

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Základní údaje o projektu

Projekt	Amper, SŠ PTA Jihlava - Pracoviště Legionářů 3
Číslo projektu	CZ .1.07/1.1.36/02.0066
Číslo sady	05
Číslo vzdělávacího materiálu	02/5
Autor	Ing. Salah Ifrah
Datum vytvoření	15 září 2013
Předmět	<i>Automatické řízení</i>
Téma	<i>Paralelní struktura PI regulátoru</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>

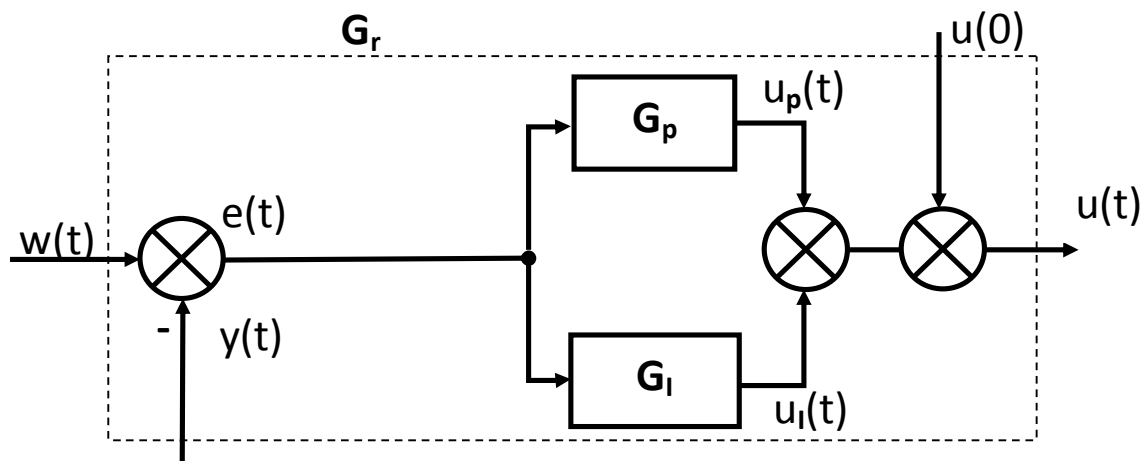
Paralelní struktura PI regulátoru

Klíčová aktivita: blokové schéma regulátoru, funkční model, obrazový přenos celku	
Cíl: ➤ Vytvořit blokové schéma elektronické paralelní struktury PI regulátoru. ➤ Vytvořit pro tuto strukturu funkční model v prostředí Wolfram-Mathematica.	
Vstupní znalosti	Základy spojitého lineárního řízení, blokové algebry a sw Wolfram-Mathematica
	Pomocné prostředky: - Wolfram-Mathematica, CDFplayer - Amper_05_ParaStruturaRegulatoruPI_Cv.cdf - Kurz automatického řízení
	Činnost: počítačové cvičení, doba řešení: 1,5H

I-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:

$$G_p = K_p, \quad G_I = \frac{1}{T_I \cdot s}$$



Kde:

$w(t)$ je žádaná veličina, $y(t)$ je regulovaná veličina, $e(t)$ je vstup regulátoru, $u(t)$ je akční veličina, $u(0)$ je počáteční hodnota akční veličiny, $u_p(t)$ je akční veličina proporcionální složky, $u_I(t)$ je akční veličina integrační složky, $u(t)$ je výstup regulátoru PI, G_p je přenos proporcionální složky a G_I je přenos integrační složky. K_p je zesílení proporcionální složky a T_I je integrační časová konstanta.

II-Úkoly

1. Připravte referát.
2. Odvodte jednotlivé obrazové přenosy G_p , G_i a vytvořte výsledný přenos G_r PI regulátoru dle obrázku:
 - a. uveďte obecnou definici obrazového a frekvenčního přenosu,
 - b. určete vstupy a výstupy rozdílového členu a bloků G_p , G_i , G_D a G_r
 - c. napište vztah mezi vstupy a výstupy rozdílových členů,
 - d. napište vztah mezi vstupem a výstupem pro každý blok G_p , G_i , G_D a G_r , spočítejte výsledný obrazový výstup regulátoru G_r .
3. Ověřte výsledky elektronické paralelní struktury PI regulátoru z bodu 2) v prostředí softwaru Wolfram-Mathematica, **podle potřeby si vyžádejte pomoc od učitele**
 - a. v prostředí softwaru Wolfram-Mathematica otevřete soubor typu .nb (notebook) a nazvěte jej **ParStrPIDreg _jmeno_trida_datum**
 - b. seznámte s příkazovými řádky `TransferFunctionModel`, `TransferFunctionExpand` a `SystemsModelFeedbackConnect` a jejich použitím,
 - c. Vytvořte funkční model pomocí příkazových řádků : “ `TransferFunctionModel` “, “`TransferFunctionExpand` “ a “`SystemsModelFeedbackConnect`”.
4. Na základě funkčního modelu z bodu 3) určete řád bloků G_p , G_i a řád výsledného přenosu PD regulátoru G_r .

