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

Projekt	Amper, SPŠ Jihlava
Číslo projektu	CZ.1.07/1.1.36/02.0066
Číslo sady	04
Číslo vzdělávacího materiálu	*01/5*
Autor	Ing. Salah Ifrah
Datum vytvoření Předmět	15 září 2013 *Automatické řízení*
Téma	***Regulační obvod s měřením akční veličiny***
Anotace Metodický pokyn	*Pracovní list je zaměřený hlavně na praktické použití blokové algebry při analýze chování lineárního regulačního obvodu* *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*

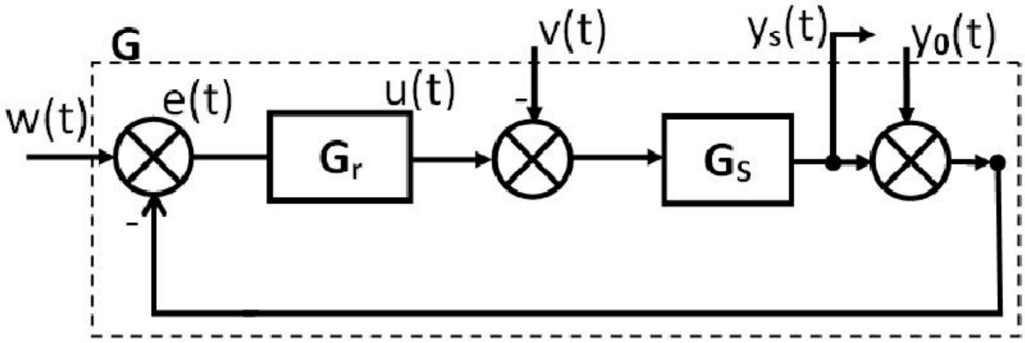
Regulační obvod s měřením akční veličiny

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, CDFplayer -Amper_04_RegObvodSmerenimAkcVel_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:

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



Kde:
w(t) je řídicí veličina, u(t) je akční veličina, v(t) je porucha, y0(t) je počáteční hodnota regulované veličiny, y(t) je regulovaná veličina,
Gr=G1 je přenos regulátoru nebo korektoru, Gr = G2 je přenos regulované soustavy.

Úkoly

1. Připravte referát.
2. Odvoďte pro obrazové přenosy Gwy_s , Gvy_s , Gy_0y_s přenosovou matici výsledného systému G dle výše uvedeného obrázku:
   a. uveďte obecnou definici obrazového přenosu, frekvenčního přenosu a přenosové matice,
   b. určete vstupy a výstupy rozdílových členů a bloků Gr , Gs a G
   c. napište vztah mezi vstupem a výstupem rozdílových členů,
   d. napište vztah mezi vstupem a výstupem pro každý blok Gr , Gs 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 **RegObAkVe_jmeno_trida_datum**
   b. seznamte 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 řád výsledné soustavy Gr, Gs, G a jejich rozměry.

Závěr

do závěru se uvede porovnávání vlastnosti regulačního obvodu s vícerozměrným systémem a zejména typový rozdíl mezi vstupy a výstupy.

1-Příprava referátu - vyplněte 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 jednorozměný systém (1 vstup a 1 výstup) nebo vícerozměrný (několik vstupů a výstupů). Jsou známé 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(jω) výstupního signálu y(t) k F-obrazu U(jω) vstupního signálu u(t) při nulových počátečních podmínkách. Frekvenční přenos lze formálně určit z obrazového přenosu dosazením $s \equiv j\omega$

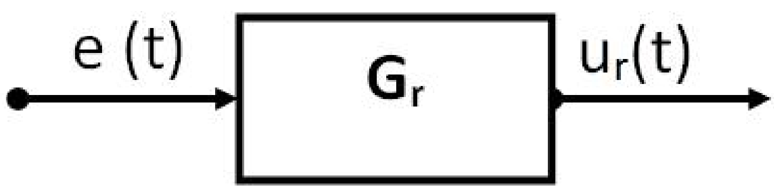
$$G(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{U(j\omega)},$$ kde j komlexní operátor a ω krůhová frekvence

b, c, d, e-vstupy a výstupy bloků Gr, Gs, a sumátorů

- Blok Gr 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)



