



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	05/5
Autor	Ing. Salah Ifrah
Datum vytvoření	15 září 2013
Předmět	<i>Automatické řízení</i>
Téma	<i>Vícerozměrné řízení systémů</i>
Anotace	<i>Pracovní list je zaměřený hlavně na praktické použití blokové algebry při analýze chování lineárního regulačního obvodu</i>
Metodický pokyn	<i>Pracovní list s úkoly, vhodný i pro individuální práci, časová náročnost 90 minut</i>
Inovace	<i>ICT podpora teoretické výuky automatického řízení simulací, vyšší názornost a originalita, podpora interakce mezi učitelem a žákem</i>

Vícerozměrné řízení

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

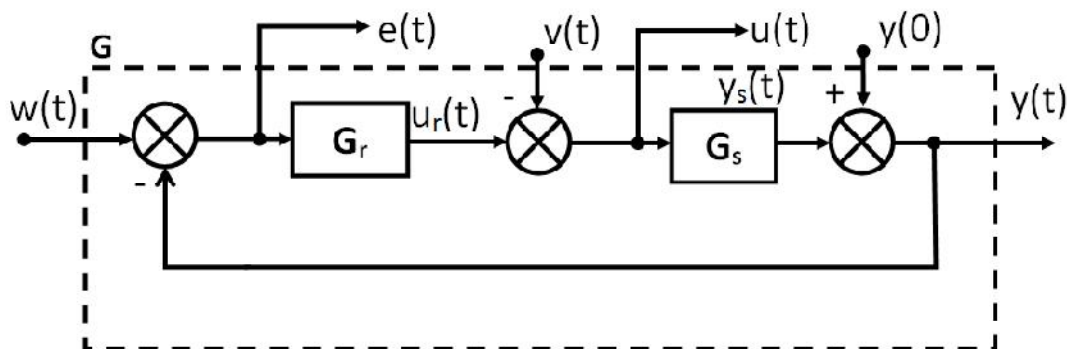
Cíl:

- 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
	Pomocné prostředky: - Wolfram-Mathematica - Amper_03_VicerozmerneRazeni_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_{we} , G_{wu} , G_{wy} , G_{ve} , G_{vu} , G_{vy} , G_{y0e} , G_{y0u} , G_{y0y} :



Kde:

$w(t)$ je řídicí veličina, $u_r(t)$ je výstup regulátoru, $u(t)$ je akční veličina, $v(t)$ je porucha, $y_0(t)$ je počáteční hodnota regulované veličiny, $y_s(t)$ je výstup regulované soustavy a $y(t)$ je regulovaná veličina.

G_r je přenos regulátoru nebo korektoru, G_s je přenos regulované soustavy.

Úkoly

1. Připravte referát.
2. Odvoďte pro obrazové přenosy G_{we} , G_{wu} , G_{wy} , G_{ve} , G_{vu} , G_{vy} , G_{y0e} , G_{y0u} , G_{y0y} přenosovou matici výsledného systému G dle obrázku:
 - a. uveďte obecnou definici obrazového přenosu, frekvenčního přenosu a přenosové matice,
 - b. určete vstupy a výstupy rozdílových členů a bloků G_r , G_s a G
 - c. napište vztah mezi vstupem a výstupem rozdílových členů,
 - d. napište vztah mezi vstupem a výstupem pro každý blok G_r , G_s a G ,
 - e. sestavte přenosovou matici G a napište vztah mezi vstupy a výstupy výsledného systému.
3. Ověřte výsledky vícerozměrného řazení z bodu 2), podle potřeby si vyžádejte pomoc od učitele
 - a. v prostředí softwaru Wolfram-Mathematica otevřete soubor typu .nb (notebook) a nazvěte jej VicerorRaSy _jmeno_trida_datum
 - b. seznámte s příkazovými řádky `TransferFunctionModel`, `TransferFunctionExpand` a `SystemsModelFeedbackConnect` a jejich použití,
 - c. Vytvořte funkční model pomocí příkazových řádků: “`TransferFunctionModel`”, “`TransferFunctionExpand`” a “`SystemsModelFeedbackConnect`”.
4. Na základě funkčního modelu z bodu 3) určete rozměr výsledné soustavy G .

Závěr

do závěru se uvede porovnávání vlastností rozvětveného a vícerozměrného řazení bloků a zejména jejich použití v průmyslové regulaci.

1-Příprava referátu - vyplňte hlavičku referátu (viz

formulář).

