

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKEJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLOGIE
ÚSTAV INFORMATIZÁCIE, AUTOMATIZÁCIE A MATEMATIKY

Meranie a regulácia hladiny pomocou zariadenia Armfield PCT40

Katarína Náglová

BAKALÁRSKA PRÁCA

2009

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKÉJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLOGIE
ÚSTAV INFORMATIZÁCIE, AUTOMATIZÁCIE A MATEMATIKY

Meranie a regulácia hladiny pomocou zariadenia Armfield PCT40

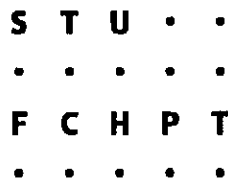
BAKALÁRSKA PRÁCA

Katarína Náglová

Vedúci semestrálneho práce:

prof. Dr. Ing. Miroslav Fikar, DrSc.

Bratislava 2009



ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Študentka: **Katarína Náglová**
ID študenta: 40731
Študijný program: automatizácia, informatizácia a manažment v chémii a potravinárstve
Kombinácia študijných odborov: 5.2.14 automatizácia, 5.2.52 priemyselné inžinierstvo
Vedúci práce: prof. Dr. Ing. Miroslav Fikar
Miesto vypracovania: Bratislava

Názov práce: **Práca s laboratórnym procesom PCT 40**

Špecifikácia zadania:

Projekt sa zameriava na oboznámenie sa a prácu s laboratórnym zariadením PCT 40. Úlohou študenta je štúdium vlastností a čít zariadenia, meranie dynamických charakteristík, návrh regulácie vybraných výstupných veličín, experimentálne overenie teoretických poznatkov a spracovanie slovenskej dokumentácie vhodnej k laboratórnym cvičeniam.

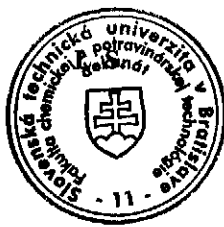
1. Štúdium práce so zariadením, opis zapojenia a konfigurácie
2. Meranie dynamických charakteristík
3. Návrh regulátorov
4. Experimentálne overenie kvality regulácie

Zoznam odbornej literatúry:

1. BAKOŠOVÁ, M. – FIKAR, M. *Riadenie procesov*. 2008. 1 s. ISBN 978-80-227-2841-6.
2. BAKOŠOVÁ, M. – FIKAR, M. – ČIRKA, Ľ. *Základy automatizácie : Laboratórne cvičenia zo základov automatizácie*. Bratislava: STU v Bratislave FCHPT, 2003. 153 s. ISBN 80-227-1831-9.

Riešenie zadania práce od: 16. 02. 2009

Dátum odovzdania práce: 22. 05. 2009



Katarína Náglová
študentka

prof. Dr. Ing. Miroslav Fikar
vedúci pracoviska

prof. Dr. Ing. Miroslav Fikar
garant študijného programu

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zaoberá riadením výšky hladiny v zásobníku kvapaliny pomocou zariadenia Armfield PCT40. Toto zariadenie bolo vyvinuté na výučbu riadenia procesov. Umožňuje pochopiť princípy procesov ako sú regulácia a riadenie teploty, tlaku, prietoku a výšky hladiny. V teoretickej časti sú uvedené možnosti merania výšky hladiny pomocou zariadenia a jeho opis. Ďalej postupy identifikácie procesov a metódy návrhov regulátorov ako aj metóda návrhu regulátora, ktorá bola priložená v manuáli k zariadeniu. Praktická časť obsahuje popis zariadenia a postup návrhu regulátora pomocou manuálu, namerané a identifikované prechodové charakteristiky a syntézu regulátorov. Takto navrhnuté regulátory sme navzájom porovnali.

ABSTRACT

This bachelor's thesis describes level control design for laboratory model Armfield PCT40. This equipment was developed for process control. It enables us to understand principles of processes such regulation and control of temperature, pressure, flow and level. Theoretical part discusses principles of level measurement, methods for identification of process and for controller synthesis. Description of controller synthesis based on user's guide of equipment is also given. Practical part contains description of equipment, measured and identified step responses and several controller design algorithms. These controllers were compared together.

Pod'akovanie

Týmto by som chcela poďakovať vedúcemu bakalárskeho projektu prof. Dr. Ing Miroslavovi Fikarovi za cenné rady, pripomienky a vedenie, ktoré mi poskytol pri vypracovaní bakalárskej práce.

OBSAH

ÚVOD.....	8
1 TEORETICKÁ ČASŤ.....	9
1.1 Opis zariadenia Armfield PCT40	10
1.2 Meranie výšky hladiny	12
1.3 Meranie výšky hladiny pomocou zariadenia PCT40	13
1.4 Meranie prechodových charakteristík a identifikácia systémov	14
1.4.1 Strejcova metóda identifikácie systémov.....	16
1.4.2 Identifikácia systému prvého rádu.....	17
1.5 Metódy syntézy regulátorov	19
1.5.1 Strejcova metóda identifikácie systémov.....	19
2 PRAKTICKÁ ČASŤ.....	23
2.1 Práca so softvérom	24
2.2 Opis zariadenia použitého na meranie	25
2.3 Riadenie výšky hladiny reguláciou prítoku	26
2.3.1 Proporcionálny tlakový vstup s PID regulátorom s použitím proporcionálneho solenoidového ventilu.....	26
2.4 Použitie regulátora navrhnutého pomocou manuálu.....	30
2.5 Meranie prechodových charakteristík.....	31
2.5.1 Identifikácia nameraných prechodových charakteristík	33
2.6 Návrh a použitie regulátorov	35
2.7 Diskusia k výsledkom.....	41
ZÁVER.....	42
POUŽITÁ LITERATÚRA.....	43

ÚVOD

Charakteristika procesov je založená predovšetkým na matematickom opise celého systému. Tento obraz však často u študentov nevytvára dostatočnú predstavu o procese. Preto bolo navrhnuté zariadenie Armfield PCT40, ktoré umožňuje priamo sledovať a lepšie pochopiť jednotlivé procesy. Štúdiom tohto zariadenia sa zaoberá táto bakalárska práca.

Cieľom tejto práce je namerať prechodové charakteristiky a experimentálne overiť nadobudnuté poznatky o návrhu regulácie zásobníka kvapaliny, pretože tento proces patrí pri výučbe medzi prvé. Po jeho pochopení je potom jednoduchšie pochopiť ostatné procesy. Jedným z cieľov práce je vypracovať slovenskú dokumentáciu, ktorú bude možné použiť ako návod na cvičenie.

