

NÁVRH GRAFICKÉHO UŽÍVATEĽSKÉHO ROZHRAŇIA V PROSTREDÍ MATLABU

Ing. Milan Lokšík, doc. Ing. Cyril Belavý, CSc., Ing. Monika Zuščíková

Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky, Strojnícka Fakulta,
Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Nám. Slobody 17, 812 31 Bratislava 1

Abstrakt

Článok sa zaoberá návrhom jednoduchého GUI, ktoré bude slúžiť na výpočet troch PID regulátorov (na základe Ziegler-Nicholsovej, Chien-Hrones-Reswickovej a Strejcovej metódy). Pri tvorbe GUI nebudeme uvažovať len o výpočte regulátorov, ale aj o zobrazení jednotlivých priebehov regulačných pochodov pri skokovej zmene riadiacej veličiny. Vstupy do GUI, ktoré sú potrebné na výpočet PID regulátorov budú parametre prenosovej sústavy, ktorú chceme regulovať. Návrh regulátorov obmedzíme, a to len pre prenosové sústavy, ktoré sú štvrtého rádu, majú dopravné oneskorenie rovné nule a model sústavy sa dá zapísať v tvare:

$$S(s) = \frac{K}{(T \cdot s + 1)^n} e^{-T_d s} \quad (1)$$

1 Metódy výpočtu PID regulátora

Ak máme k dispozícii prechodové charakteristiky určíme z nich čas prietahu T_u , čas nábehu T_n a zosilnenie sústavy K . Na základe toho určíme konštanty regulátora podľa vzťahov uvedených v Tabuľke 1.

Tabuľka 1: Výpočet konštánt PID regulátora

Metóda	$r_0 = K_R$	r_{-1}	r_1
Ziegler-Nicholsova metóda	$\frac{1,2}{K} \cdot \frac{T_n}{T_u}$	$\frac{r_0}{2 \cdot T_u}$	$0,5 \cdot T_u \cdot r_0$
Chien-Hrones-Reswickova metóda	$\frac{0,6}{K} \cdot \frac{T_n}{T_u}$	$\frac{r_0}{T_u}$	$0,5 \cdot T_u \cdot r_0$
Strejcova metóda	$\frac{1}{K} \cdot \frac{7 \cdot n + 16}{16 \cdot (n - 2)}$	$\frac{15 \cdot r_0}{T \cdot (7n + 16)}$	$r_0 \cdot T \cdot \frac{(n + 1) \cdot (n + 3)}{7n + 16}$

V našom prípade vstupy do GUI nebudú čas prietahu T_u , čas nábehu T_n , ale zosilnenie K a časová konštanta T . Na základe nášho obmedzenia, že GUI bude generovať regulátory len pre sústavy štvrtého rádu, môžeme z časovej konštanty T vypočítať čas nábehu aj čas prietahu nasledovne:

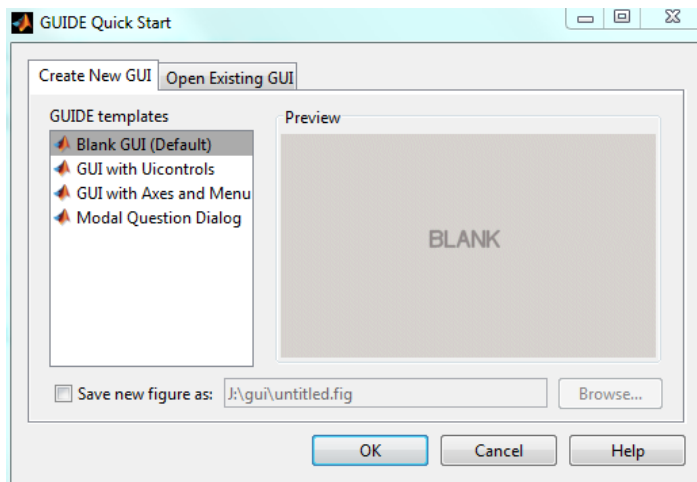
$$T_n = \frac{T}{G_{(4)}} = \frac{T}{0,224} \quad T_u = F_{(4)} \cdot T_n = 0,319 \cdot T_n \quad (2)$$