III-Závěr

do závěru uveďte shrnutí poznatků o paralelní struktuře PI regulátoru a její využití v regulační technice.

Vypracování úkolů

I-Příprava referátu

řádně vyplňte hlavičku referátu (viz formulář)

2-Odvození obrazového přenosu soustavy vyššího řádu

Gr

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 $s \equiv j\omega$

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

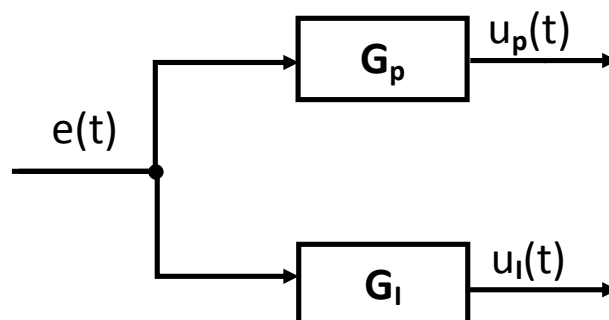
operátor a ω kruhová frekvence

b,c,d,e -vstupy a výstupy bloků G_p , G_i , G_D , a sumátorů

- Bloky G_p , G_i

jeden vstup, ten je označen v časové oblasti $e(t)$.

2 výstupy, které jsou označeny v časové oblasti $u_p(t)$ a $u_i(t)$.



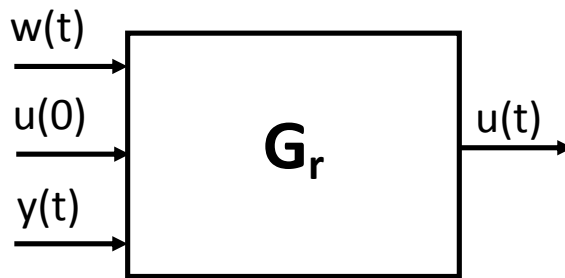
Relace mezi vstupem a výstupem každého bloku budou:

$$u_p(s) = G_p * e(s), \quad u_D(s) = G_I * e(s)$$

- Výsledný blok G_r má

3 vstupy, $w(t)$, $u(0)$ a $y(t)$ respektive žádaná veličina, počátečná hodnota akční veličiny a regulovaná veličina

1 výstup, $u(t)$ akční veličina tj. výstup regulátoru



Relace mezi vstupem a výstupem bude vektorová:

$$u = \begin{pmatrix} G_{wu} & G_{u_0 u} & G_{yu} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} w \\ u_0 \\ y \end{pmatrix}$$

kde:

u je výstup

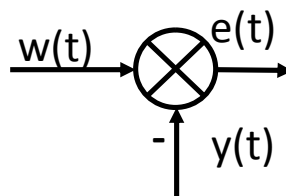
$\begin{pmatrix} w \\ u_0 \\ y \end{pmatrix}$ je vektor vstupů

$\begin{pmatrix} G_{wu} & G_{u_0 u} & G_{yu} \end{pmatrix}$ je přenosová matice

- Sumátor $e(t)$ má

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

jeden výstup $e(t)$

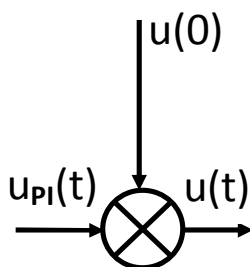


Relace mezi vstupy a výstupem bude:

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

- Sumátor $u(t)$ má

dva vstupy $u_{PI}(t)$ a $u(0)$ repektive výstup regulované soustavy a počáteční honota
jeden výstup $u(t)$ tj. úpravený výstup regulované soustavy