1 TEORETICKÁ ČASŤ

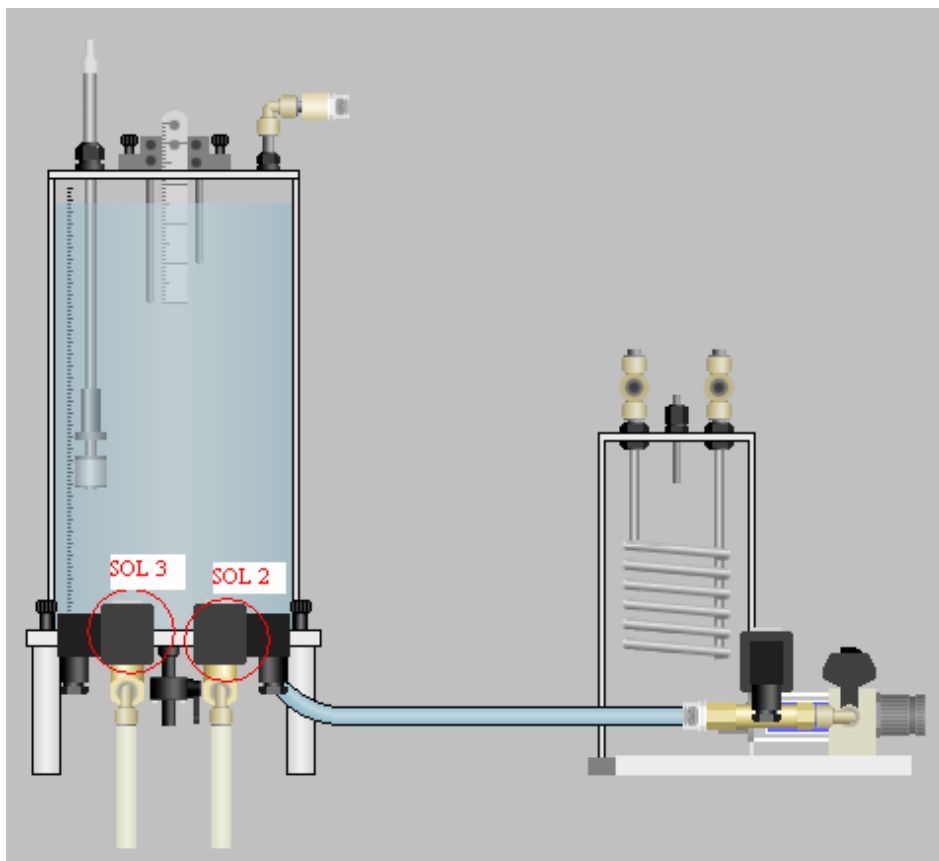
1.1 Opis zariadenia Armfield PCT40

Zariadenie Armfield PCT40 je navrhnuté na výučbu širokej škály riadenia procesov. Tento multifunkčný systém nám umožňuje pochopiť rôzne princípy merania a riadenia procesov, sledovaním teploty, tlaku, prietoku, či výšky hladiny. Systém je možné riadiť počítačovým softvérom, pomocou ktorého môžeme zariadenie testovať. V priloženom návode sú uvedené cvičenia, ktoré pomôžu pochopiť princíp práce zariadenia. Na Obr. 1 možno vidieť multifunkčný systém PCT40 umiestnený v strede celého zariadenia. Na okrajoch sú prídavné časti PCT41 a PCT42.



Obr. 1: Multifunkčné zariadenie PCT40

Základný systém PCT40 slúži na meranie a reguláciu výšky hladiny. Skladá sa z veľkej procesnej nádoby, ku ktorej sú na pripojené ventily SOL2 a SOL3, ako vidíme na Obr. 2. Slúžia na odtok kvapaliny alebo na simuláciu poruchy. Na dne nádoby je umiestnený jeden odtokový ventil, pomocou ktorého sa nádoba vyprázdňuje. Ventily SOL2 a SOL3 je možné riadiť pomocou softvéru (hodnota 0 – ventil je zatvorený, hodnota 1 ventil je otvorený a preteká ním kvapalina). Ventil na dne nádoby je možné riadiť len manuálne, teda jeho pootočením.



Obr. 2: Dôraz na ventily SOL2 a SOL3

V nádobe sú umiestnené armatúry na meranie výšky hladiny. Máme možnosť merať výšku hladiny pomocou priesvitného pravítka prilepeného na stene nádoby alebo plavákom s nastaviteľnou výškou. Plavák je vybavený magnetickým spínačom pre dvojpolohovú reguláciu výšky hladiny. Zo spodnej strany nádoby je umiestnený hydrostatický tlakový senzor. Jeho analógový signál je úmerný výške hladiny v nádobe. Ďalšou možnosťou je diferenciálne meranie výšky hladiny.

Objem základnej nádoby je 300 ml. Vo vnútri je valec, ktorý keď vyberieme, umožňuje zväčšenie objemu základnej nádoby. Súčasťou nádoby je aj prepád, ktorý bráni pretečeniu.

Rozširujúci prídavný systém PCT41 je umiestnený na podstavci vľavo od veľkej procesnej nádoby. Predstavuje zariadenie, ktoré možno využívať ako reaktor. Obsahuje ohrevnú/chladiacu špirálu, snímač koncentrácie a miešadlo.

Napravo od veľkej procesnej nádoby je malá procesná nádoba. Táto slúži na zohrievanie kvapaliny. Obsahuje ohrevnú/chladiacu špirálu, teplotné senzory, termostat a detektor výšky hladiny.

1.2 Meranie výšky hladiny

V praxi sa často stretávame s problematikou merania výšky hladiny. To, akým spôsobom budeme výšku hladiny merať, väčšinou závisí od špecifikácie zariadenia a dostupných finančných prostriedkov. Poznáme plavákové, kapacitné, konduktívne, hydrostatické, rádiometrické, ultrazvukové, mikrovlnné meranie hladiny a meranie hladiny pomocou vibrácií.

Plavákové snímače hladiny sú elektromechanické snímače hladiny určené na kontaktné meranie výšky hladiny. Plavák je pripevnený na konci ocelevej pásky alebo lana a je spúšťaný smerom k hladine. Pri dotyku plaváka s hladinou sa určí vzdialenosť. Poznáme aj plavákové spínače, kde je plavák umiestnený o spíniacu elektroniku a detekuje presne určenú polohu hladiny. Takýto plavákový spínač je umiestnený aj v procesnej nádobe zariadenia PCT40.