Prenosová funkcia PID regulátora v zložkovom tvare bude opísaná nasledovne:

$$R(s) = r_0 + \frac{r_{-1}}{s} + r_1 s = \frac{r_1 s^2 + r_0 s + r_{-1}}{s} \quad (3)$$

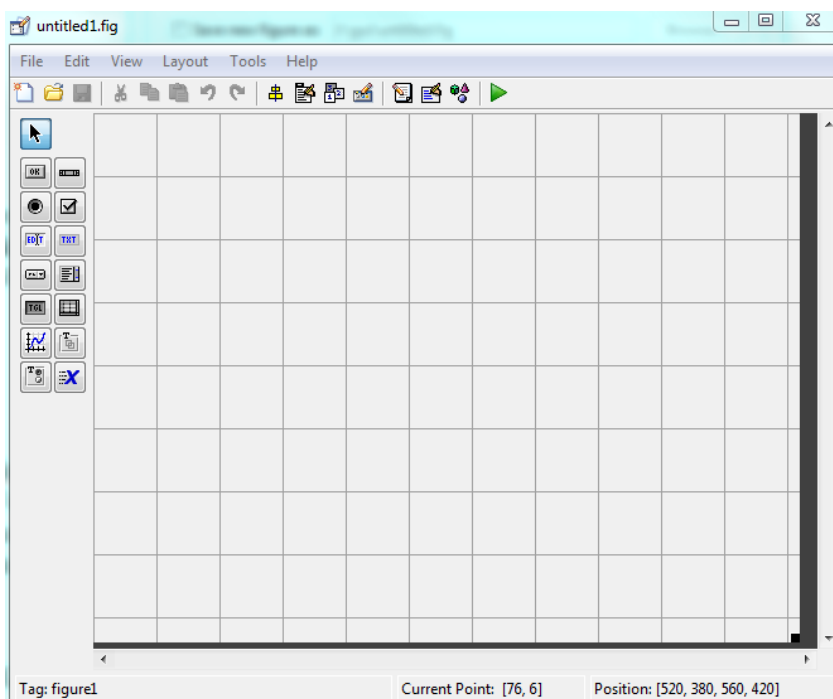
2 Tvorba grafického objektu pomocou GUIDE

Vytváranie grafických rozhraní v prostredí Matlabu je pomerne jednoduché. Využíva sa na to najčastejšie toolbox s názvom Guide. To bude aj náš prípad. Po zadaní príkazu `guide` v Command Window sa otvorí okno s názvom GUIDE Quick Start (Obr. 1.), ktoré nám ponúka niekoľko základných typov na vytvorenie grafického rozhrania (Blank GUI, GUI with Uicontrols, GUI with Axes and Menu, Modal Question Dialog), ako aj možnosť otvorenia už existujúceho GUI.



Obr. 1: GUIDE Quick Start

Pre vytvorenie nášho GUI si vyberieme možnosť Blank GUI (default). Sprievodca tvorbou GUI obsahuje všetky grafické objekty typu unicontrol, ktorými je možné ovládať aplikácie. Vzhľad vytvoreného GUI ukladá GUIDE do súboru s príponou *.fig a jeho zdrojový kód do súboru *.m.

