

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKÉJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLOGIE
ODDELENIE INFORMATIZÁCIE A RIADENIA PROCESOV

Bakalárska práca

Modelovanie a riadenie dynamických systémov v prostredí MATLAB/Simulink

Vypracoval: Roman ZIKA

Školiteľ: Ing. Ľuboš ČIRKA, PhD.

BRATISLAVA 2006

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKÉJ A POTRAVINÁRSKEJ
TECHNOLÓGIE STU V BRATISLAVE**

Oddelenie informatizácie a riadenia procesov

Číslo: 4/2006

Vec: Zadanie semestrálneho projektu na ukončenie bakalárskeho štúdia.

Meno študenta: Roman Zika

Meno vedúceho projektu: Ing. Ľuboš Čirka, PhD.

Názov projektu:

/So všetkými podrobnosťami: formulácia úlohy, rozsahu, podmienok riešenia, harmonogramu riešenia a pod./

**Modelovanie a riadenie dynamických systémov v prostredí
MATLAB/Simulink**

4. Termín odovzdania záverečnej práce projektu: 20. 05. 2006

5. Záverečná práca projektu sa odovzdáva v 2 zviazaných exemplároch vedúcemu projektu.

Dátum: 20. 02. 2006



Doc. Dr. Ing. Miroslav Fikar

vedúci oddelenia

Obsah

Obsah.....	2
1 Úvod.....	4
2 Opis zariadenia.....	5
2.1 Matematický model.....	7
3 Návrh PI regulátorov metódou Pole Placement.	8
3.1 Viacnásobné korene CHR URO.....	9
3.2 Rôzne korene CHR URO	10
3.3 Polynomický regulátor	11
4 Praktická časť	13
4.1 Kalibrácia a prevod na veličiny v percentách	13
4.2 Identifikácia zariadenia	16
4.3 Návrh polynomického regulátora.....	19
5 Záver.....	23
6 Literatúra	24

1 Úvod

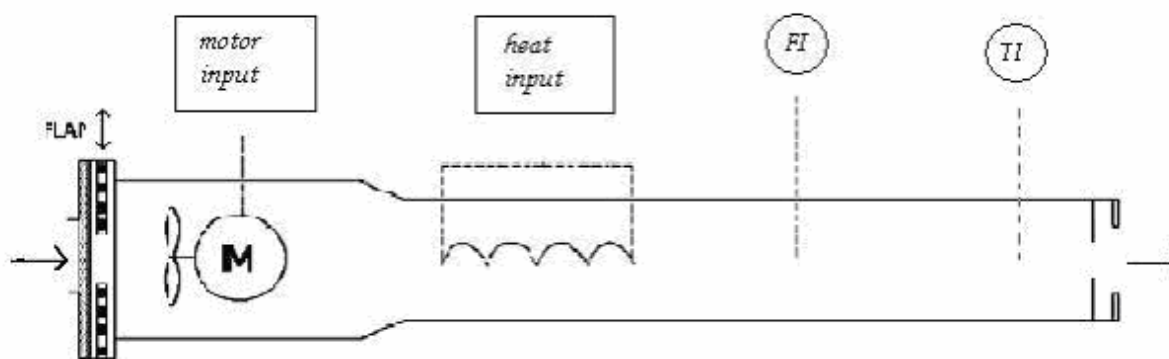
Mnohé prevádzky v takmer celej oblasti priemyslu sa snažia zefektívniť svoju výrobu za účelom zvýšenia ziskov a znižovania strát v podniku. V dnešnej dobe môžeme tieto faktory ovplyvňovať mnohými spôsobmi. Medzi ne možno nepochybne zaradiť automatizovanie a riadenie procesov či už chemických, elektrotechnických, strojárskych, alebo iných. Pri navrhovaní riadenia každého technologického procesu je treba dbať nielen na to aby jednotlivé navrhnuté zariadenia zodpovedali určitým normám kvality a bezpečnosti, ale celý proces musí byť navrhnutý ekonomicky a aj samotná údržba zariadení by mala byť finančne čo najpriateľnejšia.

V súčasnosti je väčšina priemyselných procesov regulovaná pomocou spojitých PID (proporcionálno-integračno-derivačných) regulátorov, ako aj diskretných PSD (proporcionálno-sumačno-diferenčných) regulátorov, či pomocou adaptívneho riadenia.

Moja práca je rozdelená do niekoľkých kapitol. V druhej časti je opis teplovzdušného výmenníka aj so stručnými charakteristikami jednotlivých častí. Obsahom tretej časti je návrh PI regulátorov, polynomickeho regulátora metódou Pole Placement (umiestnenia pólov). Štvrtá časť je venovaná identifikácii. V piatej časti sa venujem práci so zariadením v reálnych podmienkach, jeho identifikácii a následnému návrhu polynomickeho P regulátora a regulátorov s integračnou činnosťou na tento systém s dopravným oneskorením.

2 Opis zariadenia

Laboratórne zariadenie LTR 700 dokáže zabezpečiť požadovanú teplotu a požadovaný prietok vzduchu. Je vhodné na tréning riadenia reálneho procesu. V prípade potreby je ho možné prepnúť aj na manuálne riadenie.



Obr. 1.1 schéma teplovzdušného výmenníka tepla

Na obrázku 1.1. vidno, že komunikácia s výmenníkom bude prebiehať dvoma riadiacimi signálmi (v obdĺžnikoch) a dvoma meranými signálmi (v krúžkoch).