Kapacitné snímače hladiny využívajú tzv. kapacitný princíp. Stena nádrže a samotná sonda tvoria kapacitný systém. Meria sa špecifický odpor, ktorý má inú hodnotu, ak je medzi sondou a stenou vzduch resp. samotné médium. Zmena špecifického odporu je vyhodnocovaná v elektronike zariadenia a je transformovaná na údaj o výške hladiny. Pomocou kapacitných sond je možné merať v kvapalinách aj sypkých materiáloch. [1]

Hydrostatické snímače kvapaliny merajú hydrostatický tlak, ktorý vyvoláva váha stĺpca kvapaliny. Ak je konštantná hustota meraného média, hydrostatický tlak je funkciou výšky hladiny. Takýto snímač je umiestnený na spodnej strane veľkej procesnej nádoby zariadenia PCT40.

Princípom rádiometrických snímačov je, že využívajú absorpciu gamma žiarenia pri prechode materiálom. Pohltenie gamma žiarenia je závislé od hustoty, absorpčného koeficientu a hrúbky meraného materiálu. Hustota a hodnota absorpčného koeficientu sú konštantné a žiarenie je závislé len od výšky hladiny v zásobníku.

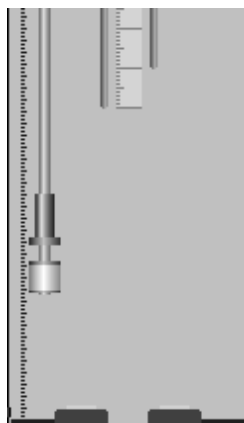
Pri meraní výšky hladiny treba klásť dôraz na veľa faktorov. Veľmi dôležité sú fyzikálne podmienky, za ktorých meranie prebieha ako napríklad tlak, teplota, vlnenie

a penenie hladiny. Ďalšími môžu byť fyzikálne vlastnosti média ako hustota, teplota varu, korozívnosť a ďalšie. Všetky tieto faktory sme sa snažili pri experimentoch obmedziť. Preto sme pri pokusoch použili vodu ako kvapalinu, merali sme v uzavretej nádobe, pri teplote asi 22°C a atmosférickom tlaku.

1.3 Meranie výšky hladiny pomocou zariadenia PCT40

Na zariadení máme k dispozícii štyri rôzne snímače pre meranie výšky hladiny:

1. Meranie hladiny pomocou nalepeného priesvitného pravítka. Tento snímač hladiny je najjednoduchší. Na stene nádoby je nalepené priesvitné pravítko, na ktorom jednoducho odčítame výšku hladiny v mm.
2. Plavákový snímač hladiny (Obr.3). Plavák je spolu so spínacou elektronikou pripevnený na veko nádoby. Pomocou dodávaného softvéru je možné nastaviť požadovanú hodnotu výšky hladiny. Plavák sa automaticky posunie o potrebnú vzdialenosť a sníma výšku hladiny.
3. Diferenciálne meranie výšky hladiny (Obr.3). Tento snímač pracuje na princípe zmien vodivosti v zásobníku. Vodivosť je snímaná dvoma elektródami, ktoré v závislosti od výšky hladiny menia svoju vodivosť.
4. Meranie výšky hladiny pomocou hydrostatického tlakového senzoru – senzor je umiestnený na ľavej spodnej časti nádoby. Je pripevnený zo spodnej strany a sníma tlak, ktorý vyvoláva stĺpec kvapaliny v nádobe. Hodnota výšky hladiny je zaznamenávaná v programe.

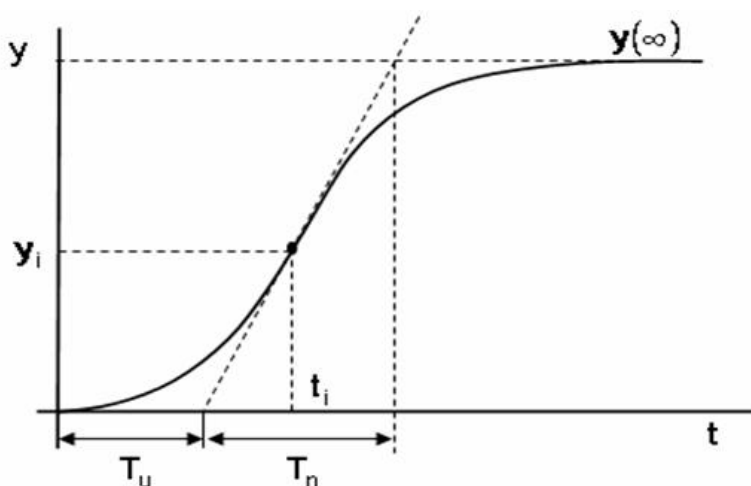


Obr. 3: Plavákový a diferenciálny snímač hladiny

1.4 Meranie prechodových charakteristík a identifikácia systémov

Identifikovať systém znamená určiť parametre systému na základe meraní. Pre identifikáciu poznáme dve základné skupiny metód – deterministické metódy a stochastické metódy. Pri deterministických metódach na systém nepôsobia náhodné veličiny. Medzi tieto patrí napríklad identifikácia z prechodovej charakteristiky. Metódy, ktoré berú do úvahy rušivé signály a chyby merania sa nazývajú stochastické. Sú to na príklad korelačná a regresná analýza.[4]

Prechodová charakteristika je grafické znázornenie prechodovej funkcie. Prechodová funkcia je odozva systému na jednotkovú skokovú zmenu pri nulových počiatočných podmienkach. Typickú prechodovú charakteristiku môžeme vidieť na Obr. 4.



Obr. 4: Prechodová charakteristika [2]

Z definície prechodovej funkcie vyplýva, že ak uskutočníme skokovú zmenu o jednu jednotku, potom závislosť sledovanej veličiny od času je prechodová charakteristika. V našom prípade sledujeme výšku hladiny v zásobníku kvapaliny. Ak teda zmeníme prietok o jednu jednotku a budeme sledovať výšku hladiny, potom z nameraných údajov môžeme vykresliť prechodovú charakteristiku.

Na obrázku 4 sú uvedené informácie dôležité pre identifikáciu systému z prechodovej charakteristiky.

t_u je čas nábehu.

t_n je čas prietahu.

y_0 je počiatočná hodnota riadenej veličiny.

y_∞ je konečná hodnota riadenej veličiny.

Na obrázku nie sú vyznačené ale tiež sú potrebné k identifikácii:

u_0 je počiatočná hodnota riadiacej veličiny.

u_∞ je konečná hodnota riadiacej veličiny.