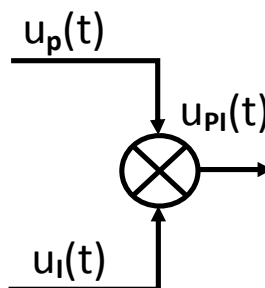


Relace mezi vstupy a výstupem bude:

$$u(t) = u_{PI}(t) + u(0), \quad \text{přenos sumátoru je vždycky 1}$$

- Sumátor $u_{PD}(t)$ má

3 vstupy $u_P(t)$ a $u_I(t)$ repektive výstup regulované soustavy a počáteční hodnota
jeden výstup $u_{PD}(t)$ tj. výstup regulátoru bez počáteční podmínky $u(0)$



Relace mezi vstupy a výstupem bude:

$$u_{PI}(t) = u_P(t) + u_I(t), \quad \text{přenos sumátoru je vždycky 1}$$

3-Ověření výsledků

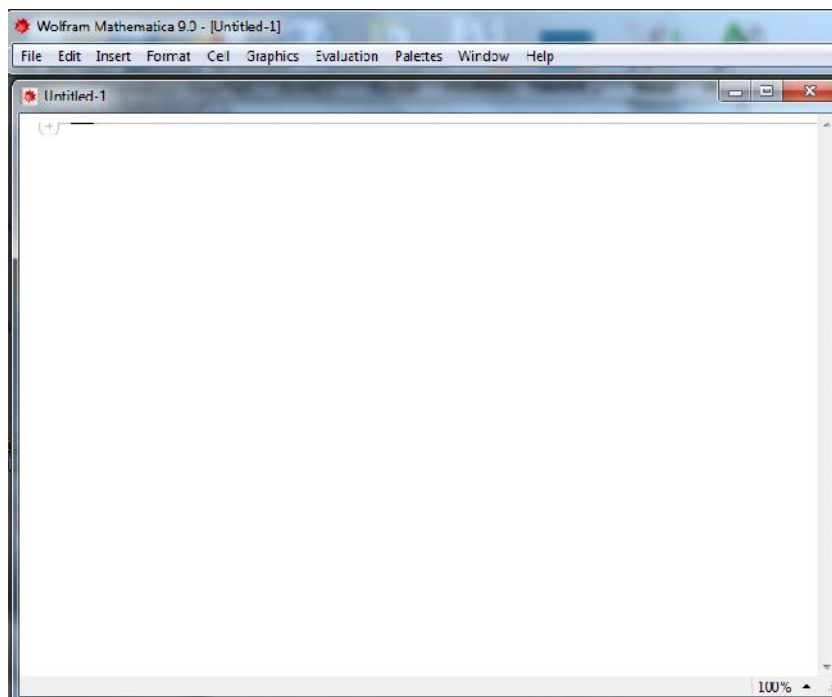
a- Tvorba souboru typu notebook

Toto je ukázkový text ukázkové podkapitoly ukázkové kapitoly ukázkového dokumentu.

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”



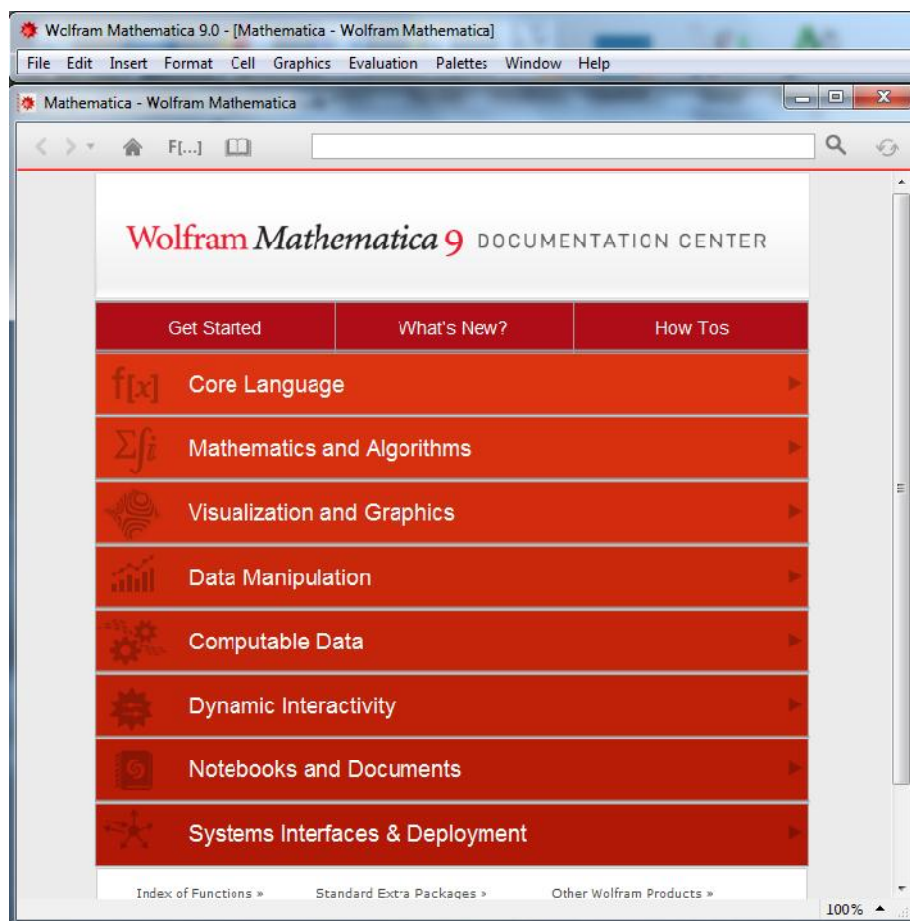
uložte jej pod názvem “ParStrPIreg_jmeno_trida_datum”