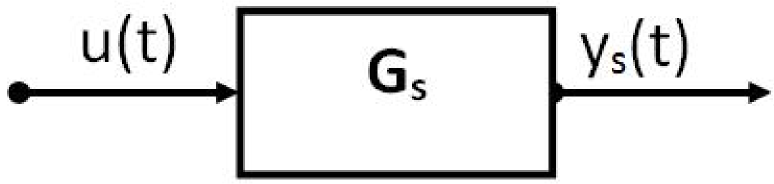
Relace mezi vstupem a výstupem bude:

u(t) = Gr * e(t)

- Blok Gs 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)



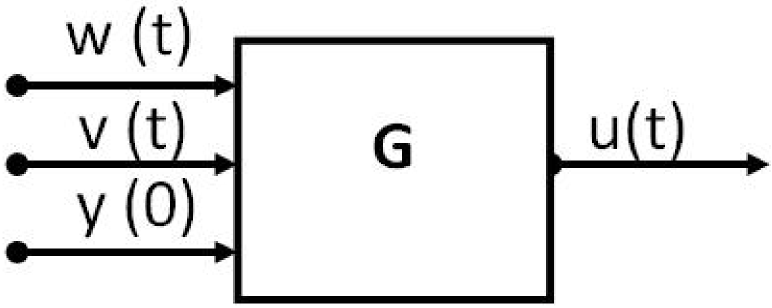
Relace mezi vstupem a výstupem bude:

y_s(t) = Gs * *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 Gr (regulátor)



Relace mezi vstupem a výstupem bude vektorová:

$$u = \begin{pmatrix} G_{wu} & G_{vu} & G_{y_0 u} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} w \\ v \\ y_0 \end{pmatrix}$$

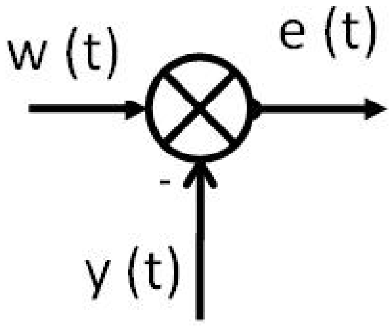
kde:

u je výstup

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

$$\begin{pmatrix} G_{\mathrm{wu}} & G_{\mathrm{vu}} & G_{y_0 u} \end{pmatrix}$$ je přenosová matice

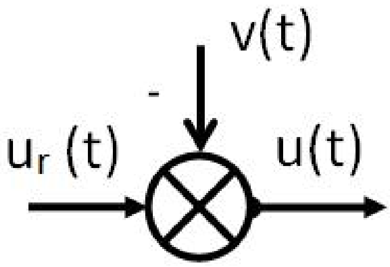
- Sumátor e(t) má
  dva vstupy w(t) a y(t)
  jeden výstup e(t)



Relace mezi vstupy a výstupem bude:

e(t) = $w(t) - y(t)$, přenos sumátoru je vždycky 1

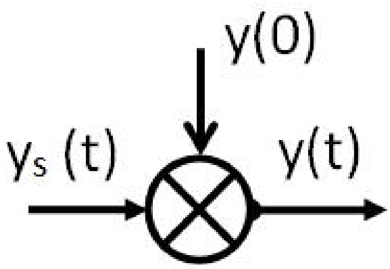
- Sumátor u(t) má
  dva vstupy u_r(t) a v(t) respektive výstup regulátoru a porucha
  jeden výstup u(t) tj. akční veličina



Relace mezi vstupy a výstupem bude:

u(t) = $u_r(t) - v(t)$, přenos sumátoru je vždycky 1

- Sumátor y(t) má
  dva vstupy y_s(t) a y(0) repektive výstup regulované soustavy a počáteční honota
  jeden výstup y(t) tj. úpravený výstup regulované soustavy



Relace mezi vstupy a výstupem bude:

$y(t) = y_s(t) + y(0)$, přenos sumátoru je vždycky 1

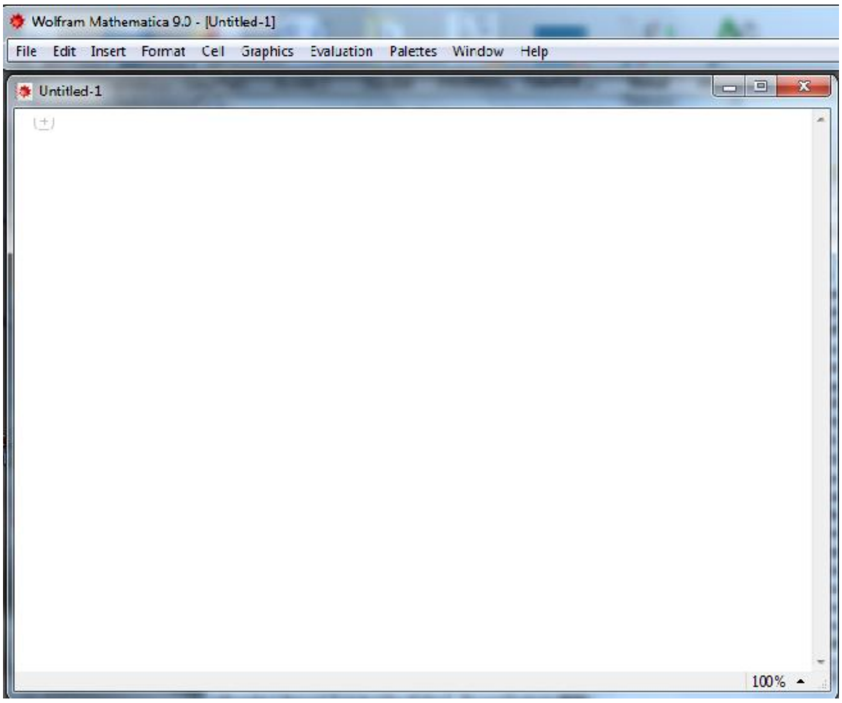
3-Ověření výsledeků

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"



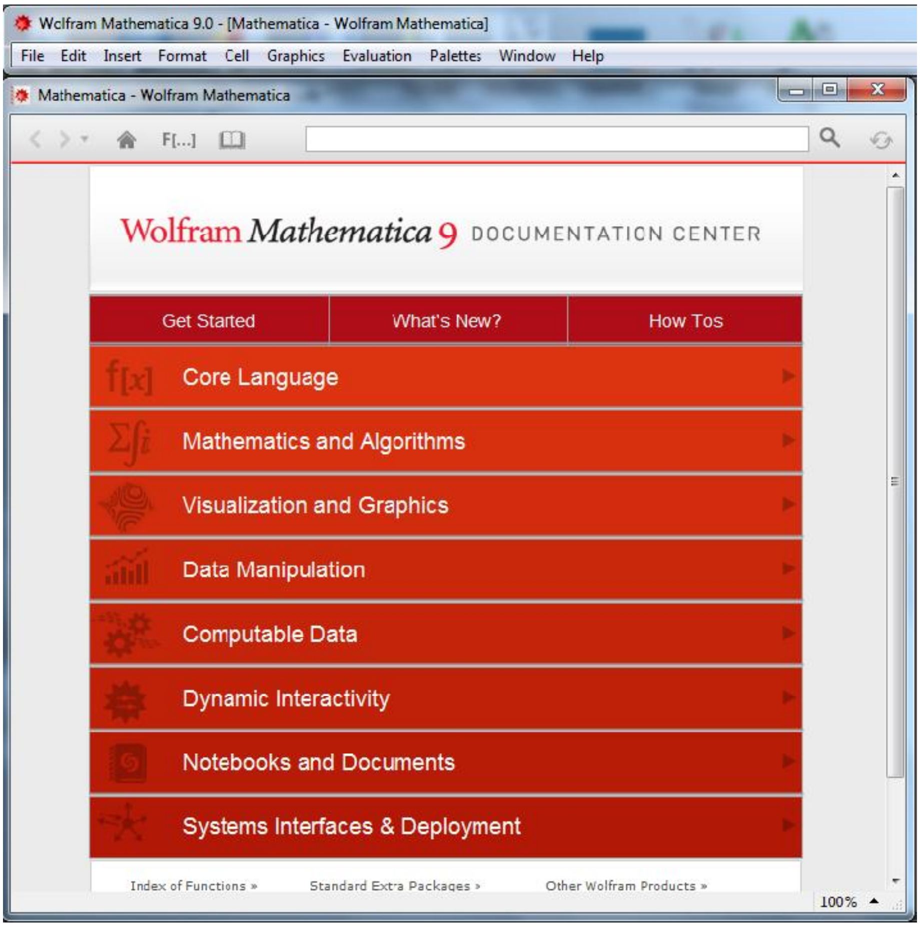
uložte jej pod názvem "RegObAkVe_jmeno_trida_datum"