Ak chceme daný systém opísať matematicky, jedným zo z možných matematických vyjadrení je rovnica (1):

$$G(s) = \frac{Z}{(Ts + 1)^n} e^{-Ds} \quad (1)$$

Výsledný prenos nemusí byť vždy v tomto tvare. Je to len jeden z možných spôsobov matematického vyjadrenia. Pre kmitavé procesy je takéto vyjadrenie výslovne nevhodné.

Zosilnenie Z informuje o tom, ako výstup reaguje na zmenu vstupu. Ak je zosilnenie veľké, tak výstup reaguje veľkou zmenou vstupnej veličiny.

Časová konštanta T poskytuje informácie o rýchlosti systému. Čím je časová konštanta menšia, tým je systém rýchlejší.

Dopravné oneskorenie D vyjadruje časový posun medzi zmenou na vstupe a výstupe zo systému.

Na získanie hodnôt Z , T , D a n (rád systému) boli navrhnuté rôzne metódy. Často sa používajú deterministické metódy, založené na identifikácii z prechodovej charakteristiky. Medzi ne patrí napríklad metóda pre systém prvého rádu, alebo pre systémy vyššieho rádu Strejcova metóda.

1.4.1 Strejcova metóda identifikácie systémov

Strejcova metóda je založená na vyhodnotení odmeranej odozvy systému na skokovú zmenu vstupnej veličiny. Na to, aby sme mohli určiť koeficienty regulátora pomocou, ktorého budeme daný systém riadiť musíme najskôr z prechodovej charakteristiky identifikovať systém. Identifikovať znamená, že v prenose (1) určíme hodnotu zosilnenia Z , časovej konštanty T a dopravného oneskorenia D . Tie určíme z prechodovej charakteristiky nasledovne.

Majme prechodovú charakteristiku uvedenú na obrázku 4:

Predpokladáme, že vstupná veličina sa zmenila skokom v čase $t = t_0$ z hodnoty u_0 na hodnotu u_∞ . Na prechodovej charakteristike určíme inflexný bod, preložíme ním dotyčnicu k prechodovej charakteristike, ktorá nám na rovnobežkách s časovou osou prechádzajúcimi hodnotami y_0, y_∞ vymedzí dva časové údaje t_1 a t_2 . Z týchto potom určíme hodnoty t_u a t_n nasledovne.

$$t_u = t_1 - t_0 \quad (2)$$

$$t_n = t_2 - t_1 \quad (3)$$

Určíme podiel $f_s = \frac{t_u}{t_n}$ a v tabuľke vyberieme rád systému n tak, aby platilo :

$$f(n) \leq f_s < f(n + 1) \quad (4)$$

Tabuľka pre Strejcovu metódu identifikácie:

Tab.1: Strejcova metóda identifikácie

N	1	2	3	4	5	6
$f(n)=t_u/t_n$	0.000	0.104	0.218	0.319	0.410	0.493
$g(n)=T/t_n$	1.000	0.368	0.271	0.224	0.195	0.161

V prípade, že vypočítaná hodnota f_s je väčšia ako maximálna možná uvedená v tabuľke, t_u sa zmenší na prijateľnú mieru (výsledná hodnota t_u musí byť taká aby sa hodnota podielu f_s rovnala tabuľkovému) o hodnotu, ktorá sa potom v ďalšom kroku pripočíta k vypočítanej hodnote dopravného oneskorenia.

Dopravné oneskorenie sa učí ako rozdiel medzi skutočným a fiktívnym časom nábehu t_n .

$$D = [f_s - f(n)] t_n \quad (5)$$

Časová konštanta T sa určí pomocou hodnôt z riadku funkcie $g(n)$ pre príslušné n . Odčíta sa $g(n)$ a T sa určí ako:[2]

$$T = g(n) t_n \quad (6)$$

Zosilnenie Z vypočítame podľa nasledujúceho vzťahu:

$$Z = \frac{y_\infty - y_0}{u_\infty - u_0} \quad (7)$$

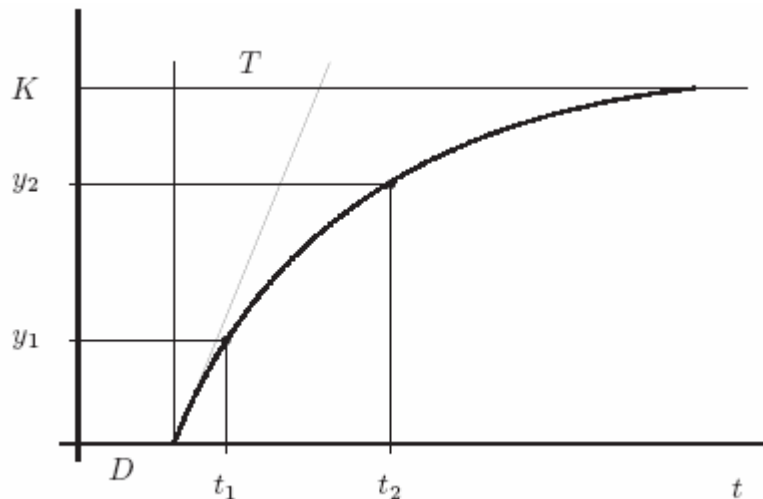
Tieto identifikované údaje sú potrebné na syntézu regulátora.

1.4.2 Identifikácia systému prvého rádu

Táto metóda je tiež založená na identifikácii z prechodovej charakteristiky. Predpokladáme, že systém je nahradíme prenosom prvého rádu v tvare:

$$G(s) = \frac{Z}{Ts + 1} e^{-Ds} \quad (8)$$

Prechodová charakteristika systému prvého je znázornená na Obr. 5.



Obr. 5: Prechodová charakteristika systému 1. rádu [4]

Pomocou spätnej Laplacovej transformácie prenosu získame časovú formu prenosu:

$$\begin{aligned} y(t) &= 0 & t < D \\ y(t) &= K \left(1 - e^{-\frac{t-D}{T}} \right) & t \geq D \end{aligned} \quad (9)$$

Ak má vstup jednotkovú veľkosť, potom je zosilnenie dané ako hodnota prechodovej funkcie v nekonečne, teda:

$$Z = y(\infty) \quad (10)$$

Poznáme dva body na t_1, y_1 a t_2, y_2 na prechodovej charakteristike. Potom z časovej formy prenosu vyplývajú nasledujúce vzťahy:

$$\begin{aligned} y_1 &= Z \left(1 - e^{-\frac{t_1-D}{T}} \right) \\ y_2 &= Z \left(1 - e^{-\frac{t_2-D}{T}} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