2- Odvození obrazového přenosu 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 $s \equiv j\omega$

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

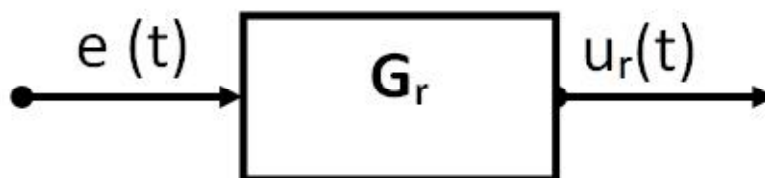
operátor a ω kruhová frekvence

b, c, d, e-vstupy a výstupy bloků G_r , G_s , a sumátorů

- Blok G_r 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 $u(t)$. Jeho vyjádření v oblasti algebraické je $U(s)$ tj. L-obraz $u(t)$



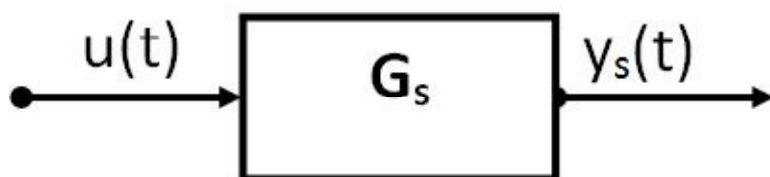
Relace mezi vstupem a výstupem bude:

$$u(t) = G_r * e(t)$$

- Blok G_s 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 $y_s(t)$. Jeho vyjádření v oblasti algebraické je $Y_s(s)$ tj. L-obraz $y_s(t)$



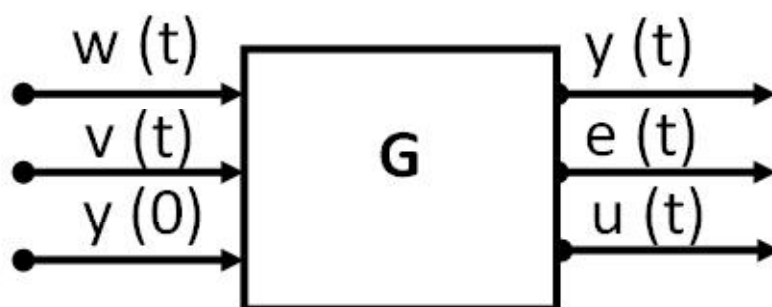
Relace mezi vstupem a výstupem bude:

$$y_s(t) = G_s * u(t)$$

- Výsledný blok G má

3 vstupy, $w(t)$, $v(t)$ a $y(0)$ respektive žádaná veličina, porucha a počátečná hodnota výstupní veličiny

3 výstupy, $y(t)$, $e(t)$ a $u(t)$ respektive výstupní veličiny, odchylka a akční veličina



Relace mezi vstupem a výstupem bude vektorová:

$$\begin{pmatrix} y \\ e \\ u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G_{wy} & G_{vy} & G_{y_0 y} \\ G_{we} & G_{ve} & G_{y_0 e} \\ G_{wu} & G_{vu} & G_{y_0 u} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} w \\ v \\ y_0 \end{pmatrix}$$

kde:

$\begin{pmatrix} y \\ e \\ u \end{pmatrix}$ je vektor výstupů

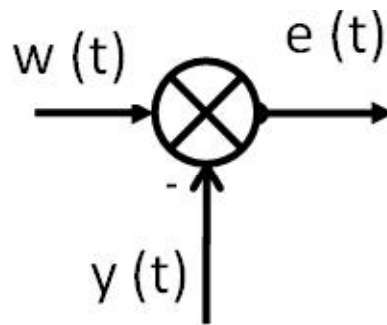
$\begin{pmatrix} w \\ v \\ y_0 \end{pmatrix}$ je vektor vstupů

$\begin{pmatrix} G_{wy} & G_{vy} & G_{y_0 y} \\ G_{we} & G_{ve} & G_{y_0 e} \\ G_{wu} & G_{vu} & G_{y_0 u} \end{pmatrix}$ je přenosová matice