b- Seznámení se s jednotlivými příkazovými řádky

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

Help → Documentation Centre

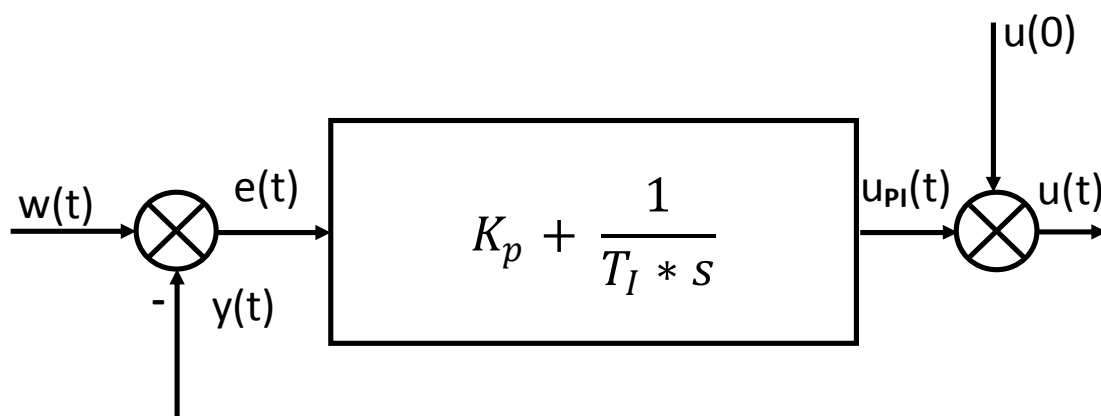
objeví se *podmenu*



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

c-Tvorba funkčního modelu pomocí příkazových řádků

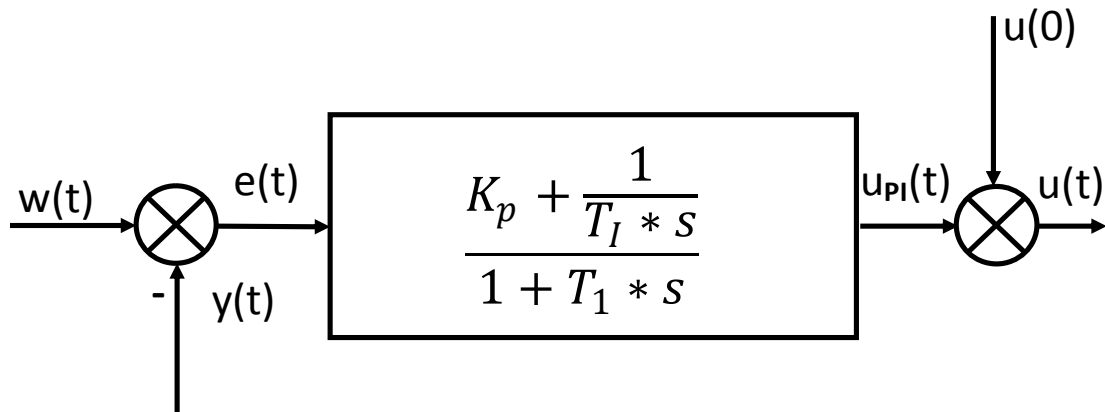
K výpočtu dílčích přenosů využijeme princip superpozice. Blokové schéma výsledné přenosové matice G_r ideálního PD regulátoru bude