- motor input - slúži na ovládanie otáčok motora
- heat input - tento signál predstavuje výkon špirály
- FI – snímač prietoku (objem na jednotku času).
- TI -snímač teploty

Parametre jednotlivých častí teplovzdušného výmenníka sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách:

Rozmery LTR 700	Hodnota	Jednotka
Dĺžka	450	mm
Šírka	240	mm
Výška	130	mm
Hmotnosť	5	kg

Tab. 1.1. Údaje o LTR 700

Motor	Hodnota	Jednotka
Vstupné napätie	24	V
Vstupný prúd	max1.0	A
rýchlosť prúdenia vzduchu	0:1,5	m/s
Tlakový rozdiel	max. 50	mm H2O

Tab. 1.2. Údaje o motorčeku

Vyhrievacie teleso	Hodnota	Jednotka
Rezistor I	100	ohm
Rezistor II	75	ohm
Vstupný prúd	90	V
Max. výkon	100	W

Tab. 1.3. Údaje o el. špirále

Odporový teplomer	Hodnota	Jednotka
Merací rozsah	25:75	C
Výstupný signál	4:20	mA
Napájacie napätie	12:36	V
Časová konštanta senzora	6	s

Tab. 1.4. Údaje o odporovom teplomere

Piezoelektrický prietokomer	Hodnota	Jednotka
Merací rozsah	0:50	mm H2O
Výstupný signál	4:20	mA
Napájacie napätie	12:30	V
Hysterézia	1.5	%

Tab. 1.5. Údaje o prietokomere

Aby bolo možné systém ovládať musí sa riadiaca jednotku prepojiť s počítačom, ktorého súčasťou je vstupno-výstupná karta typu DS 1102 DSP. Spôsob prepojenia je nasledovný:

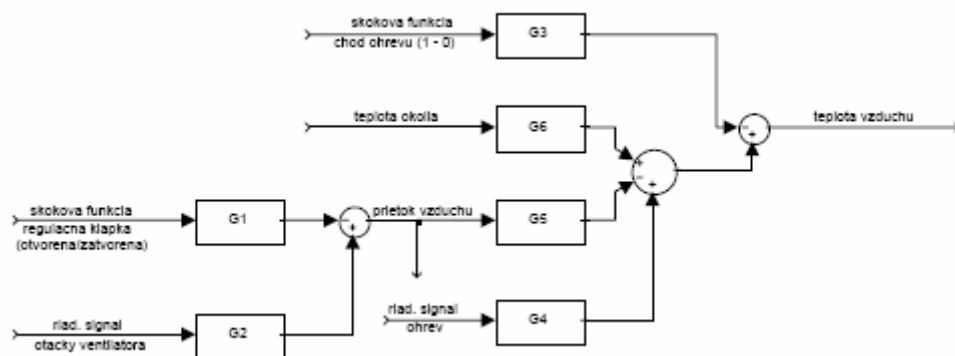
PC $\Leftrightarrow$ konektor CP 1102 $\Leftrightarrow$ prevodník $\Leftrightarrow$ zosilňovač $\Leftrightarrow$ LTR 700

- konektor - je súčasť vstupno-výstupnej karty počítača, so štyrmi portami pre výstupný a štyrmi pre vstupný signál.
- prevodník - jeho úlohou je transformovať výstupné napätie zo zosilňovača na rozsah $<-10,+10>$ V.
- zosilňovač - obsahuje interné potenciometre na ručnú reguláciu, ktorú je vhodnejšie nastaviť, kým sa zariadenie dostane do prevádzkového stavu, potom možno nastaviť automatické riadenie.

2.1 Matematický model

Laboratórne zariadenie LTR 700 má dva riadené vstupné signály (otáčky ventilátora, ohrev), ktorými možno ovplyvňovať dva výstupné signály, teplotu a prietok. Celý systém môže byť rozdelený na tri jednoduché riadiace obvody:

- riadenie prietoku vzduchu pri neriadenej teplote
- riadenie teploty pomocou ohrevu pri neregulovanom prietoku vzduchu
- riadenie teploty pomocou otáčok ventilátora pri neregulovanom ohreve



Obr. 2.1. Schéma celého zariadenia.

Na obrázku 2.1. možno vidieť blokovú schému celého zariadenia a vzájomnú závislosť medzi prenosovými funkciami.

Parametre prenosových funkcií boli získané z experimentov pri pracovnej teplote $\approx 50^{\circ}\text{C}$ a prietoku vzduchu $\approx 50\%$.

Výsledná prenosová funkcia opisuje zmeny vstupných a výstupných signálov v ich pracovnom bode.

$$G_1(s) = \frac{\text{zmena} - \text{prietoku} - \text{vzduchu}\%}{\text{zmena} - \text{prívodného} - \text{prierezu}\%} = e^{-T_0 \times s} \frac{k}{T \cdot s + 1} = e^{-0.1 \times s} \frac{0.12}{1.0 \times s + 1} \quad (1)$$

$$G_2(s) = \frac{\text{zmena} - \text{prietoku} - \text{vzduchu}\%}{\text{zmena} - \text{riad.} - \text{otáčok}\%} = e^{-0.1 \times s} \frac{0.9}{1.3 \times s + 1} \quad (2)$$

$$G_3(s) = \frac{\text{zmena} - \text{teploty} - \text{vzduchu}\%}{\text{zmena} - \text{chodu} - \text{ohrevu}\%} = e^{-3.15 \times s} \frac{0.45}{50.5 \times s + 1} \quad (3)$$

$$G_4(s) = \frac{\text{zmena} - \text{teploty} - \text{vzduchu}\%}{\text{zmena} - \text{radiaceho} - \text{ohrevu}\%} = e^{-3.6 \times s} \frac{1.05}{57.0 \times s + 1} \quad (4)$$

$$G_5(s) = \frac{\text{zmena} - \text{teploty} - \text{vzduchu}\%}{\text{zmena} - \text{prietoku} - \text{vzduchu}\%} = e^{-5.0 \times s} \frac{0.75}{50.0 \times s + 1} \quad (5)$$

$$G_6(s) = \frac{\text{zmena} - \text{teploty} - \text{vzduchu}^\circ\text{C}}{\text{zmena} - \text{teploty} - \text{okolía}^\circ\text{C}} = e^{-4.0 \times s} \frac{< 1.0}{16.0 \times s + 1} \quad (6)$$

T_0 - časová konštanta dopravného oneskorenia

T - časová konštanta

k - zosilnenie

3 Návrh PI regulátorov metódou Pole Placement.

Keďže laboratórne zariadenie LTR 700 predstavuje jednoduchý spojitý systém, javí sa najrozumnejšie spätnoväzbové riadenie s použitím PID regulátora, prípadne polynomickeho regulátora.

Moja práca je zameraná len na riadenie prietoku pri neriadenej teplote. Prenos riadeného systému v okolí pracovného bodu ($\approx 50^\circ\text{C}$, $\approx 50\%$) je v tvare:

$$G(s) = \frac{0.9}{1.3s + 1} e^{-0.1s} \quad (7)$$

Pri návrhoch regulátorov sa uvažuje systém bez dopravného oneskorenia, pretože je 13 krát menšie ako je časová konštanta systému.

