



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	02/5
Autor	Ing. Salah Ifrah
Datum vytvoření	15 září 2013
Předmět	Automatické řízení
Téma	Antiparalelní řazení s kladnou zpětnou vazbou
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

Antiparalelní řazení se zápornou zpětnou vazbou

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_AnPaRazSklZpVazbou_Cv.cdf - Kurz automatického řízení
	Činnost: počítačové cvičení, doba řešení: 1,5H

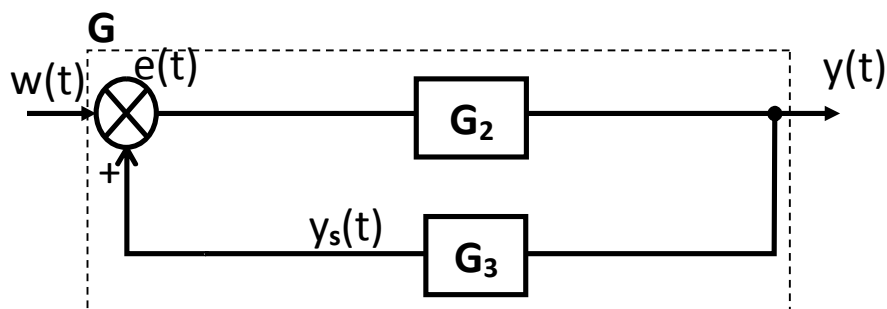
Zadání

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 $Y(s)/W(s)$ 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) odvoďte vztah mezi vstupem a výstupem výsledné soustavy G .
 - f. pomocí Massonova pravidla spočítejte obrazový přenos výsledné soustavy $G = Y(s)/W(s)$.
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_AnPaRazSkIaZpVa _jmeno_trida_datum",
 - b. seznámte se s příkazovými řádky "TransferFunctionModel", "TransferFunctionExpand", "TransferFunctionModel" 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.

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

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 $s \equiv j\omega$

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

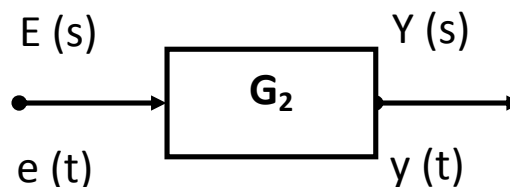
operátor a ω kruhová frekvence

b-vstupy a výstupy bloků G2, G3 a sumátor

- Blok G2 má

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

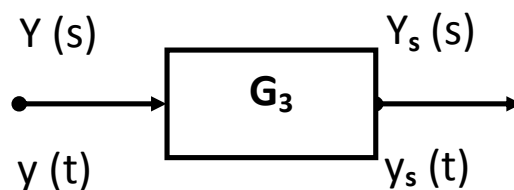
jeden výstup, ten je označen v časové oblasti $y(t)$. Jeho vyjádření v oblasti algebraické je $Y(s)$ tj. L-obraz $y(t)$



- Blok G3 má

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

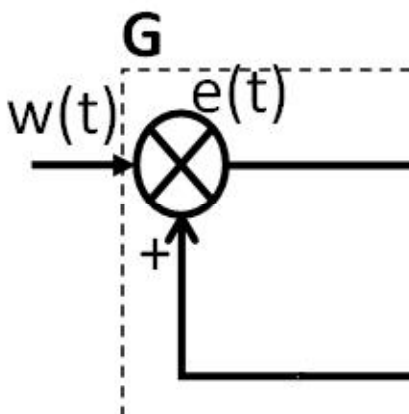
jeden výstup, ten je označen v časové oblasti $y_s(t)$. Jeho vyjádření v oblasti algebraické je $Y_s(s)$ tj. L-obraz $y_s(t)$



-Blok sumátor má

2 vstupy, které jsou označeny v časové oblasti $w(t)$ a $y_s(t)$. Jejich vyjádření v oblasti algebraické jsou $W(s)$ a $Y_s(s)$ tj. L-obrazy $w(t)$ a $y_s(t)$

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



c-Relace mezi vstupem a výstupem pro podsystemy G_2 , G_3 a sumátor

$$G_2 : Y(s) = G_2(s) * E(s)$$

$$G_3 : Y_s(s) = G_3(s) * Y(s)$$

$$\text{sumátor: } E(s) = W(s) + Y_s(s)$$

d-Relace mezi vstupem a výstupem systému G a přenosová funkce (přenos)