Po matematických úpravách dostaneme výsledné vzťahy:

$$T = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{Z - y_1}{Z - y_2}} \quad (12)$$

$$D = \frac{t_2 x - t_1}{x - 1}$$

$$x = \frac{\ln \frac{Z - y_1}{Z}}{\ln \frac{Z - y_2}{Z}} \quad (13)$$

Hodnotu časovej konštanty môžeme približne odčítať z prechodovej charakteristiky, ako je naznačené na obrázku 5. Ďalšou možnosťou je využiť skutočnosti, že časová konštanta je čas, za ktorý dosiahne výstupná veličina 63% svojej ustálenej hodnoty. [4]

1.5 Metódy syntézy regulátorov

Regulátor je zariadenie, ktoré spracováva regulačnú odchýlku a na jej základe vykonáva riadenie. Do systému vchádza požadovaná hodnota riadenej veličiny $w(t)$. Tá sa porovnáva s výstupnou hodnotou riadenej veličiny $y(t)$. Rozdiel, ktorý medzi nimi vznikne, je regulačná odchýlka. Na základe regulačnej odchýlky regulátor vypracuje taký riadiaci zásah, aby sme dostali požadovanú hodnotu.[3]

Každý regulátor je tvorený jedným alebo viacerými regulačnými zložkami – proporčionálnou, integračnou a derivačnou zložkou.

P zložka zvyšuje zosilnenie systému, čím zrýchľuje jeho odozvu. Zabezpečuje, že v ustálenom stave riadená veličina nekmitá.

I zložka je potrebná, keď chceme úplne odstrániť regulačnú odchýlku. Akčný zásah sa mení dovtedy, kým nie je regulačná odchýlka nulová.

D zložka regulátora zlepšuje stabilitu systému. Zavádza sa, pretože účinok P a I zložky nie je okamžitý. Derivačná zložka predpovedá vývoj regulačnej odchýlky. Je citlivá na prítomnosť šumu v riadenej veličine.

Kombináciou týchto zložiek dostaneme štyri typy regulátorov – P, PI, PID a PD. Pri výbere vhodného regulátora sa riadime nasledujúcimi poznatkami:

P regulátor je najjednoduchší. Používa sa v prípade, že môžeme mať nejakú regulačnú odchýlku v ustálenom stave. Používa sa na príklad pri regulácii výšky hladiny v zásobníku, alebo pri regulácii tlaku v plynových zásobníkoch.

PI regulátor použijeme, ak nemôžeme použiť P regulátor, zvyčajne, keď nemôžeme tolerovať regulačnú odchýlku. Má rýchlu odozvu a spomalenie integračnou zložkou nie je podstatné. Používa sa pre riadenie prietoku alebo pri procesoch, ktoré sú prvého rádu.

V ostatných prípadoch sa používa PID regulátor. Jeho derivačná zložka znižuje dopravné oneskorenie. Odporúča sa pri riadení systémov druhého rádu alebo pre systémy, ktoré majú vysokú časovú konštantu. V praxi je najčastejší.

PD regulátor sa vďaka D zložke ušľachťuje pomerne rýchlo. Neobsahuje však I zložku, takže ostáva regulačná odchýlka. Používa sa pre procesy, kde je veľká časová konštanta. Zlepšuje stabilitu systému v porovnaní s P regulátorom.

Syntéza regulátora znamená určenie jeho parametrov. V praxi sa zvyčajne používa proporcionálny – integračný – derivačný regulátor (PID). Tento regulátor odstráni trvalú regulačnú odchýlku a pracuje pomerne rýchlo. Pre výpočet parametrov regulátora sa používa množstvo metód. Rozdeľujú sa do dvoch základných skupín. Analytické metódy sú založené na danom presnom matematickom opise systému. Základom je, že poznáme prenos, čo ale nie je veľmi časté. Preto sa väčšinou používajú experimentálne metódy syntézy regulátorov. Sú založené na priebehu sledovanej veličiny v čase, teda na identifikácii z prechodovej charakteristiky. Z prechodovej charakteristiky určíme Z , T a D . Pomocou týchto konštánt potom môžeme určiť parametre regulátora. Známymi metódami sú Ziegler – Nicholsova metóda. Ďalšími rovnako efektívnymi metódami sú Haalmanova metóda a Riverova – Morariho metóda. Vzťahy potrebné na výpočet sú uvedené v tabuľkách 2,3,4 a 5.[7]

Tab.2: Ziegler – Nicholsova metóda

Regulátor	Z_R	T_I	T_D
P	$\frac{1}{Z} \frac{t_n}{t_u}$	-	-
PI	$\frac{0.9 t_n}{Z t_u}$	$3.33 t_u$	-
PID	$\frac{1.2 t_n}{Z t_u}$	$2 t_u$	$0.5 t_u$

Tab.3: Haalmanova metóda

Regulátor	Z_R	T_I	T_D
PI	$\frac{2}{3} \frac{t_n}{Z t_u}$	t_n	-

Tab.4: Riverova – Morariho metóda

Regulátor	Z_R	T_I	T_D	T_{URO}
PI	$\frac{t_n}{Z T_{URO}}$	t_n	-	$\frac{T_{URO}}{t_u} > 1.7$
PID	$\frac{t_n}{2Z(T_{URO} + t_u)}$	$t_n + \frac{t_u}{2}$	$\frac{t_n t_u}{2t_n + t_u}$	$\frac{T_{URO}}{t_u} > 0.25$

1.5.1 Syntéza regulátora s I zložkou metódou umiestnenia pólov

Dynamiccké správanie sa uzavretého regulačného procesu závisí od pólov systému. Póly sú korene menovateľa procesu. Voľbou pólov dokážeme predurčiť správanie sa procesu. Predpisujeme napríklad stabilitu, aperiodický alebo periodický priebeh riadeného výstupu.