Kde:

K_p , T_I jsou respektive zesílení proporcionální složky a derivační časová konstanta

a blokové schéma výsledné přenosové matice Gr reálného PI regulátoru bude



Kde:

T_l je časová konstanta

Funkční model přenosové matice Gr dostaneme následujícím příkazovým řádkem

$$\text{Gr} = \text{TransferFunctionModel} \left[\left\{ \frac{K_p + \frac{1}{T_i * s}}{1 + T_l * s}, 1, -\frac{K_p + \frac{1}{T_i * s}}{1 + T_l * s} \right\}, s \right]$$

$$\left(\frac{1 + K_p T_i s}{T_i s (1 + T_l s)} \quad 1 \quad \frac{-1 - K_p T_i s}{T_i s (1 + T_l s)} \right) \tau$$

Funkční model výsledné přenosové funkce vytvoříme také jako funkci parametrů K_p , T_i a T_l

`PrenosGr [Kp_, Ti_, Tl_] :=`

$$\text{TransferFunctionModel} \left[\left\{ \frac{K_p + \frac{1}{T_i * s}}{1 + T_l * s}, 1, -\frac{K_p + \frac{1}{T_i * s}}{1 + T_l * s} \right\}, s \right]$$

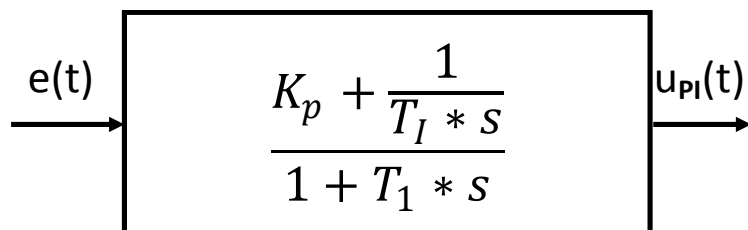
Pro dané hodnoty $K_p=0.2$, $T_i=10$, $T_l=0.1$ můžeme vyjádřit přenosovou matici jako běžnou funkci s názvem "PrenosGGr".

Výsledek je následující parametrizovaný funkční model.

`GGr = PrenosGr [0.2, 10, 0.1]`

$$\left(\frac{0.2 (0.5 + 1. s)}{(1 + 0.1 s) s} \quad 1 \quad -\frac{0.2 (0.5 + 1. s)}{(1 + 0.1 s) s} \right) \tau$$

Blokové schéma korekčního členu regulátoru je



a přenos korekčního členu Gkc bude

$$G_{kc} = \frac{K_p + \frac{1}{T_i s}}{1 + T_1 s}$$

Jeho funkční model dostaneme následujícím příkazovým řádkem

$$G_{kc} = \text{TransferFunctionModel} \left[\left\{ \frac{K_p + \frac{1}{T_i s}}{1 + T_1 s} \right\}, s \right]$$

$$\left(\frac{1 + K_p T_i s}{T_i s (1 + T_1 s)} \right) \tau$$

Pro dané hodnoty $K_p=0.2$, $T_d=10$, $T_1=0.1$ můžeme vyjádřit přenos korekčního členu jako běžnou funkci s názvem "PrenosGGkc".

Výsledek je následující parametrizovaný funkční model.

$$\text{PrenosGkc}[K_p, T_d, T_1] := \text{TransferFunctionModel} \left[\left\{ \frac{K_p + \frac{1}{T_i s}}{1 + T_1 s} \right\}, s \right]$$

$$GGkc = \text{PrenosGkc}[0.2, 10, 0.1]$$

$$\left(\frac{1. + 0.2 T_i s}{1. T_i s + 0.1 T_i s^2} \right) \tau$$

4-Řád soustavy Gp, Gi a jejich rozměry

Řád složky Gp a Gi, v případě reálného PI regulátoru, určuje stupeň polynomu ve jmenovateli přenosové funkce, tedy je 1 respektive 2.

Řád korekčního členu reálného PI regulátoru je 2. Řád výsledné vícerozměrné soustavy reálného PI regulátoru se určuje řadem dílčích přenosů.

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

`SystemsModelDimensions [Gr]`

`{3, 1}`

Korekční člen je jednorozměrná soustava

`SystemsModelDimensions [Gkc]`

`{1, 1}`

Závěr

Zdroje

- 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.