Laplaceův obraz výstupu $Y(s)$ systému G je

$$G : Y(s) = G_2(s) * E(s) = G_2(s) * (W(s) + Y_s(s)) = G_2(s) * (W(s) + G_3(s) * Y(s))$$

$$Y(s) = G_2(s) * W(s) + G_2(s) * G_3(s) * Y(s)$$

$$Y(s) - G_2(s) * G_3(s) * Y(s) = G_2(s) * W(s)$$

$$(1 - G_2(s) * G_3(s)) * Y(s) = G_2(s) * W(s)$$

$$(1 - G_2(s) * G_3(s)) * Y(s) = G_2(s) * W(s)$$

Přenos G dostaneme za předpokladu nulových počátečních podmínek

$$\frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{G_2(s)}{1 - G_2(s) * G_3(s)}$$

e- Relace mezi vstupem a výstupem výsledné soustavy G



$$Y(s) = G(s) * W(s), \quad \text{kde } G(s) \text{ je výsledná přenosová funkce}$$

f- Výpočet přenosové funkce výsledného systému G pomocí Massonova pravidla

výslednou přenosovou funkci G(s) spočítáme na základě Massonova pravidla za předpokladu nulových počátečních podmínek

$$G(s) = \frac{\text{přenos přímé cesty mezi vstupem a výstupem}}{1 - \text{přenos smyčky}} = \frac{G_2(s)}{1 - G_2(s) * G_3(s)} = \frac{\frac{k_2}{1+T_2*s}}{1 - \frac{k_2}{1+T_2*s} * \frac{k_3}{1+T_3*s}},$$

Kladná zpětná vazba

$$G(s) = \frac{\frac{0,5}{1+20*s}}{1 - \left(\frac{0,5}{1+20*s} * \frac{0,3}{1+10*s} \right)} = \frac{0,5 + 5s}{0,85 + 30s + 200s^2}$$

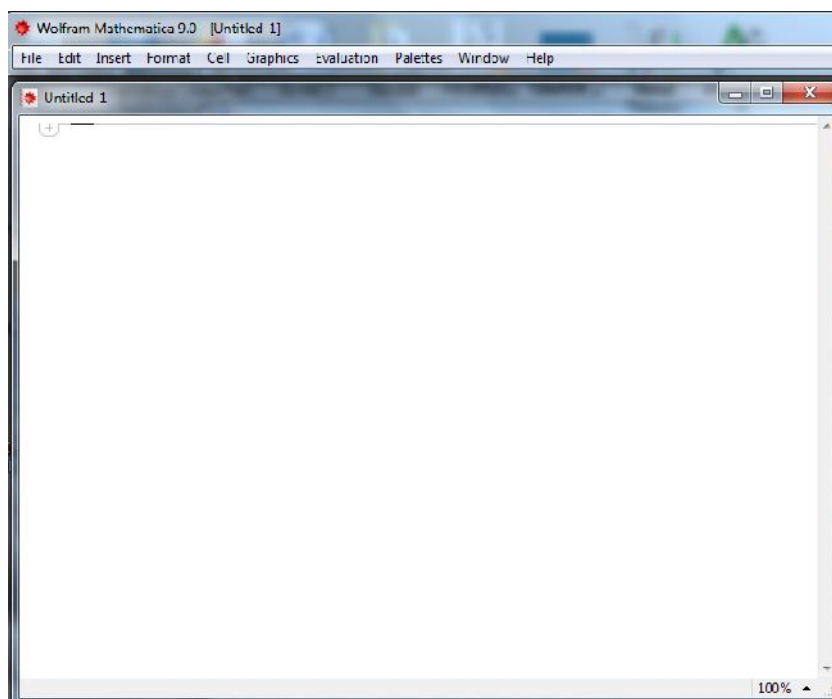
3-Tvorba souboru typu .nb (notebook) a seznámení se s příkazovými řádky

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”