Pri návrhu, sa vychádza z prenosu uzavretého regulačného obvodu (URO) v tvare:

$$G_{URO}(s) = \frac{R(s)G(s)}{1 + R(s)G(s)}, \quad (8)$$

ktorého charakteristickou rovnicou (CHR) je

$$1 + R(s)G(s) = 0 \quad (9)$$

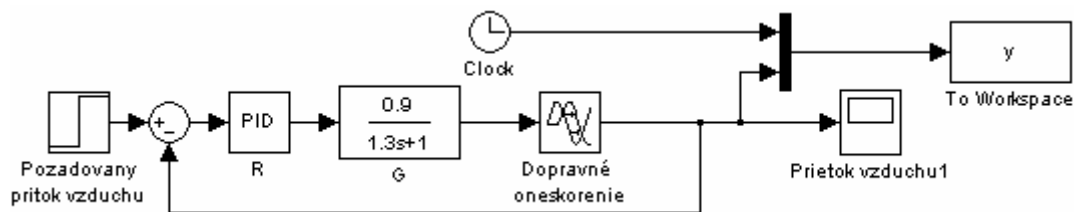
PI regulátor je v tvare

$$R(s) = P + \frac{I}{s} \quad (10)$$

Charakteristická rovnica je teda v tvare

$$s^2 + \frac{(0,9P+1)}{1,3}s + \frac{0,9I}{1,3} = 0 \quad (11)$$

Schéma uzavretého regulačného obvodu je na obr. 3.1.



Obr. 3.1. Schéma URO.

Princípom návrhu regulátora metódou Pole Placement je vnútiť CHR URO určité póly a tým vlastne predurčiť dynamické správanie sa URO, ktoré od pólov závisí. Voľbou pólov sa určuje napr. stabilita systému, periodicita či aperiodicita systému.

3.1 Viacnásobné korene CHR URO

Charakteristickú rovnicu možno zapísať v tvare

$$s^2 + \frac{(0,9P+1)}{1,3}s + \frac{0,9I}{1,3} = (s - s_1)^2 = 0 \quad (12)$$

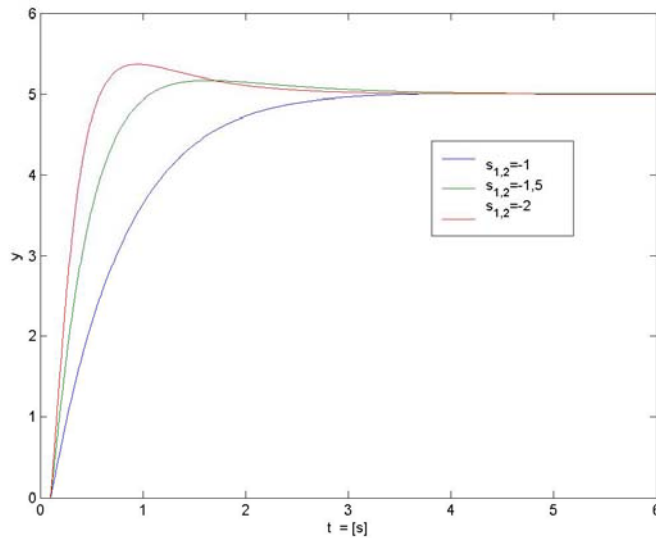
Pre nasledujúce korene CHR URO boli metódou porovnávania vypočítané zložky P a I :

$$s_1 = -1 \quad P = 1,7866 \quad I = 1,448 \quad (13)$$

$$s_1 = -1,5 \quad P = 3,2355 \quad I = 3,26 \quad (14)$$

$$s_1 = -2 \quad P = 4,6844 \quad I = 5,795 \quad (15)$$

Priebehy riadenia pre tri rôzne viacnásobné póly sú zobrazené na obr.3.2.



Obr. 3.2. Priebehy riadenia pre tri rôzne viacnásobné korene.

3.2 Rôzne korene CHR URO

Charakteristická rovnica bude mať teraz tvar

$$s^2 + \frac{(0,9P+1)}{1,3}s + \frac{0,9I}{1,3} = (s - s_1)(s - s_2) = 0$$

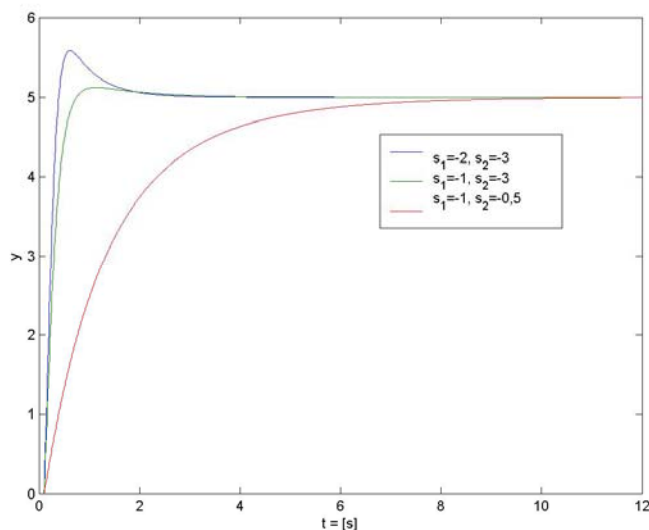
Pre nasledujúce korene CHR URO boli metódou porovnávania vypočítané hodnoty zložiek P a I :

$$s_1 = -2 \quad s_2 = -3 \quad P = 6,1333 \quad I = 8,6933 \quad (16)$$

$$s_1 = -1 \quad s_2 = -3 \quad P = 4,6844 \quad I = 4,3466 \quad (17)$$

$$s_1 = -1 \quad s_2 = -0,5 \quad P = 1,0622 \quad I = 0,7244 \quad (18)$$

Priebehy riadenia pre tri regulátory s rôznymi pólmi sú na obr. 3.3.



Obr. 3.3.priebeh riadenia pre tri regulátory s rôznymi pólmi.