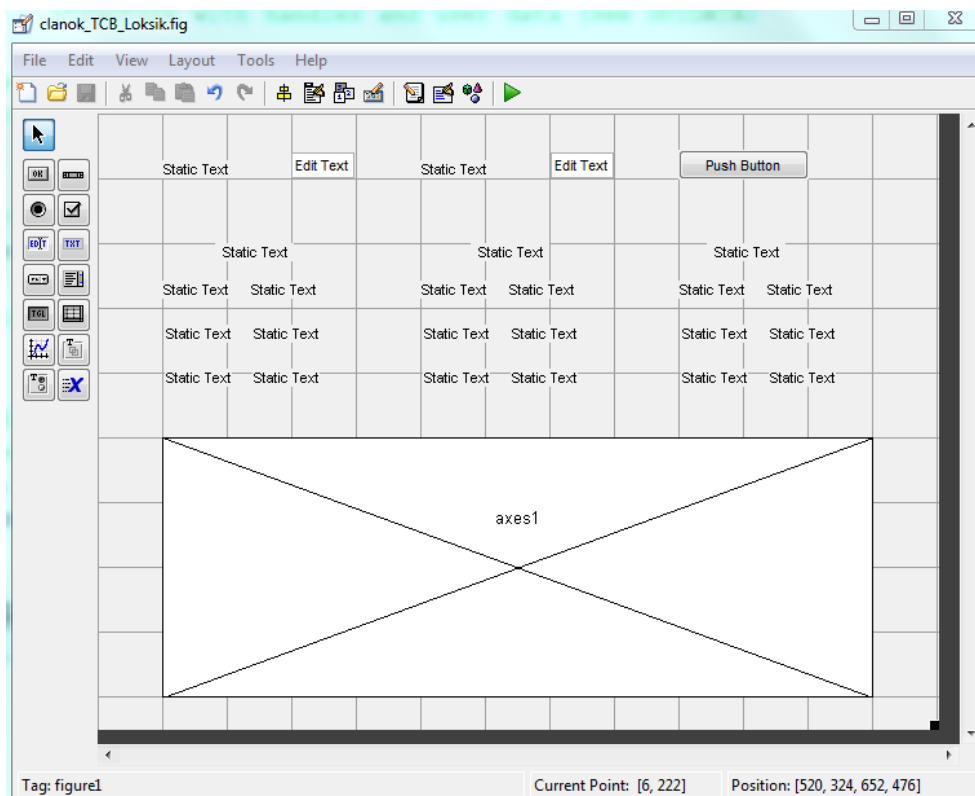


Obr. 2: Vzhľad sprievodcu tvorbou GUI

Vzhľad sprievodcu možno rozdeliť do troch skupín. Na ľavej strane sa nachádza tzv. Component Palette, na ktorej sú objekty unicontrol. Pracovnú plochu, tvorí štvorcová sieť – Layout Area. Vodorovne ikony v hornej časti možno rozdeliť do dvoch skupín štandardné a špecifické pre GUI. Ikona v tvare zelenej trojuholníkovej šípky má funkciu tzv. Activate figure. Uloží všetky zmeny vzhľadu GUI do súboru obrázka *.fig a výtvary (aj uloží) m-súbor s rovnakým názvom ako súbor s príponou *.fig. Je potrebné, aby oba súbory boli uložené v rovnakom priečinku.

3 Návrh GUI pre výpočet PID regulátorov

Samotný výpočet regulátorov sa bude realizovať v súbore s príponou *.m. Pri tvorbe vizuálnej stránky GUI je potrebné poznať vstupy a výstupy. Pre náš príklad vstupy sú dva (zosilnenie K a časová konštanta T) a výstupov je desať (pre každú metódu tri konštanty regulátora r_{-1} , r_0 , r_1 a graf na ktorom budú odozvy priebehov). Vstupy do GUI zabezpečíme pomocou prvku s názvom *Edit Text*. Výstupy budú zabezpečené pomocou prvkov s názvami *Axis* a *Static Text*. Je však potrebný ešte jeden prvok, ktorý bude spúšťať výpočet regulátorov. Tento prvok má názov *Push Button*. Všetky použité prvky sa nachádzajú na ľavej lište. Ich výber je jednoduchý, postačí ich presúvať na pracovnú plochu a umiestňovať ich podľa vlastného uváženia. Ukážka možného dizajnu je na obrázku 3.