Najjednoduchšie použitie tejto metódy je v prípade požiadavky na stabilný aperiodický priebeh výstupnej veličiny. V tomto prípade musia byť póly charakteristickej rovnice záporné čísla, ktoré môžeme vhodne umiestniť. Platí, že ak umiestníme viac doľava, ako sú póly riadeného procesu, URO bude rýchlejší než riadený proces. Niektoré možnosti voľby pólov:

1. ak charakteristická rovnica (menovateľ prenosu) URO má n -násobný záporný reálny pól s_I , potom pre zvolený s_I bude mať CHR URO tvar:

$$(s - s_1)^n = s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_1s + a_0 \quad (14)$$

2. ak CHR URO má n rôznych záporných reálnych pólov $s_1, \dots, s_n$, potom pre zvolené póly $s_1, \dots, s_n$ bude mať CHR URO tvar:

$$(s - s_1)(s - s_2) \dots (s - s_n) = s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_1s + a_0 \quad (15)$$

3. CHR URO má niekoľko rôznych záporných reálnych pólov a niekoľko násobných záporných reálnych pólov, potom pre známe póly bude mať CHR URO tvar:

$$(s - s_1) \dots (s - s_k)(s - s_{k+1})^l (s - s_{k+2})^m = s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_1s + a_0 \quad (16)$$

Pri tom musí platiť:

$$s^n + b_{n-1}s^{n-1} + \dots + b_1s + b_0 = s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_1s + a_0, \quad (17)$$

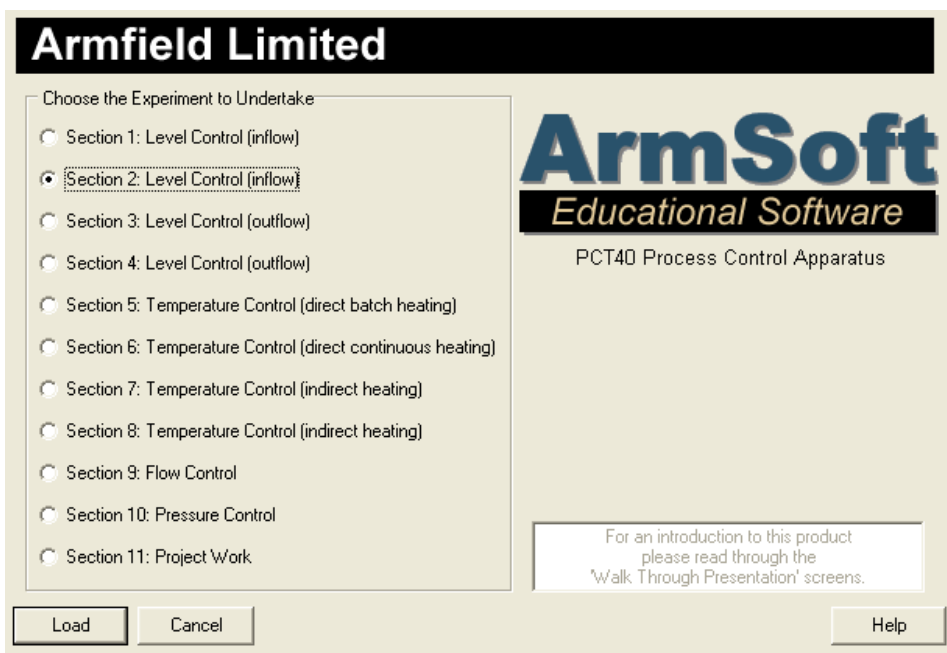
kde pravá strana je charakteristická rovnica.

Porovnaním koeficientov na ľavej a pravej strane rovnice (17), dostaneme systém n rovníc, z ktorého vypočítame parametre regulátora, ktoré vystupujú ako neznáme. [2]

2 PRAKTICKÁ ČASŤ

2.1 Práca so softvérom

Zariadenie môžeme k počítaču pripojiť pomocou usb rozhrania alebo pomocou technologickej karty od firmy Humusoft. Pri práci so softvérom PCT40 je potrebné, aby zariadenie bolo pripojené pomocou usb káblu. Tento program dodáva firma Armfield spolu so zariadením. Umožňuje nám riadiť rôzne procesy, ktoré bežne stretneme v praxi. Máme možnosť pracovať s celým systémom, alebo len s jeho časťami. Úvítacia obrazovka programu vyzerá nasledovne (Obr. 6):



Obr. 6: Úvítacie okno programu

Vyberieme si vhodné cvičenie a môžeme začať pracovať.

Užívateľské prostredie sa skladá zo 4 hlavných častí (Obr. 7). Po kliknutí na nasledujúce ikony umiestnené v hornej lište s nimi môžeme pracovať.



Obr. 7: Ikony programu

Prvá ikonka v programe sa nazýva Mimic Diagram. Je to hlavná obrazovka programu. Vidíme tu všetky časti zariadenia, ktoré budeme používať počas cvičenia. V tejto časti,

môžeme nastavovať parametre zariadenia. Počas celého cvičenia sa tu zobrazujú reálne dáta, ktoré sledujeme.

Graph Screen zobrazí obrazovku s grafickým priebehom. Na príklad pri úlohe riadenia výšky hladiny sa zobrazuje závislosť výšky hladiny od času. Toto nastavenie možno zmeniť, čím je možné sledovať ľubovoľné závislosti.

Results Table je tabuľka so všetkými údajmi, ktoré sa týkajú merania. Surčitou metódou vzorkovania (ľubovoľne nastaviteľnou) sa zaznamenáva: číslo merania, čas, prietok, hodnota otvorenia jednotlivých ventilov (pri PSV percento, pri SOL 0 alebo 1) a ďalšie. Túto tabuľku je možné uložiť. Štandardne vo formáte *.vts, ale rovnako je možné dáta exportovať do *.xls alebo *.txt.

V časti Presentation Screen je stručne popísaná teória, k danému cvičeniu a možnosti práce so zariadením.



Kliknutím na ikonku začneme nahrávať dáta. Ak chceme aby sa nám dáta zobrazovali v Results Table a Graph Screen, je potrebné aby sme ich nahrávali. Pod ikonou



sú nastavenia, ako čas vzorkovania a ďalšie. Ak chceme zaznamenávanie dát ukončiť



použijeme ikonu.

2.2 Opis zariadenia použitého na meranie

Na meranie sme použili základné zariadenie PCT40. Vynechali sme prídavné moduly a použili sme len strednú časť, teda veľkú procesnú nádobu. Tá je pomocou rýchlo upínacej hadičky prepojená s PSV ventilom, ktorým je sprostredkovaný prítok kvapaliny do nádoby. Porucha je zapríčinená otvorením ventilu SOL2. Výška hladiny sa meria pomocou hydrostatického tlakového senzoru. Zariadenie obsluhujeme pomocou softvéru PCT40, cvičenie 2: Regulácia výšky hladiny pomocou prítoku.