3.3 Polynomický regulátor

V tomto prípade je treba získať regulátor pomocou polynomickej rovnice, ktorá vychádza z predpokladu, že ak je pravá strana rovnice systému stabilná, potom riešením polynomickej rovnice bude regulátor, ktorý bude systém stabilizovať.

Uvažujme polynomicкую rovnicu v tvare

$$AP + BQ = M, \quad (19)$$

kde

$$G(s) = \frac{B(s)}{A(s)} = \frac{K}{Ts + 1} \quad (20)$$

$$R(s) = \frac{Q(s)}{P(s)} \quad (21)$$

Najjednoduchším typom regulátora je P regulátor, ktorého prenos je v tvare

$$R(s) = \frac{q_0}{p_0} \quad (22)$$

Polynomicкая rovnica (20) má potom tvar

$$(Ts + 1)p_0 + Kq_0 = (s - s_1) \quad (23)$$

Výsledný prenos regulátora je

$$R(s) = \frac{q_0}{p_0} = \frac{Ts - 1}{K} \quad (22)$$

Nevýhodou P regulátora je, že neodstraňuje trvalú regulačnú odchýlku. Aby bolo možné trvalú regulačnú odchýlku odstrániť musí sa do regulátora zahrnúť integračná činnosť.

Regulátory s integračnou činnosťou je možné rozdeliť na rýdze

$$R(s) = \frac{q_1 s + q_0}{p_0 s} \quad (23)$$

a striktne rýdze

$$R(s) = \frac{q_1 s + q_0}{(p_1 s + p_0)s} \quad (24)$$

Prenosy týchto regulátorov sa získajú z rovníc:

$$(Ts + 1)p_0 s + K(q_1 s + q_0) = (s - s_1)^2 \quad (25)$$

$$(Ts + 1)s(p_1 s + p_0) + K(q_1 s + q_0) = (s - s_1)^3 \quad (26)$$

Výsledný prenos P regulátora pre $s_1 = -1$ má tvar:

$$R(s) = \frac{0,2590}{0,7668} = 0,3378 \quad (27)$$

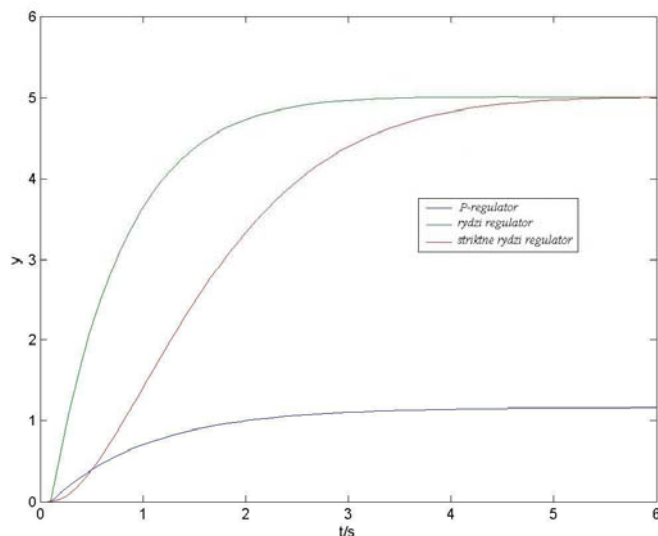
Výsledný prenos rýdzeho regulátora pre $s_1 = -1$ má tvar:

$$R(s) = \frac{1,3702s + 1,111}{0,7668s} \quad (28)$$

Výsledný prenos striktne rýdzeho regulátora pre $s = -1$

$$R(s) = \frac{1,4304s + 1,111}{(0,7668s + 1,7125)s} \quad (29)$$

Priebehy riadenia vypočítanými regulátormi sú zobrazené na obr. 3.4.



Obr. 3.4. Priebeh riadenia proporcionálnym, rýdzim a striktné rýdzim regulátorom

4 Praktická časť

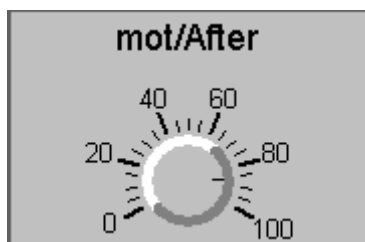
Táto časť je zameraná na prácu s laboratórnym výmenníkom tepla: meranie prechodových charakteristík, následnej identifikácii systému a navrhnutie regulátora pre tento systém.

4.1 Kalibrácia a prevod na veličiny v percentách

Aby bolo možné pracovať s výmenníkom - identifikovať ho a riadiť, je potrebné vytvoriť prevodové funkcie. Keďže práca je zameraná na riadenie prietoku otáčkami motora, je treba vytvoriť nasledujúce prevodové funkcie:

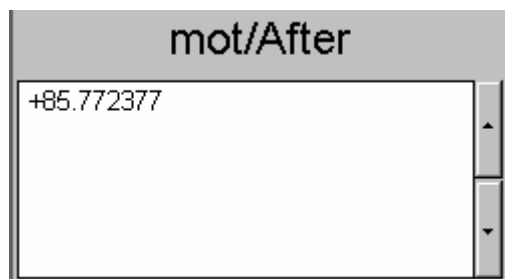
- medzi otáčkami motora **ot** a otáčkami motora v percentách **otp**
- medzi objemovým prietokom v percentách **prp** a objemovým prietokom **pr**

Na ovládanie zariadenia a získavanie údajov z neho, sa používal riadiaci systém dSPACE, v ktorom bolo vytvorené prostredie ovládacích panelov a blokov podľa potreby:



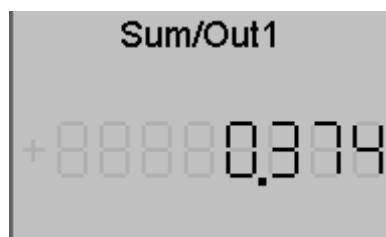
dSPACE Knob Control – blok používaný na zvyšovanie a znižovanie otáčok motora

Obr. 5.1. dSPACE Knob Control



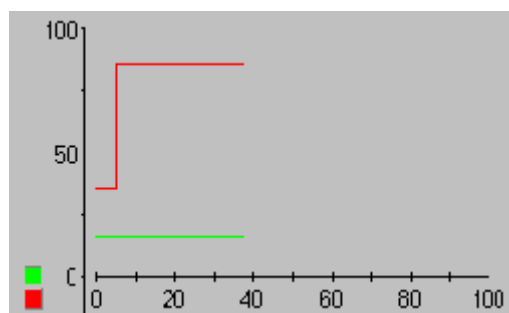
dSPACE NumericInput Control – blok umožňujúci robiť skokové zmeny podľa nastavenia