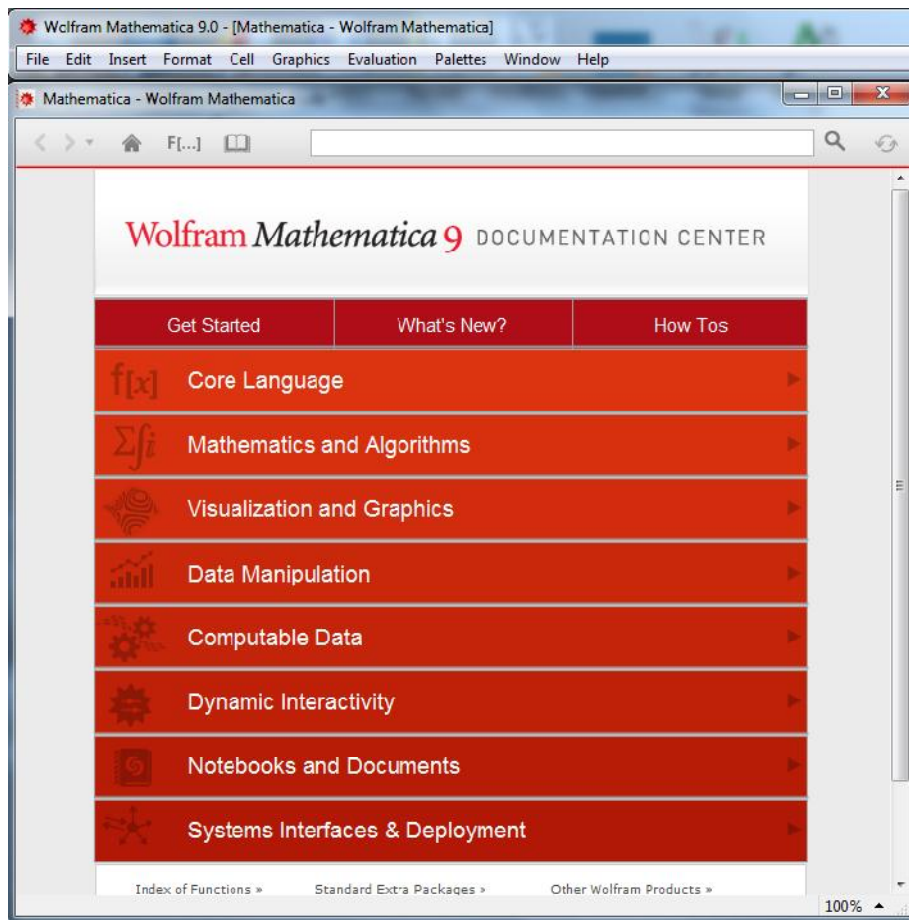
uložte jej pod názvem “PaRaSy _jmeno_trida_datum”

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

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 výsledného obrazového přenosu G můžeme dostat jedním příkazovým řádkem

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

$$\left(- \frac{k2 (-1 - T2 s) (1 + T3 s)}{(1 + T2 s) (1 - k2 k3 + T2 s + T3 s + T2 T3 s^2)} \right)^{\tau}$$

Funkční model výsledné přenosové funkce vytvoříme také jako funkci parametrů k_2, k_3 , a T_2, T_3

$$\text{Prenos}[k_2_, k_3_, T_2_, T_3_] := \text{TransferFunctionModel} \left[\frac{\frac{k_2}{1+T_2*s}}{1 - \frac{k_2}{1+T_2*s} * \frac{k_3}{1+T_3*s}}, s \right]$$

Pro dané hodnoty $k_2=0.5$, $k_3=0.3$, $T_2=20$, $T_3=10$ 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]`

$$\left(\frac{0.025 (0.1 + 1. s) (1 + 20 s)}{(1 + 20 s) (0.00425 + 0.15 s + s^2)} \right) \tau$$

Zjednodušený obecný tvar (zjednodušené struktury) dostaneme následujícím příkazovým řádkem

`TransferFunctionCancel[GG]`

$$\left(\frac{0.025 (0.1 + s)}{(0.037919 + s) (0.112081 + s)} \right) \tau$$

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 soustavy G určuje stupeň polynomu ve jmenovateli výsledné přenosové funkce G, je

-3 pro reálnou strukturu

-2 pro zjednodušenou strukturu

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.