Obr. 3: Prvotné usporiadanie prvkov

Ďalším krokom pri tvorbe GUI je úprava jednotlivých prvkov umiestnených na pracovnej ploche. Úpravu je možné robiť viacerými spôsobmi. Jednou z možností je použiť funkcie umiestnené na hornom paneli, druhou možnosťou je použiť tzv. *Inspector: unicontrol*, ktorý sa objaví po dvojkliknutí na vybraný prvok, alebo po kliknutí na príslušnú ikonu v hornom paneli. Týmto spôsobom je možné upravovať všetky vlastnosti prvku (definovať pozíciu a veľkosť prvku, meniť farbu písma, prvku a pozadia, rovnako tak meniť názvy prvkov a ich Tagov a mnoho ďalšieho).

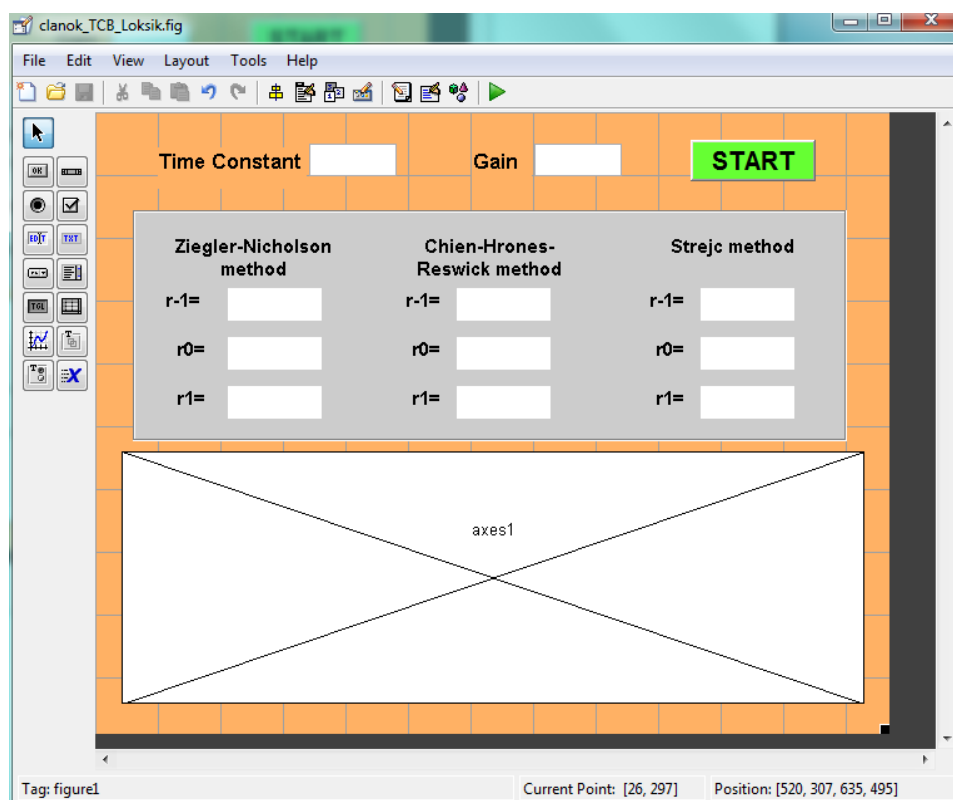
Každý prvok má pridelený *Tag*, tento "parameter" je pre ďalšie programovanie veľmi dôležitý. Môžeme ho považovať za tzv. ukazovateľ na daný prvok. Dobré zvolenými názvami Tagov si môžete zjednodušiť ďalšiu prácu s GUI. Zmena názvu Tagu je možné realizovať pomocou *Inspectora*.