Obr. 5.2. dSPACE NumericInput Control



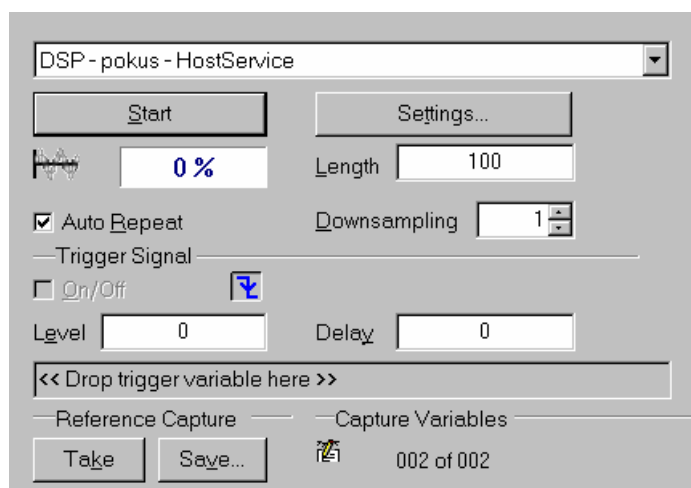
dSPACE Display Control – blok zobrazuje aktuálne hodnoty meraných veličín, resp. hodnoty vystupujúceho signálu zo zariadenia

Obr. 5.3. dSPACE Display Control



dSpace Plotter Control – blok vykresľujúci graf vstupných a výstupných veličín v závislosti od času

Obr. 5.4. dSPACE Plotter Control



dSPACE Capture Settings Control v tomto bloku je možné previesť rôzne nastavenia týkajúce sa merania, mimo iné nastaviť čas merania, automatické ukladanie údajov do súborov atď.

Obr. 5.5. dSPACE Capture Settings Control

Postupným zvyšovaním otáčok pomocou bloku Knob a sledovaním zmeny prietoku, bolo možné zariadenie nakalibrovať.

Na základe nameraných údajov a nasledným vykreslením grafických závislostí bola zistená lineárna závislosť medzi otáčkami motora (ot) a otáčkami motora v percentách (otp). To umožnilo vytvorenie prevodového vzťahu a zistenie koeficientu b a smernice k lineárnej funkcie z dvoch rovníc príslušných dvoch bodov priamky.

Číslo merania	Otáčky		Objemový	
	Otáčky	motora v	Objemový prietok v	
	motora	percentách prietok	percentách	
	(ot)	(otp)	(pr)	(prp)
1	-1	0	-0.5	0
2	-0.855	9.05	-0.41	6.065
3	-0.741	16.1	-0.355	9.77
4	-0.577	26.4	-0.257	16.374
5	-0.5	31.2	-0.205	19.878
6	-0.4	37.45	-0.134	24.66
7	-0.268	45.6	-0.018	32.479
8	-0.077	57.61	0.155	44.14
9	0.07	66.79	0.308	54.45
10	0.17	73.03	0.42	61.99
11	0.264	78.9	0.538	69.95
12	0.323	82.58	0.612	74.93
13	0.4	87.39	0.71	81.54
14	0.44	89.88	0.761	84.973
15	0.531	95.5	0.884	93.26
16	0.602	100	0.984	100

Tab.5.1. Údaje namerané a prepočítané na percentá pri kalibrácii zariadenia

Výpočet koeficientu b a smernice k :

$$ot_n = otp_n * k + b \quad (34)$$

$$-0.855 = 9.05 * k + b$$

$$0.602 = 100k + b$$

riešenie:

$$k = 0.01602$$

$$b = -0.9997$$

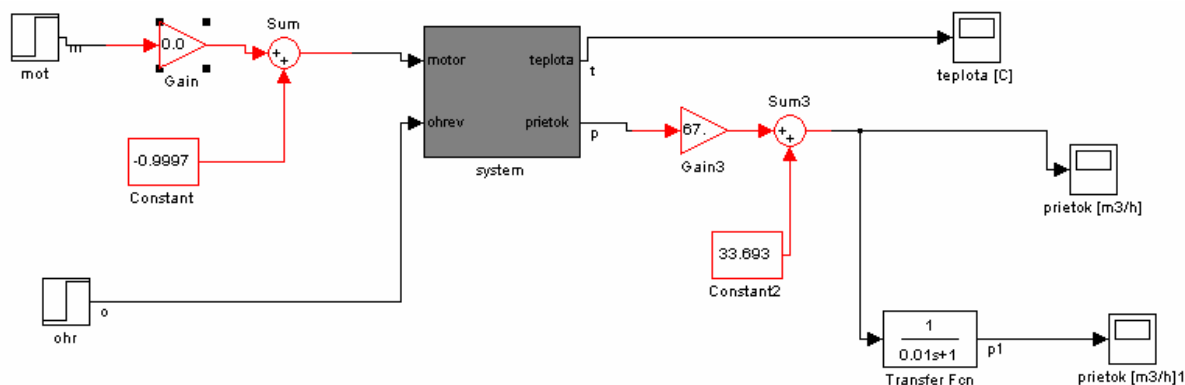
Prevodový vzťah medzi otáčkami motora **ot** a otáčkami motora v percentách **otp** má teda tvar:

$$ot = 0.01602 * otp - 0.9997 \quad (35)$$

Podobne musel byť vytvorený aj prevodový vzťah medzi objemovým prietokom v percentách **prp** a objemovým prietokom **pr**. Ten po riešení nadobudol tvar:

$$otp = 67.385 * ot + 33.693 \quad (36)$$

Zaradenie prevodových vzťahov do zariadenia je znázornené v schéme zariadenia na obr.5.1.:



Obr.5.6. Schéma zariadenia so zaradenými prevodovými vzťahmi

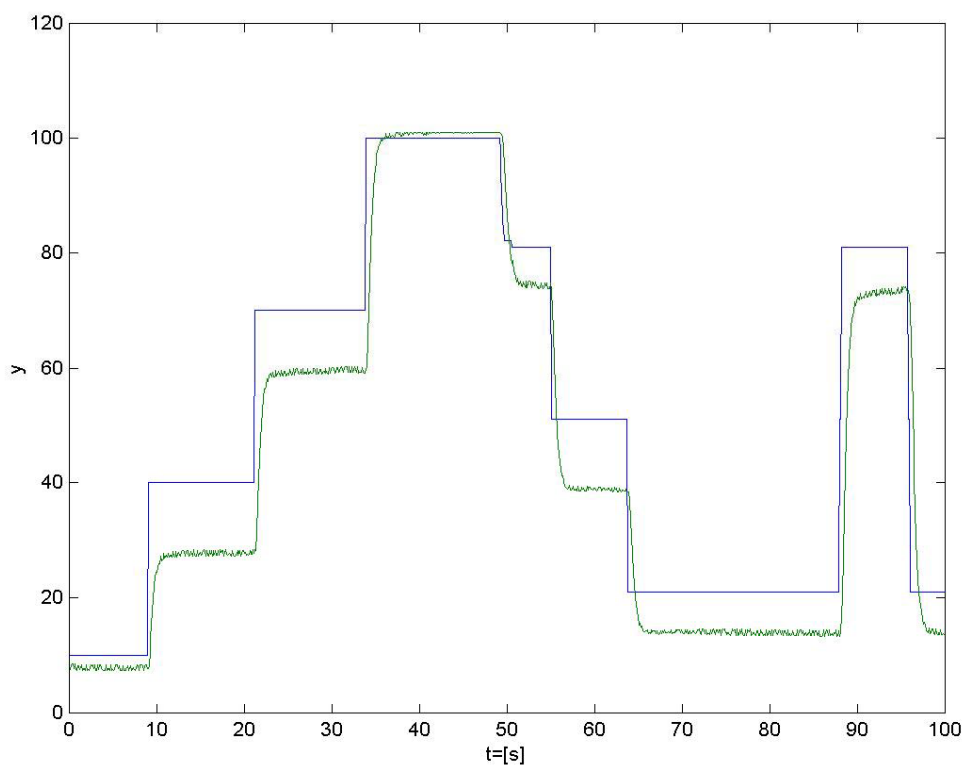
4.2 Identifikácia zariadenia

Pri tvorbe prechodových charakteristík sa zistilo, že prístroj sa nesprával rovnako v okolí svojho maximálneho a minimálneho výkonu rovnako, teda sa správal nelineárne. Identifikácia zariadenia z jednej prechodovej charakteristiky, zostrojenej skokovou zmenou v celom rozsahu prístroja by bola príliš nepresná.

Preto bolo vykonaných viac menších skokových zmien po celom rozsahu zariadenia. Takto namerané prechodové charakteristiky boli spracované v programe vytvorenom v matlabe.

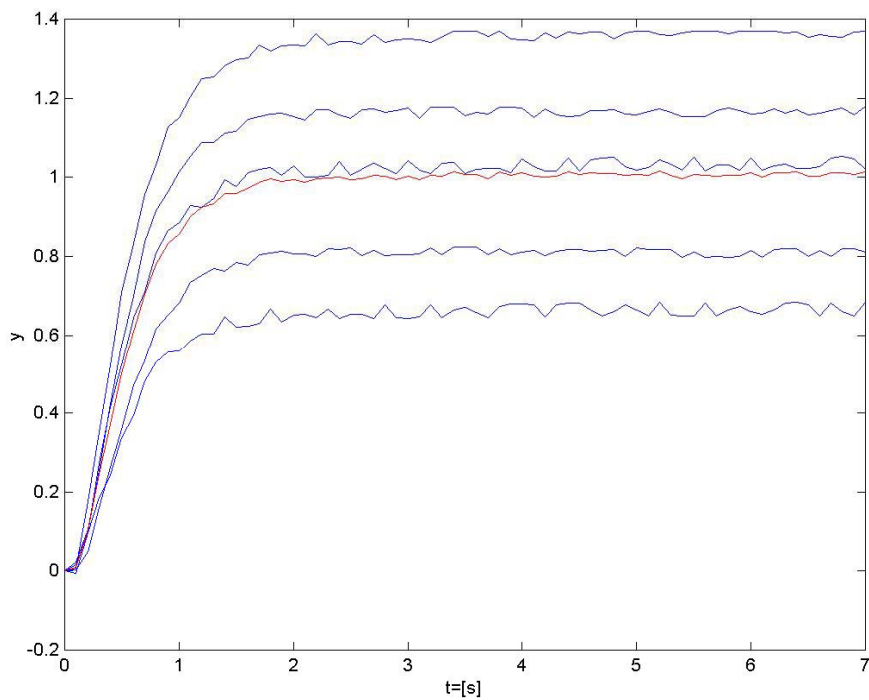
Vyhodnocovací vzorec pre stanovenie výslednej prechodovej charakteristiky:

$$y_i = \frac{\sum_{k=1}^N \Delta u_k y_{ik}}{\sum_{k=1}^N (\Delta u_k)^2} \quad (37)$$