Pred uskutočnením samotného merania, je potrebné zabezpečiť, aby prítok do nádoby bol správne nastavený. Najskôr odmeriame prítok, ktorý preteká PSV ventilom. Prietokomer je označovaný fl a je umiestnený medzi pumpou a PSV ventilom. Odpojíme hadičku od veľkej procesnej nádoby a nasmerujeme ju do odpadu. Teraz táto hadička bude smerovať z PSV

ventilu do odpadu. Otvoríme prítok na maximum a PSV otvoríme na 100%. Ak je v mimie diagrame zobrazovaná hodnota prietoku medzi 800 – 900 ml/min, potom je prietok nastavený na vhodnej hodnote. Častejšie sa ale stáva, že zobrazovaný prietok je 1499 ml/min. Ak vidíme túto hodnotu, potom je prietok hadičkou príliš veľký a je potrebné ho zmeniť. Na nastavovanie prietoku nám slúži pumpa, ktorá je umiestnená pred prietokomerom fl. Povyťahujeme šedé tlačidlo na pumpe smerom von a otáčame ním dovtedy, kým hodnota prietoku nie je 850 ml/min. Teraz máme prietok korektne nastavený a môžeme začať meranie.

Pripojíme hadičku naspäť k veľkej procesnej nádobe a môžeme začať merať.

2.3 Riadenie výšky hladiny reguláciou prítoku

Táto kapitola obsahuje základné cvičenia na reguláciu hladiny pomocou zariadenia Armfield PCT40. Na obsluhu zariadenia sa používa program dodávaný spolu so zariadením. Pred každým cvičením skontrolujeme nasledujúce nastavenia:

- uistíme sa, že aparátúra je správne zapojená. PSV ventil, musí byť prepojený s veľkou procesnou nádobou pomocou rýchlopínacej hadičky. Výtok na dne nádoby uzavrieme, aby nám voda nevytekala do odtoku. Odtok pomocou hadičky nasmerujeme do správneho odpadu, napríklad do umývadla.

- Skontrolujeme, že PSV je pripojené k správne prítoku vody.

- Pripojíme zariadenie k vhodnému počítaču, na ktorom je nainštalovaný softvér. Zariadenie a počítač sú prepojené USB káblom. Plochý konektor kábla má byť pripojený k počítaču a druhá strana je pripojená do portu na oranžovom paneli podstavca zariadenia.

- Skontrolujeme, že zariadenie a počítač sú zapnuté.[5]

2.3.1 Proporcionálny tlakový vstup s PID regulátorom s použitím proporcionálneho solenoidového ventilu

Cieľom cvičenia je riadiť výšku hladiny pomocou PID regulátora. Výška hladiny je snímaná hydrostatickým tlakovým senzorom. Prítok kvapaliny do nádoby je kontrolovaný PSV ventilom.

Cvičenie pozostáva z navrhnutia parametrov regulátora a ich následnej optimalizácie.

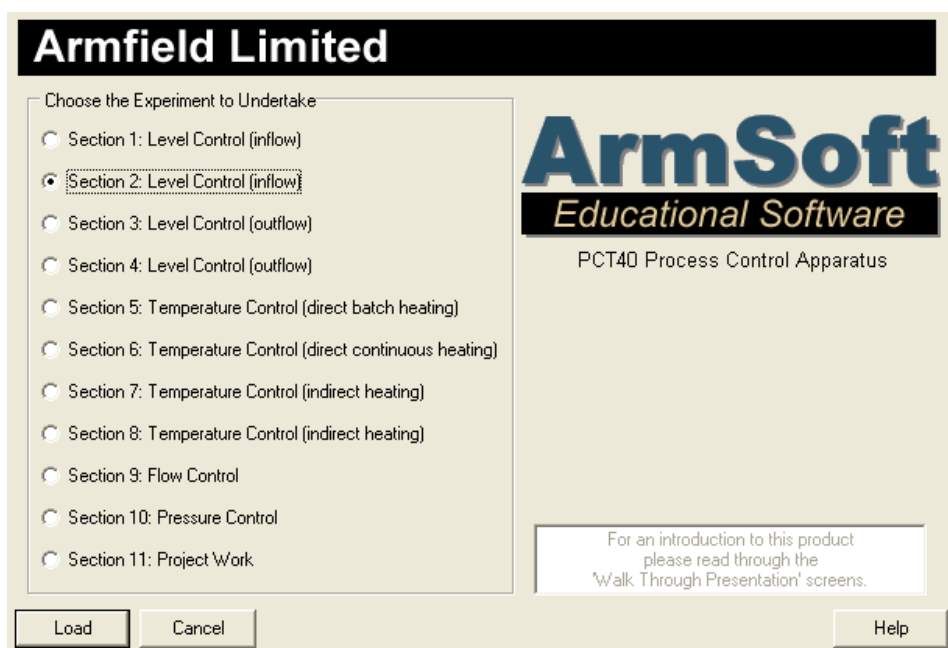
Tlakový senzor posiela regulátoru signál, ktorý je priamo úmerný výške hladiny. Táto hodnota sa porovnáva s požadovanou hodnotou. Regulátor potom odošle signál PSV ventilu, ktorý sa otvorí úmerne signálu z regulátora.

Na začiatku merania skontrolujeme, že aparatura je správne zapojená (podľa bodov uvedených v kapitole 2.3). Počítač aj zariadenie musia byť zapnuté a navzájom korektne prepojené.

Pracovný postup

Zapneme zariadenie. Ventil PSV je pôvodne zatvorený, takže voda do nádoby nezančne tiecť, kým ventil nezačne pracovať.

Spustíme PCT40 software a vyberieme: Selection 2: Level Control (inflow) (ovládanie hladiny na základe vstupného prietoku) (Obr. 8).



Obr. 8: Armsoft – Výber cvičenia

Čiastočne zavrieme ventil pri odtoku na dne veľkej nádoby, aby sme slabo redukovali veľkosť prietoku na odtoku. Otvoríme ventil SOL2, ktorým budeme simulovať poruchu.

V menu programu vyberieme položku “Configure“ a skontrolujeme, že software je nastavený na automatické snímanie, s intervalom snímania 10 sekúnd a s kontinuálnym priebehom.

Klikneme na tlačítko „Control“. V programe nastavíme hodnotu Set point - požadovaná výška hladiny. Odporúčaná hodnota je 150 mm. Spozorujeme, že PSV začalo pracovať a voda začala tiecť do nádoby.

Nastavíme hodnoty PID regulátora v príslušných kolonkách softvéru. Odporúčané je začať s hodnotami:

Pásmo proporcionality (Proportional band): 10%

Integračná časová konštanta (Integral time constant): 0s

Diferenciálna časová konštanta (Differential time constant): 0s

Stlačíme GO ikonku pre začatie zaznamenávania dát, kým sa nádoba plní vodou.