Po úprave jednotlivých prvkov sa nami vytvárané GUI zmenilo do podoby s ktorou bude pracovať užívateľ. Takéto GUI je zobrazené na obrázku 4.

K pôvodne vloženým prvkom pribudol ešte jeden s názvom *Panel*. V tomto prípade je prvok vložený len ako vizuálny prvok a neplní žiadnu funkciu. Názvy Tagov (ukazovateľov) pre jednotlivé prvky sú uvedené v Tabuľke 2. Tieto názvy budeme potrebovať pri písaní zdrojového kódu pre GUI.

Tabuľka 2: Ukazovateľov (Tag) pre jednotlivé prvky

Tag	Umiestnenie prvku na pracovnej ploche (obr.4)	Tag	Umiestnenie prvku na pracovnej ploche (obr.4)
edit_T	Napravo od Time Constant	text_CH1	Stĺpec pod CH-H-R method prvý prvok
edit_K	Napravo od Gain	text_CH2	Stĺpec pod CH-H-R method druhý prvok
pushbutton1	Tlačidlo START	text_CH3	Stĺpec pod CH-H-R method tretí prvok
Axes1	Graf v spodnej časti	text_S1	Stĺpec pod Strejc method prvý prvok
text_Z1	Stĺpec pod Z-N method prvý prvok	text_S2	Stĺpec pod Strejc method druhý prvok
text_Z2	Stĺpec pod Z-N method druhý prvok	text_S3	Stĺpec pod Strejc method tretí prvok
text_Z3	Stĺpec pod Z-N method tretí prvok		



Obr. 4: GUI upravené do konečnej podoby

V takejto podobe môžeme GUI prvý krát spustiť, využijeme na to funkciu s horného panela s názvom *Run Figure* (zelená šípka). Táto funkcia zároveň vytvorí a uloží m-súbor s rovnakým názvom ako má náš súbor s príponou *.fig. Je nutné poznamenať, že názvy súborov musia byť uložené bez diakritiky a medzier v názve.

Vytvorený m-súbor obsahuje pred vytvorené funkcie prislúchajúce k jednotlivým prvkom. Do funkcií je nutné vpísať kód, ktorý sfunkční GUI. V našom prípade nás bude zaujímať len funkcia s názvom *pushbutton1_Callback*. Všetko čo sa bude nachádzať v tele spomínanej funkcie sa vykoná po stlačení tlačidla START.

Funkcia `pushbutton1_Callback` bude mať pre náš prípad nasledujúci tvar:

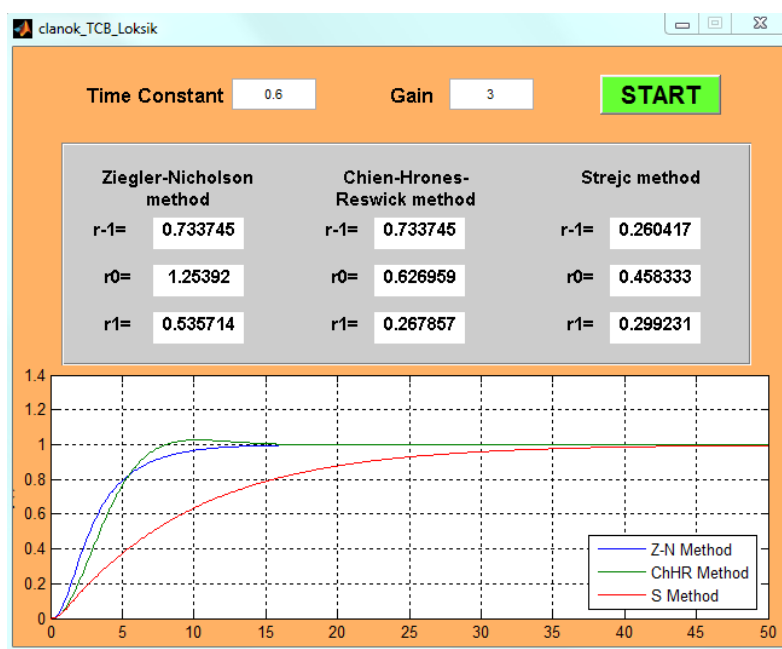
```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% načítanie vstupov
K=str2num(get(handles.edit_K,'String'));
T=str2num(get(handles.edit_T,'String'));
n=4; % rád sústavy
t=0:0.1:50; % interval na ktorom bude prebiehať simulácia
% výpočet času prietahu a času nábehu
Tn=T/0.224;
Tu=0.319*Tn;
% prenos sústavy
S=tf(K,poly([-1/T,-1/T,-1/T,-1/T]));
% Výpočet PID regulátorov
% Ziegler-Nicholson method
z_r0=(1.2/K)*(Tn/Tu);
z_rm1=z_r0/(2*Tu);
z_r1=0.5*Tu*z_r0;
R1=tf([z_r1,z_r0,z_rm1],[1,0]);
Kw1=S*R1/(1+S*R1);
y1=step(Kw1,t);
% Chien-Hrones-Reswick method
c_r0=(0.6/K)*(Tn/Tu);
c_rm1=c_r0/Tu;
c_r1=0.5*Tu*c_r0;
R2=tf([c_r1,c_r0,c_rm1],[1,0]);
Kw2=S*R2/(1+S*R2);
y2=step(Kw2,t);
% Strejc method
s_r0=(1/K)*((7*n+16)/(16*(n-2)));
s_rm1=15*s_r0/(T*(7*n+16));
s_r1=c_r0*T*((n+1)*(n+3)/(7*n+16));
R3=tf([s_r1,s_r0,s_rm1],[1,0]);
Kw3=S*R3/(1+S*R3);
y3=step(Kw3,t);
% nastavenie vypočítaných výsledkov do jednotlivých prvkov v GUI
set(handles.text_Z1,'String',z_rm1);
set(handles.text_Z2,'String',z_r0);
set(handles.text_Z3,'String',z_r1);
set(handles.text_CH1,'String',c_rm1);
set(handles.text_CH2,'String',c_r0);
set(handles.text_CH3,'String',c_r1);
set(handles.text_S1,'String',s_rm1);
set(handles.text_S2,'String',s_r0);
set(handles.text_S3,'String',s_r1);
% vykreslenie grafov
axes(handles.axes1)
plot(t,y1,t,y2,t,y3)
xlabel('t(s)'); ylabel('y(t)');
grid on; legend('Z-N Method','ChHR Method','S Method')
```