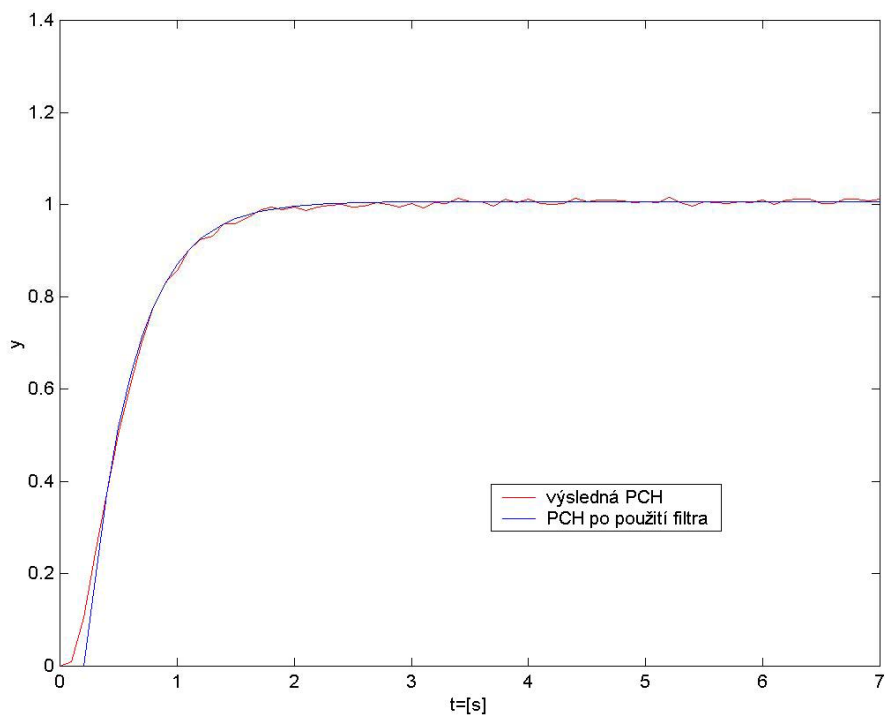
Obr.5.7. Vykonané skokové zmeny aj s opačnými znamienkami

Na určenie výslednej prechodovej charakteristiky sme museli všetky prechodové charakteristiky normalizovať (obr.5.8.).



Obr.5.8. Normalizácia PCH (modré) a výsledná PCH (červená)

Pred identifikáciou zariadenia bolo treba odstrániť šum z výslednej prechodovej charakteristiky, použitím filtra.



Obr.5.9. Výsledná PCH po odstránení šumu

Výsledkom identifikácie boli zistené hodnoty zosilnenia, časovej konštanty a dopravného oneskorenia:

$$K = 1,0072$$

$$T = 0,3894$$

$$D = 0,22$$

Výsledný prenos má potom tvar:

$$G(s) = \frac{1,0072}{0,3894s + 1} e^{-0,22s}$$

4.3 Návrh polynomickeho regulátora

Najjednoduchším typom regulátora je P regulátor, ktorý však neodstraňuje trvalú regulačnú odchýlku. Na jej odstránenie je treba použiť regulátor s integračnou činnosťou a to buď rýdzi alebo striktné rýdzi.

Regulátor	Polynomická rovnica	Prenos
P	$(Ts + 1)p_0 + Kq_0 = (s - s_1)$	$R(s) = \frac{q_0}{p_0}$
Rýdzi	$(Ts + 1)p_0s + K(q_1s + q_0) = (s - s_1)^2$	$R(s) = \frac{q_1s + q_0}{p_0s}$
Striktné rýdzi	$(Ts + 1)s(p_1s + p_0) + K(q_1s + q_0) = (s - s_1)^3$	$R(s) = \frac{q_1s + q_0}{(p_1s + p_0)s}$

Po dosadení časových konštánt a zosilnení systému dostávame pre $s_1 = -3$ P regulátor v tvare

$$R(s) = \frac{2,5497}{2,5681} = 0,9928 \text{ ,}$$

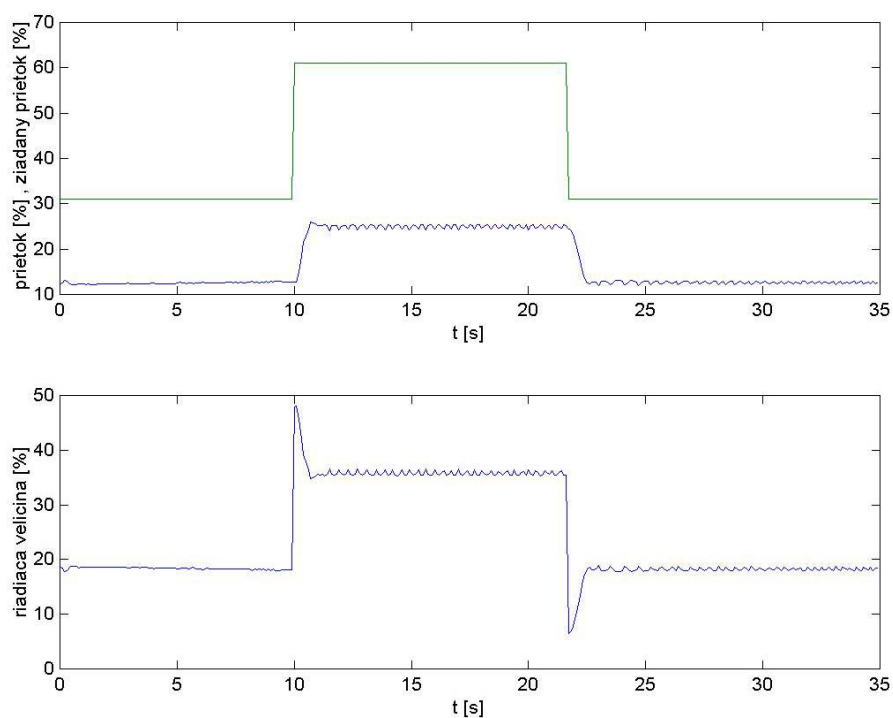
pre $s_1 = -3$ je rýdzi regulátor v tvare