- Sumátor $e(t)$ má

dva vstupy $w(t)$ a $y(t)$

jeden výstup $e(t)$

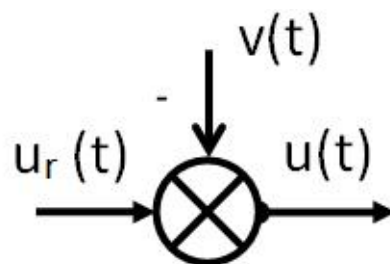


Relace mezi vstupy a výstupem bude:

$$e(t) = w(t) - y(t), \quad \text{přenos sumátoru je vždycky 1}$$

- Sumátor $u(t)$ má

dva vstupy $u_r(t)$ a $v(t)$ respektive výstup regulátoru a porucha
jeden výstup $u(t)$ tj. akční veličina

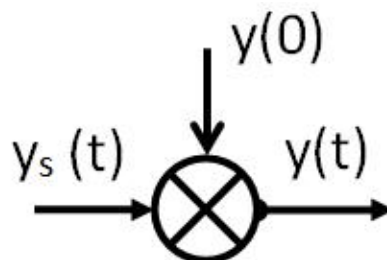


Relace mezi vstupy a výstupem bude:

$$u(t) = u_r(t) - v(t), \quad \text{přenos sumátoru je vždycky 1}$$

- Sumátor $y(t)$ má

dva vstupy $y_s(t)$ a $y(0)$ respektive výstup regulované soustavy a počáteční hodnota
jeden výstup $y(t)$ tj. úpravený výstup regulované soustavy



Relace mezi vstupy a výstupem bude:

$$y(t) = y_s(t) + y(0), \quad \text{přenos sumátoru je vždycky 1}$$

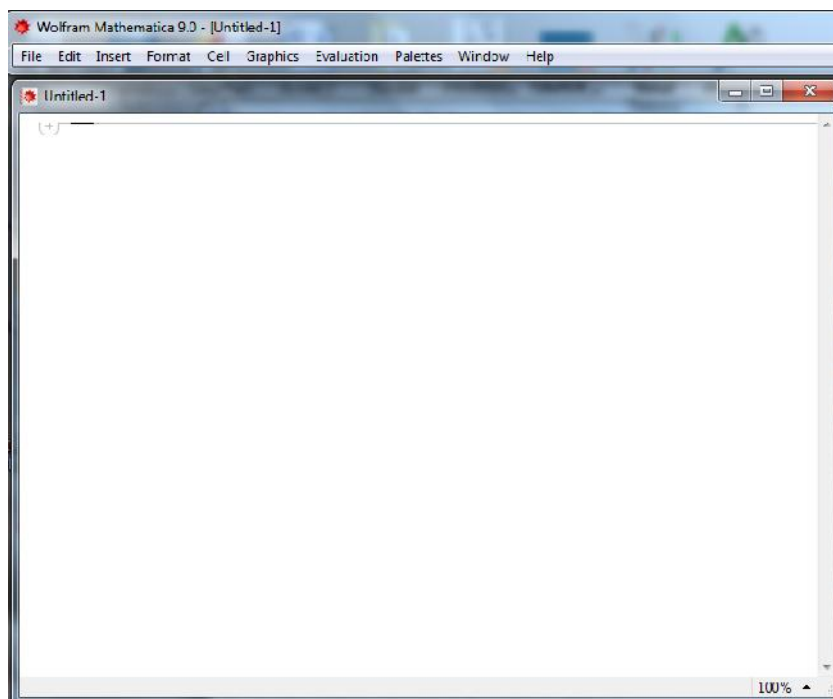
3-Ověření výsledků vícerozměrného řazení

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”



