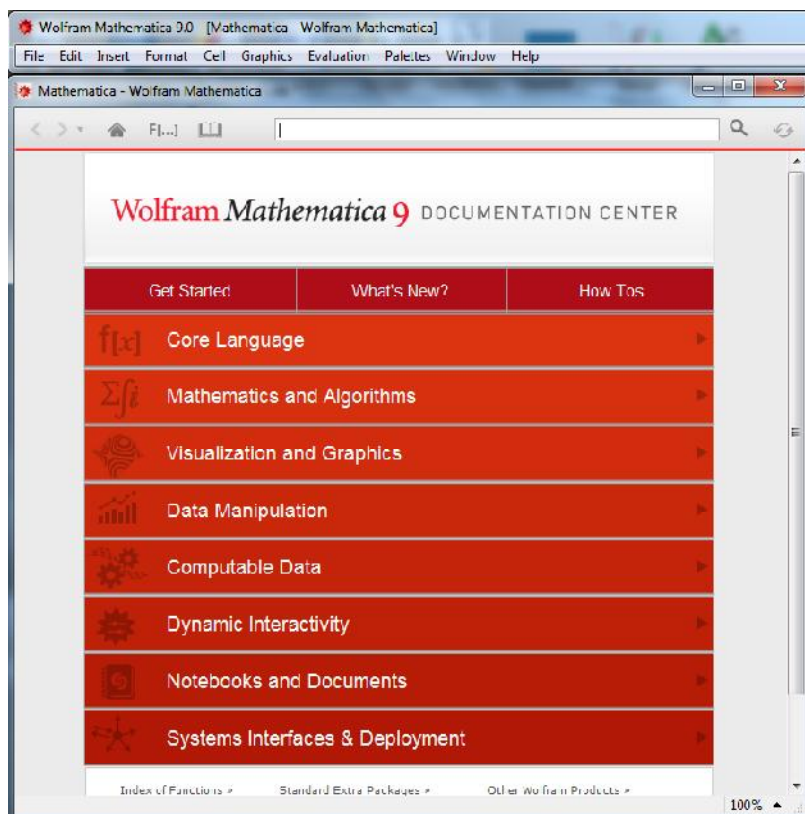
uložte jej pod názvem “ZpRaSy _jmeno_trida_datum”

b- seznámení 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 postupně prostudujte syntaxe a způsob použití

c- Tvorba funkčního modelu a ověření výsledků

Funkční model přenosové funkce G1 vytvoříme příkazovým řádkem

```
G1 = TransferFunctionModel [{{k1}}, s]
```

$$\left(\frac{k1}{s} \right) \mathcal{T}$$

Funkční model přenosové funkce G2 vytvoříme příkazovým řádkem

```
G2 = TransferFunctionModel [{{k2 / (1 + T2*s)}, s]
```

$$\left(\frac{k2}{1 + T2s} \right) \mathcal{T}$$

Funkční model výsledné přenosové funkce Gey vytvoříme jedním příkazovým řádkem

```
Gey = TransferFunctionModel [{{k1 * k2 / (1 + T2 * s)}, s]
```

$$\left(\frac{k1 * k2}{1 + T2 * s} \right) \mathcal{T}$$

Funkční model výsledné přenosové funkce Gwy vytvoříme jedním příkazovým řádkem

```
Gwy = SystemsModelFeedbackConnect [ ( (k1 * k2 / (1 + T2 * s)) ) \mathcal{T} ]
```

$$\left(\frac{k1 * k2}{1 + k1 * k2 + T2 * s} \right) \mathcal{T}$$

Funkční model výsledné přenosové funkce Gey vytvoříme také jako funkci parametrů $k1, k2$ a $T2$

```
PrenosGey [k1_, k2_, T2_] := TransferFunctionModel [ (k1 * k2 / (1 + T2 * s)), s]
```

a pro dané hodnoty parametrů $k1, k2$ a $T2$ spočítáme následujícím příkazovým řádkem

```
GGey = PrenosGey [0.2, 0.5, 20]
```

$$\left(\frac{0.1}{1 + 20s} \right) \mathcal{T}$$

Funkční model výsledné přenosové funkce Gwy vytvoříme také jako funkci parametrů $k1, k2$ a $T2$

```
PrenosGwy [k1_, k2_, T2_] := SystemsModelFeedbackConnect [ ( (k1 * k2 / (1 + T2 * s)) ) \mathcal{T} ]
```

a pro dané hodnoty parametrů k_1, k_2 a T_2 spočítáme následujícím příkazovým řádkem

```
GGwy = PrenosGwy [0.2, 0.5, 20] // Simplify
```

$$\left(\frac{0.005}{0.055 + s} \right) \mathcal{T}$$

Nebo použitím Messonova pravidla vytvoříme výsledný přenos Gwy pomocí základního příkazového řádku

```
Gwy2 = TransferFunctionModel [{{ {  $\frac{k_1 * \frac{k_2}{1+T_2*s}}{1 + k_1 * \frac{k_2}{1+T_2*s}}$  }}, s]
```

$$\left(\frac{k_1 k_2 (1 + T_2 s)}{(1 + T_2 s) (1 + k_1 k_2 + T_2 s)} \right) \mathcal{T}$$

```
PrenosGwy2 [k1_, k2_, T2_] := TransferFunctionModel [{{ {  $\frac{k_1 * \frac{k_2}{1+T_2*s}}{1 + k_1 * \frac{k_2}{1+T_2*s}}$  }}, s]
```

```
GGwy2 = PrenosGwy2 [0.2, 0.5, 20] // Simplify
```

$$\left(\frac{0.005}{0.055 + s} \right) \mathcal{T}$$

4- Řád soustavy G1, G2 a výsledné soustavy Gwy

Řád soustavy G1 určuje stupeň polynomu ve jmenovateli přenosové funkce G1, tedy je 0

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

Řád soustavy Gey a Gwy určuje stupeň polynomu ve jmenovateli výsledné přenosové funkce, tedy je 1

Závěr

Blok součtu představuje

- v booleovské algebře logický se může jednat o sekvenční samodržný obvod
- v blokové algebře se může jednat o napěťový dělič.

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>

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.