$$R(s) = \frac{3,4074s + 8,93566}{2,5681s}$$

a pre $s_1 = -3$ je striktné rýdzim regulátor v tvare

$$R(s) = \frac{10,4075s + 26,807}{2,5681s^2 + 16,5176s}$$

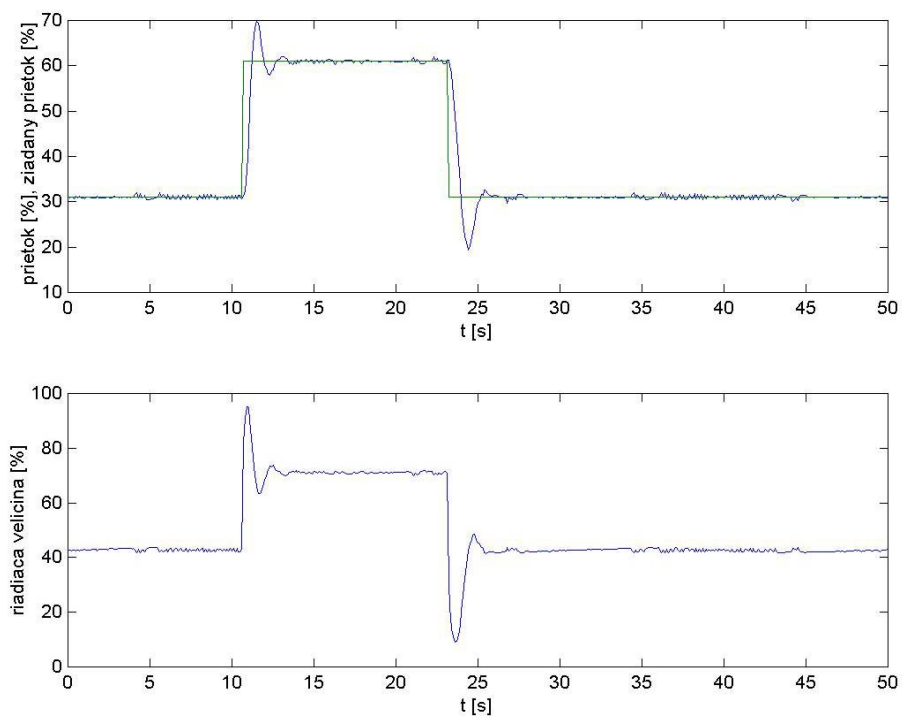
Podrobnejší opis navrhovania polynomickeho regulátora je v kapitole 3.3. Priebehy riadenia vypočítaným proporcionálnym, rýdzim a striktné rýdzim regulátorom sú graficky znázornené na obrázkoch 5.10, 5.11 a 5.12.



Obr. 5.10 Priebeh riadenia proporcionálnym regulátorom.

V hornej časti vidno závislosť prietoku (modrá) a žiadaného prietoku (zelená) od času.

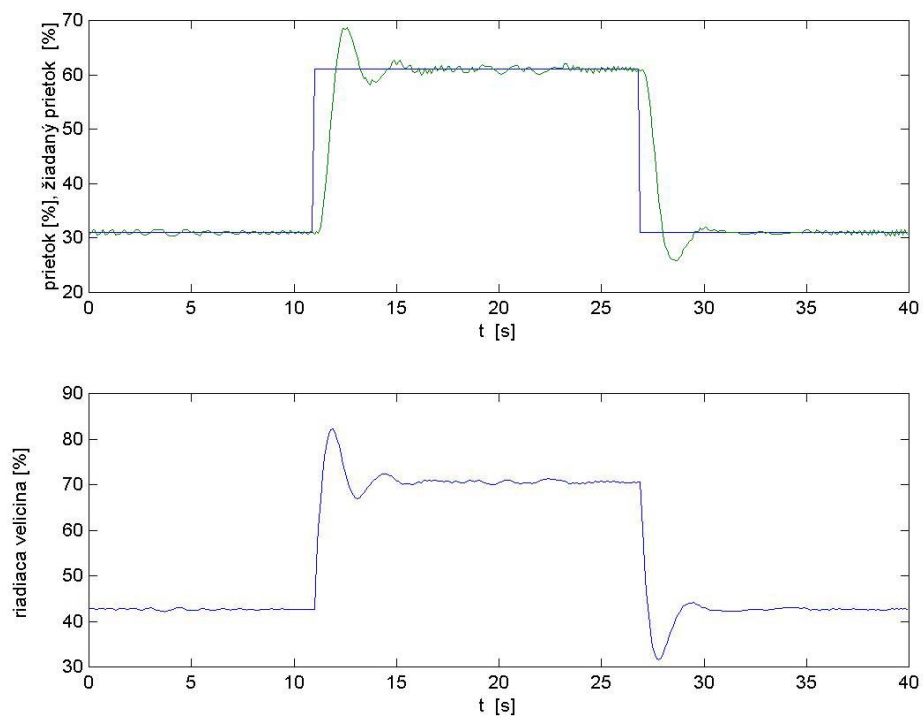
V dolnej časti je znázornený priebeh riadiacej veličiny v závislosti od času.



Obr.5.11. Priebeh riadenia rýdzim regulátorom.

V hornej časti vidno závislosť prietoku (modrá) a žiadaného prietoku (zelená) od času.

V dolnej časti je znázornený priebeh riadiacej veličiny v závislosti od času.



Obr.5.12. Priebeh riadenia striktne rýdzim regulátorom.

V hornej časti vidno závislosť prietoku (zelená) a žiadaného prietoku (modrá) od času. V dolnej časti je znázornený priebeh riadiacej veličiny v závislosti od času.

Je zrejmé, že použitie proporcionálneho regulátora nie je vhodné, nakoľko nedosiahne žiadanú hodnotu.

Z uvedených regulátorov sú použiteľné iba rýdži a striktne rýdži, pričom striktne rýdži regulátor nedosahuje takú veľkú hodnotu maximálneho preregulovania ako rýdži. Na druhej strane žiadanú hodnotu dosiahne rýchlejšie rýdži regulátor.

5 Záver

Cieľom mojej práce bolo oboznamovanie sa s problematikou riadenia a identifikácie a následné zúročenie týchto poznatkov pri identifikácii a návrhu regulátora pre zariadenie pracujúce pri reálnych podmienkach. Druhá kapitola je zameraná na opis zariadenia s parametrami jednotlivých častí zariadenia a prenosových funkcií medzi riadenými a meranými signálmi. V kapitole 3 boli pomocou metódy umiestnenia pólov navrhnuté PI regulátory s viacnásobnými koreňmi, rôznymi koreňmi a za použitia polynomickej rovnice navrhnuté polynomicke regulátory (proporcionálny regulátor a regulátory s integračnou činnosťou). V štvrtej časti som sa venoval kalibrácii prístroja LTR 700 a vytvoreniu prevodových vzťahov. Ďalej identifikácii systému, zisteniu hodnôt K , T a D pri reálnych podmienkach. A na koniec návrhu vhodného polynomickeho regulátora pre identifikovaný systém.

6 Literatúra

Mikleš, J., Fikar, M.: *Modelovanie, identifikácia a riadenie procesov 2*, STU Press, Bratislava, 2004.

Bakošová, M., Fikar, M., Čirka, Ľ.: *Základy automatizácie. Laboratórne cvičenia zo základov automatizácie*, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2003.