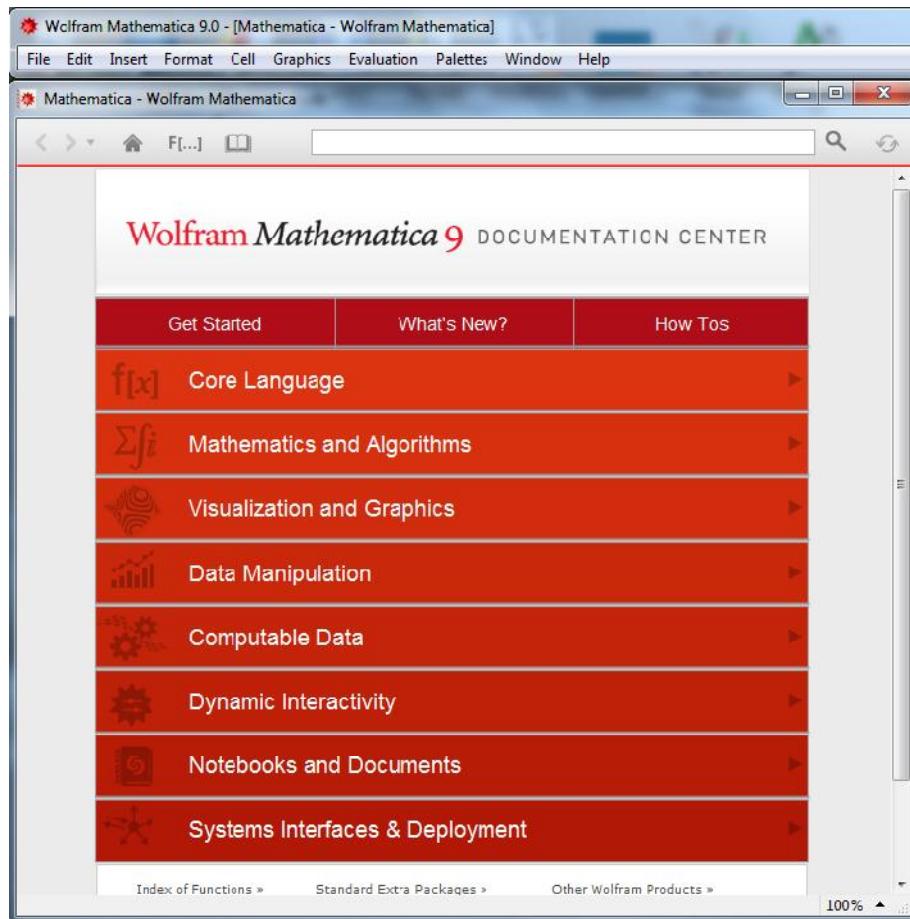
uložte jej pod názvem “VicerozmRazeni _jmeno_trida_datum”

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 postupně prostudujte způsob jejich použití

c- Tvorba funkčního modelu pomocí příkazových řádků

Funkční model výsledné soustavy G (přenosovou matici) dostaneme následujícím příkazovým řádkem

```
G = TransferFunctionModel [
  {{Gwy, Gvy, Gy0y}, {Gwu, Gvu, Gy0u}, {Gwe, Gve, Gy0e}}, s]

$$\begin{pmatrix} Gwy & Gvy & Gy0y \\ Gwu & Gvu & Gy0u \\ Gwe & Gve & Gy0e \end{pmatrix}^T$$

```

K výpočtu přenosů využijeme Masonovo pravidlo. Funkční model soustavy G v závislosti na Gr a Gs bude

$$G = \text{TransferFunctionModel} \left[\left\{ \left\{ \frac{\text{GrGs}}{1 + \text{GrGs}}, \frac{1}{1 + \text{GrGs}}, \frac{-\text{Gs}}{1 + \text{GrGs}} \right\}, \left\{ \frac{1}{1 + \text{GrGs}}, \frac{-1}{1 + \text{GrGs}}, \frac{\text{Gs}}{1 + \text{GrGs}} \right\}, \left\{ \frac{\text{Gr}}{1 + \text{GrGs}}, \frac{-\text{Gr}}{1 + \text{GrGs}}, \frac{-1}{1 + \text{GrGs}} \right\} \right\}, s \right]$$

$$\left(\begin{array}{ccc} \frac{\text{GrGs}}{1 + \text{GrGs}} & \frac{1}{1 + \text{GrGs}} & -\frac{\text{Gs}}{1 + \text{GrGs}} \\ \frac{1}{1 + \text{GrGs}} & \frac{1}{1 + \text{GrGs}} & \frac{\text{Gs}}{1 + \text{GrGs}} \\ \frac{\text{Gr}}{1 + \text{GrGs}} & \frac{-\text{Gr}}{1 + \text{GrGs}} & \frac{-1}{1 + \text{GrGs}} \end{array} \right)^T$$

4- Dimenze (rozměr) a řád výsledné soustavy G

Výsledná soustava je vícerozměrná a má rozměr 3x3 tj. 3 vstupy a 3 výstup.

Řád výsledné soustavy je dán řadem dílčích přenosů G_{we} , G_{wu} , G_{wy} , G_{ve} , G_{vu} , G_{vy} , G_{ye} , G_{yu} , G_{yy} .

Rozměr (tj. počet vstupů a výstupů) výsledné soustavy dostaneme následujícím příkazovým řádkem

```
SystemsModelDimensions [G]
```

```
{3, 3}
```

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>

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.