



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	04
Číslo vzdělávacího materiálu	02/5
Autor	Ing. Salah Ifrah
Datum vytvoření	15 září 2013
Předmět	<i>Automatické řízení</i>
Téma	<i>Regulační obvod s měřením regulační odchylky</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>

Regulační obvod s měřením odchylky

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 .

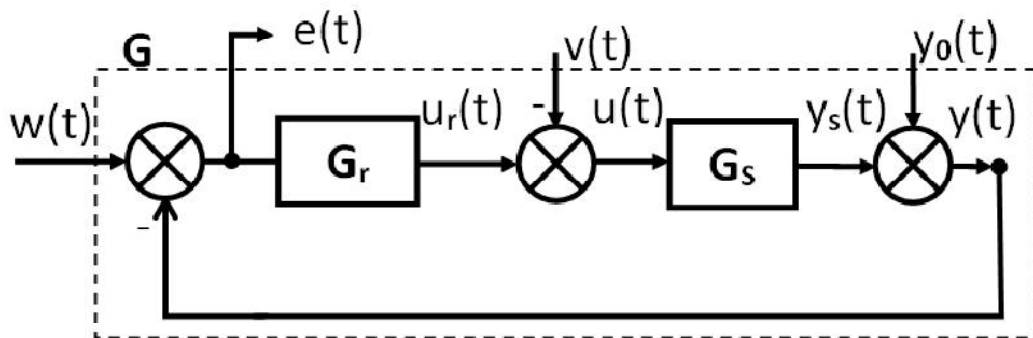
Vstupní znalosti	Základy spojitého lineárního řízení, blokové algebry a sw Wolfram-Mathematica
	Pomocné prostředky: - Wolfram-Mathematica -Amper_10_VicerozmerneRazeniSmerenimOdch_Cv.cdf - Kurz automatického řízení
	Činnost: počítačové cvičení, doba řešení: 1,5H

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:

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



Kde:

$w(t)$ je řídicí veličina, $u(t)$ je akční veličina, $v(t)$ je porucha, $y_0(t)$ je počáteční hodnota regulované veličiny, $y(t)$ je regulovaná veličina,

$G_r = G_1$ je přenos regulátoru nebo korektoru, $G_r = G_2$ je přenos regulované soustavy.

Úkoly

- Připravte referát.
- Odvoďte pro obrazové přenosy G_{we} , G_{vu_r} , G_{y_0e} a přenosovou matici výsledného systému G dle obrázku:
 - uvedte obecnou definici obrazového přenosu, frekvenčního přenosu a přenosové matice,
 - určete vstupy a výstupy rozdílových členů a bloků G_r , G_s a G
 - napište vztah mezi vstupem a výstupem rozdílových členů,
 - napište vztah mezi vstupem a výstupem pro každý blok G_r , G_s a G ,
 - sestavte přenosovou matici G a napište vztah mezi vstupy a výstupy výsledného systému.
- Ověřte výsledky vícerozměrného řazení z bodu 2), podle potřeby si vyžádejte pomoc od učitele
 - v prostředí softwaru Wolfram-Mathematica otevřete soubor typu .nb (notebook) a nazvěte jej VicerorRaSy_jmeno_trida_datum
 - seznamte s příkazovými řádky `TransferFunctionModel`, `TransferFunctionExpand` a `SystemsModelFeedbackConnect` a jejich použití,
 - Vytvořte funkční model pomocí příkazových řádků: “`TransferFunctionModel`“, “`TransferFunctionExpand`“ a “`SystemsModelFeedbackConnect`”.
- Na základě funkčního modelu z bodu 3) určete dimenze (rozměr) a řád 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 obrazových a frekvenčních přenosů

- **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

- **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 $s \equiv j\omega$

$$G(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{U(j\omega)},$$

kde j komplexní

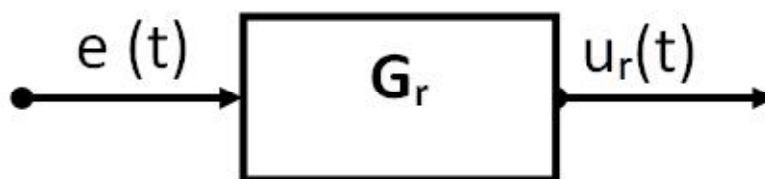
operátor a ω kruhová frekvence

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 $u(t)$



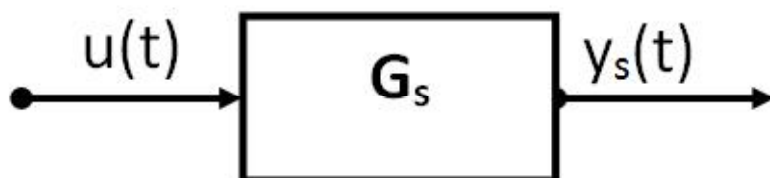
Relace mezi vstupem a výstupem bude:

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

- 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 $y_s(t)$



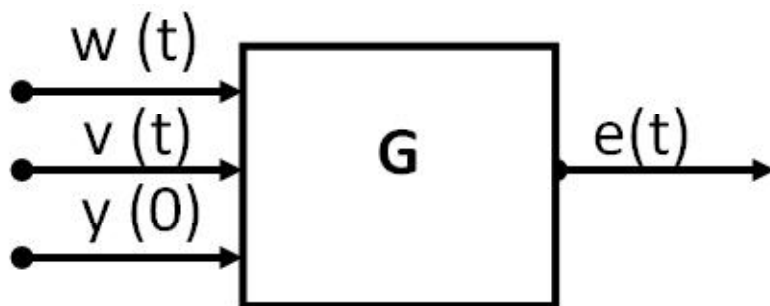
Relace mezi vstupem a výstupem bude:

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

- Výsledný blok G má

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

1 výstup, $y(t)$, $e(t)$ $u_r(t)$ respektive výstupní veličiny, odchylka a výstup bloku G_r (regulátor)



Relace mezi vstupem a výstupem bude vektorová:

$$e = \begin{pmatrix} G_{we} & G_{ve} & G_{y_0 e} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} w \\ v \\ y_0 \end{pmatrix}$$

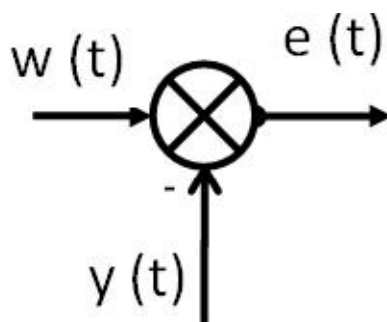
kde:

e je výstup

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

$$\begin{pmatrix} G_{we} & G_{ve} & G_{y_0e} \end{pmatrix} \text{ je přenosová matice}$$

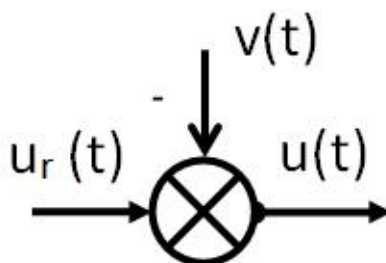
- Sumátor $e(t)$ má
dva vstupy $w(t)$ a $y(t)$
jeden výstup $e(t)$



Relace mezi vstupy a výstupem bude:

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

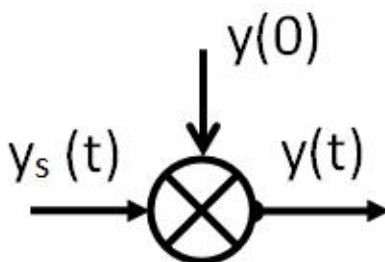
- Sumátor $u(t)$ má
dva vstupy $u_r(t)$ a $v(t)$ respektive výstup regulátoru a porucha
jeden výstup $u(t)$ tj. akční veličina



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:

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

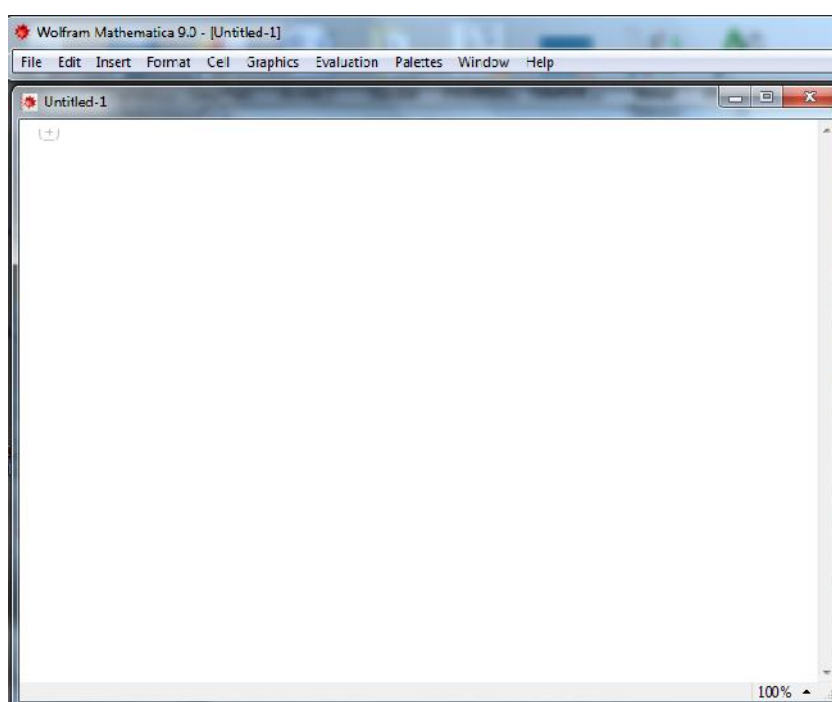
3-Ověření výsledků vícerozměrného řazení