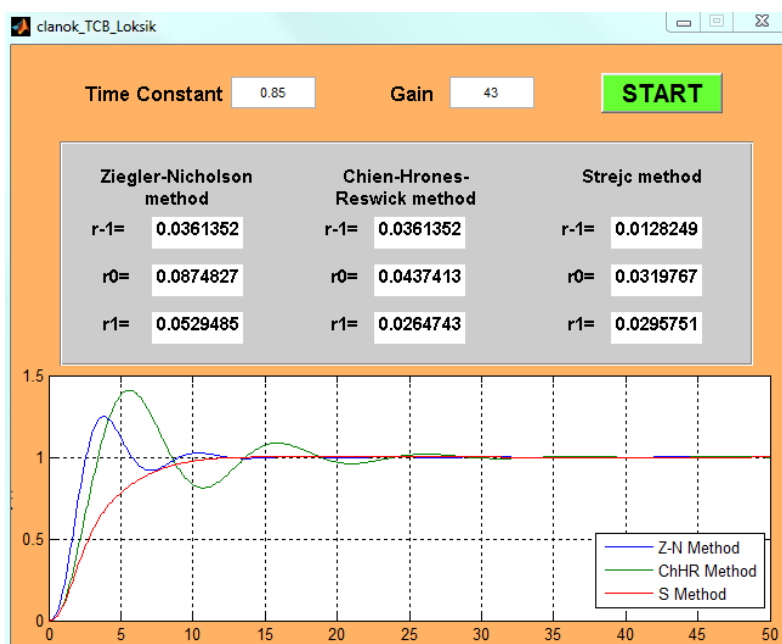
4 Výsledky

Navrhnuté GUI je len ukázkou ako je možné jednoducho tvoriť grafické užívateľské rozhrania v prostredí Matlabu. GUI je možné prepojiť aj so Simulinkom a tým zjednodušiť zadávanie premenných do jednotlivých blokov. Po spustení GUI si môžete povšimnúť, že Workspace neobsahuje premenné používané v m-súbore. Je preto potrebné pri prepájaní poznať typy premenných, ktoré používame.

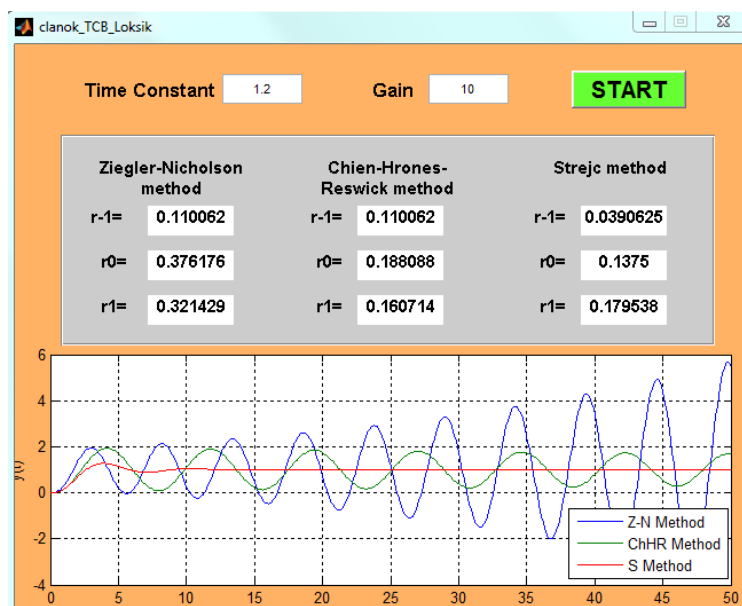
Variabilita nášho vytvoreného GUI je nízka a to v dôsledku mnohých uvažovaných obmedzení. Na obrázkoch 5. až 7. sú zobrazené návrhy PID regulátora pre rôzne varianty zadaných parametrov. Na základe priebehov regulačných pochodov zobrazených v dolnej časti GUI, je možné vybrať najlepší PID regulátor pre zadanú prenosovú sústavu.



Obr. 5: Návrh PID regulátora



Obr. 6: Návrh PID regulátora



Obr. 7: Návrh PID regulátora

5 Pod'akovanie

Článok bol pripravený pri grantovej podpore VEGA projektu „*Riadenie dynamických systémov reprezentované numerickou štruktúrou systému s rozloženými parametrami*“ (grant 1/0138/11) a APVV projektu „*High-tech riešenia pre technologické procesy a mechatronické komponenty, v riadiacich systémoch s rozloženými parametrami*“ (APVV-0131-10).

References

- [1] ZAPLATÍLEK, K., DOŠAR, B. MATLAB pro záčátečníky. BEN- Technická literature, Praha 2003. ISBN 80-7300-095-4.
- [2] ZAPLATÍLEK, K., DOŠAR, B. MATLAB - tvorba uivatelských aplikací. BEN- Technická literature, Praha 2004. ISBN 80-7300-133-0.
- [3] VÉGH, P. Zbierka riešených úloh a zadaní z teórie automatického riadenia. Slovenská technická univerzita, Bratislava 2009. ISBN 978-80-227-3086-0