b- Seznámení se s jednotlivými příkazovými řádky

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

Help →Documentation Centre

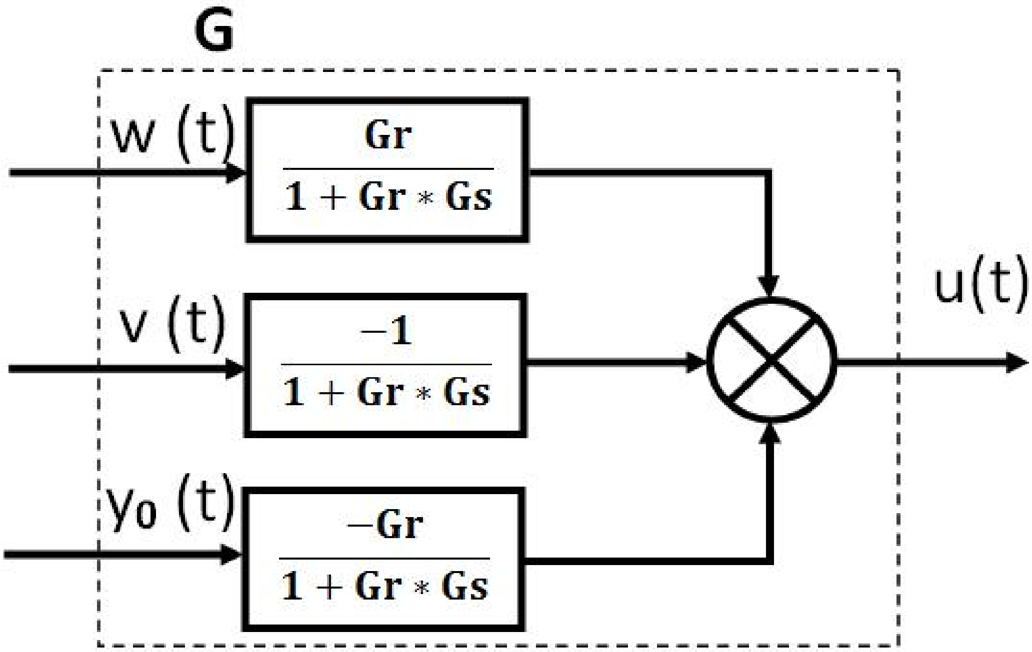
objeví se *podmenu*



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

c- Tvorba funkčního modelu pomocí příkazových řádků

K výpočtu přenosů využijeme Masonovo pravidlo. Blokové schéma výsledného přenosu G potom bude



Funkční model přenosu Gr dostaneme následujícím příkazovým řádkem

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

$(k1)^{\mathcal{T}}$

Funkční model přenosu Gs dostaneme následujícím příkazovým řádkem

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

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

Funkční model výsledného obrazového přenosu G můžeme dostat jedným příkazovým řádkem

G =
TransferFunctionModel$\left[\left\{\frac{k1}{1 + k1 * \frac{k2}{1+T2*s}}, \frac{-1}{1 + k1 * \frac{k2}{1+T2*s}}, \frac{-k1}{1 + k1 * \frac{k2}{1+T2*s}}\right\}, s\right]$

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

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

Prenos[k1_, k2_, T2_] :=
TransferFunctionModel$\left[\left\{\frac{k1}{1 + k1 * \frac{k2}{1+T2*s}}, \frac{-1}{1 + k1 * \frac{k2}{1+T2*s}}, \frac{-k1}{1 + k1 * \frac{k2}{1+T2*s}}\right\}, s\right]$

Pro dané hodnoty *k1=0.2, k2=0.5, T2=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]
```

$$\begin{pmatrix} \frac{0.2\,(0.05+1.\,s)}{0.055+s} & \frac{0.05\,(-1.-20.\,s)}{0.055+s} & -\frac{0.2\,(0.05+1.\,s)}{0.055+s} \end{pmatrix}^{\mathcal{T}}$$

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

```
TransferFunctionCancel[GG]
```

$$\begin{pmatrix} \frac{0.2\,(0.05+s)}{0.055+s} & -\frac{1.\,(0.05+s)}{0.055+s} & -\frac{0.2\,(0.05+s)}{0.055+s} \end{pmatrix}^{\mathcal{T}}$$

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, G a jejich rozměry

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 vícerozměroná a má rozměr 3x1 tj. 3 vstupy a 1 výstup.
Řád výsledné soustavy je dán řadem konbinace 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.