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”



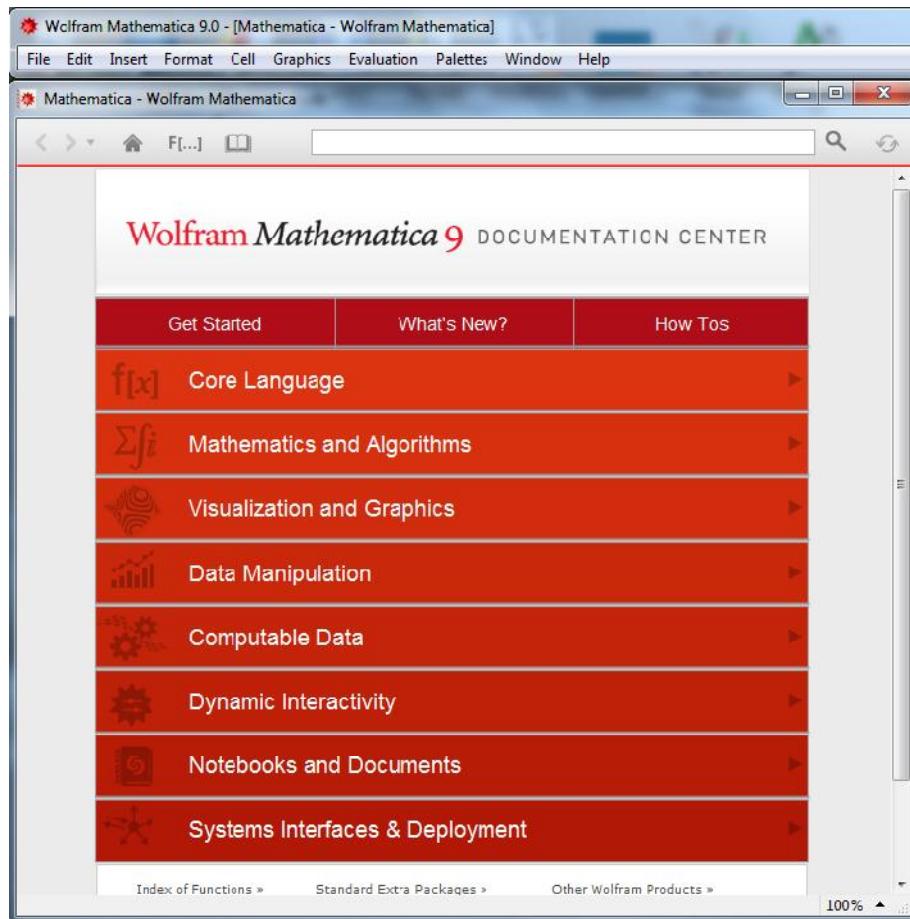
uložte jej pod názvem “RegObOdch _jmeno_trida_datum”

b- seznámení se s jednotlivými příkazovými řádky

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

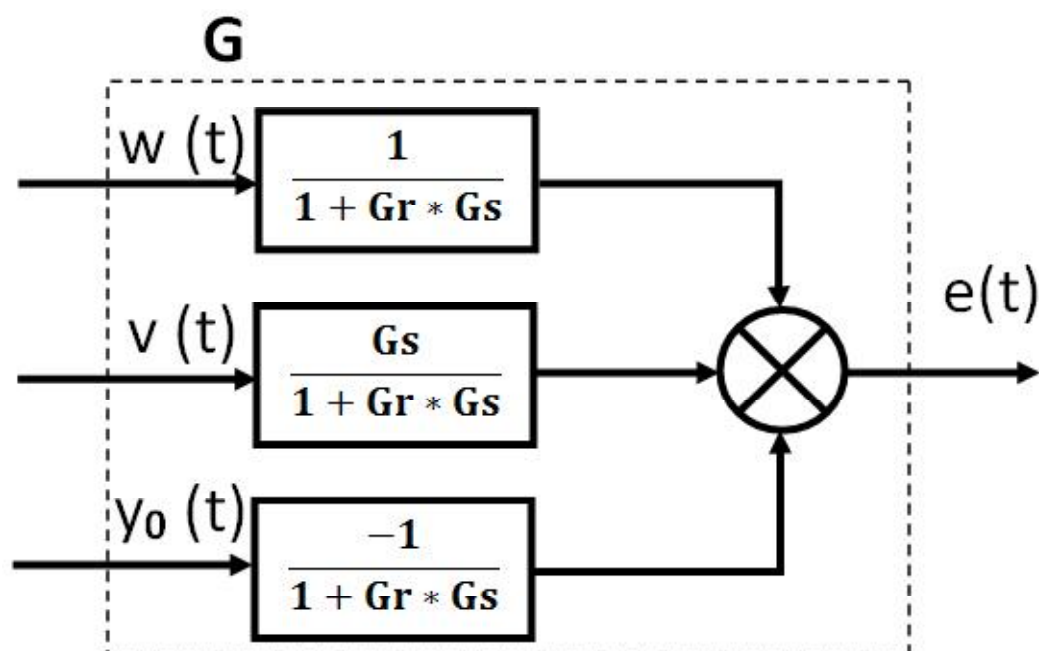
Help → Documentation Centre

objeví se *podmenu*



Do prázdného pole napište jednotlivé příkazové řádky a postupně prostudujte způsob jejich použití
c- Tvorba funkčního modelu pomocí příkazových řádků

K výpočtu přenosů využijeme Masonovo pravidlo a blokové schéma výsledného přenosu G bude



Funkční model přenosu G_r dostaneme následujícím příkazovým řádkem

```
Gr = TransferFunctionModel [{{k1}}, s]
(k1)^T
```

Funkční model přenosu G_s dostaneme následujícím příkazovým řádkem

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

Funkční model výsledného obrazového přenosu G můžeme dostat jedním příkazovým řádkem

```
G =
TransferFunctionModel [ { 1/(1 + k1*k2/(1 + T2*s)), k2/(1 + T2*s), -1/(1 + k1*k2/(1 + T2*s)) }, s ]
( (1 + T2*s)/(1 + k1*k2 + T2*s), k2*(1 + T2*s)/(1 + k1*k2 + T2*s), -1 - T2*s/(1 + k1*k2 + T2*s) )^T
```

Funkční model výsledné přenosové funkce vytvoříme také jako funkci parametrů k_1 , k_2 , a T_2

```
Prenos[k1_, k2_, T2_] :=
```

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

Pro dané hodnoty $k_1=0.2$, $k_2=0.5$, $T_2=20$ můžeme vyjádřit přenosovou funkci jako běžnou funkci s názvem "Prenos".

Výsledek je následující funkční model reálné struktury.

GG = Prenos [0.2, 0.5, 20]

$$\left(\frac{0.2 (0.05 + 1 \cdot s)}{0.055 + s} \quad \frac{0.025 (1 + 20 s)}{(0.055 + s) (1 + 20 s)} \quad - \frac{0.2 (0.05 + 1 \cdot s)}{0.055 + s} \right)^T$$

Zjednodušený obecný tvar přenosové matice (zjednodušeně struktury) dostaneme následujícím příkazovým řádkem

TransferFunctionCancel [GG]

$$\left(\frac{0.2 (0.05 + s)}{0.055 + s} \quad \frac{0.025}{0.055 + s} \quad - \frac{0.2 (0.05 + s)}{0.055 + s} \right)^T$$

Rozměr soustavy Gr je

SystemsModelDimensions [Gr]

{1, 1}

Rozměr soustavy Gs je

SystemsModelDimensions [Gs]

{1, 1}

Rozměr výsledné soustavy G je

SystemsModelDimensions [GG]

{3, 1}

4- Řád soustavy Gr, Gs a rozměr výsledné soustavy G

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

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

Výsledná soustava je vícerozměrná a má rozměr 3x1 tj. 3 vstupy a 1 výstup.

Řád výsledné soustavy je dán řadem kombinace dílčích přenosů G2 a G3.

Závěr

Regulační obvod má 3 vstupy a jeden výstup. Jedná se o vícerozměrný systém 3x1 tj. 3 vstupy a 1 výstup.

Zdroje

- <http://reference.wolfram.com/language/ref/TransferFunctionModel.html>
- Interní studijní materiál školy a firemní dokumentace software Wolfram-Mathematica.

Materiál je určen pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.

Všechna neocitovaná autorská díla jsou dílem autora.

Všechny neocitované obrázky jsou součástí prostředků výukového software Microsoft office 2007.