Pásmo proporcionality je často používané namiesto P zložky regulátora. Udáva sa v % a je to rozsah, v ktorom ešte regulátor nie je na obmedzení. Je definované nasledujúcim vzťahom:

$$Pp = \frac{100}{Z_R} \quad (14)$$

Keď sa výška hladiny blíži k požadovanej hodnote nastavenej Set point, všimneme si výšku hladiny v nádobe a spozorujeme činnosť PSV. Výška hladiny bude oscilovať okolo požadovanej hodnoty. Pokračujeme v zaznamenávaní dát, kým oscilácie nedosiahnu stabilnú hodnotu, potom stlačíme STOP a tým zastavíme zaznamenávanie dát.

Druhá časť cvičenia je zameraná na optimalizáciu a ladenie parametrov regulátora. Pre určenie počiatočných hodnôt sa použijú nasledujúce kroky:

1. Vytvoríme nové výsledky kliknutím na ikonu .
2. Set point hodnotu nastavíme na 0 a necháme vypustiť nádobu.
3. Keď je nádoba prázdna, nastavíme SetPoint hodnotu na 150 mm.
4. Klikneme na ikonku GO a začneme zaznamenávať dáta.

5. Počkáme, kým výška hladiny nedostihne hodnotu SetPoint a následne ju neprekročí. Pokračujeme v zaznamenávaní dát, kým regulátor neuriadi PSV a výška hladiny zasa nezačne klesať. Potom počkáme, kým výška hladiny opäť nezačne rásť. Po prekročení hodnoty SetPoint zastavíme nahrávanie dát



kliknutím na ikonu

6. Prepne sa do módu Graph Screen, kde vidíme závislosť výšky hladiny od času.
7. Z grafu zistíme rozdiel medzi najväčšou hodnotou nad 150mm a najmenšou hodnotou, keď voda dosiahla hodnotu pod 150mm (hodnota y).
8. Odčítame čas medzi týmito hodnotami (hodnota t).
9. Z hodnôt y a t potom môžeme nájsť najvhodnejšie štartovacie hodnoty pre P , I a D pomocou nasledujúcich vzťahov:

$$P = \frac{y}{3} \quad I = t \quad D = \frac{t}{6} \quad (14)$$

10. Nastavíme tieto hodnoty v programe a vrátime Set Point na 0, aby sme vyprázdnili nádobu.

11. Vytvoríme nové výsledky kliknutím na ikonu  v lište panelu nástrojov.

12. Nastavíme hodnotu Set Point na 150 mm

13. Začneme zaznamenávať dáta.

14. Pozorujeme, ako sa výška hladiny blíži k hodnote Set Point. Počkáme, kým sa ustália oscilácie, potom zastavíme zaznamenávanie dát kliknutím na



ikonku

15. Z týchto nových výsledkov vykreslíme závislosť výšky hladiny od času.

Proporcionálna zložka udáva zosilnenie regulátora. Ak je pomalá odozva alebo veľké oscilácie výšky hladiny, treba znížiť hodnotu P . Zmeníme hodnotu P , vyprázdníme nádobu a zopakujeme meranie od bodu 11. Potom vykreslenú závislosť porovnáme s prechádzajúcou.

Vrátime hodnotu P na hodnotu z počiatočného merania.

Integračná zložka môže byť nastavená na redukciiu odchýlky riadenej výšky hladiny. Ak je zaznamenaná značná odchýlka, znížime hodnotu I. Zmeníme hodnotu I, vyprázdníme nádobu a zopakujeme meranie od bodu 11. Potom vykreslenú závislosť porovnáme s prechádzajúcou.

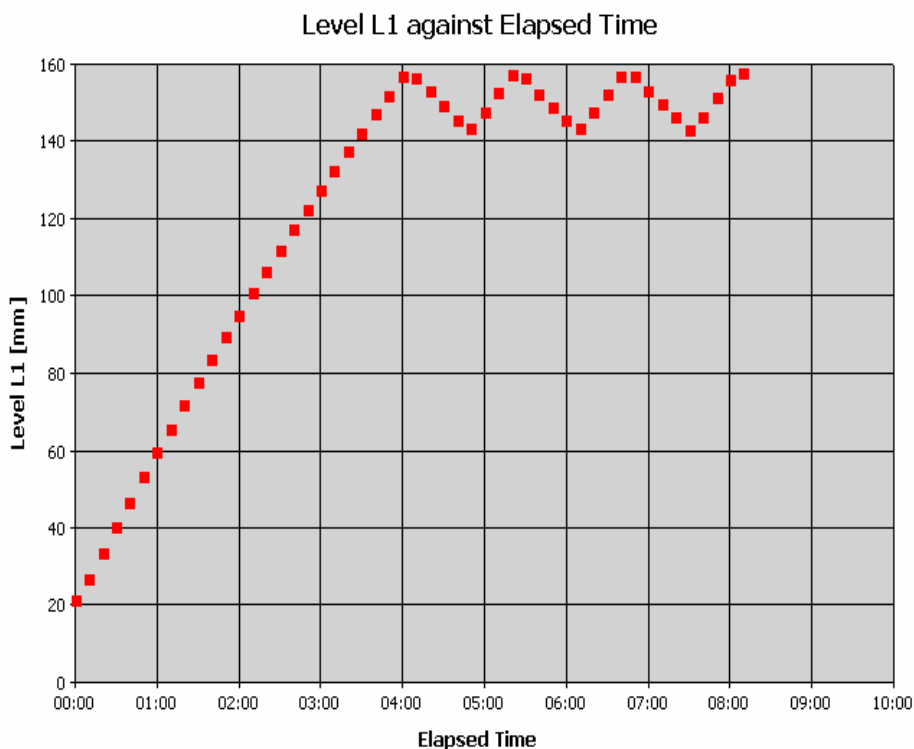
Vrátime hodnotu I na hodnotu z počiatočného merania.

Derivačná zložka môže byť nastavená na redukciiu oscilácií. Ak sú oscilácie prudké a početné, znížime hodnotu D. Zmeníme hodnotu D, vyprázdníme nádobu a zopakujeme meranie od bodu 11. Potom vykreslenú závislosť porovnáme s prechádzajúcou.

Necháme optimálnu hodnotu D, nastavíme optimálne hodnoty P a I, ktoré sme našli experimentom a otestujeme navrhnutý regulátor. Necháme kvapalinu dosiahnuť výšku, ktorá je nad požadovanou hodnotu. Vykreslíme graf závislosti výšky hladiny od času a porovnáme s prvým grafom.

2.4 Použitie regulátora navrhnutého pomocou manuálu

Hodnoty y a t sme odčítavali z nasledujúceho obrázku (Obr. 9):



Obr. 9: Použitie navrhnutého regulátora – obr.1

Odčítali sme hodnoty:

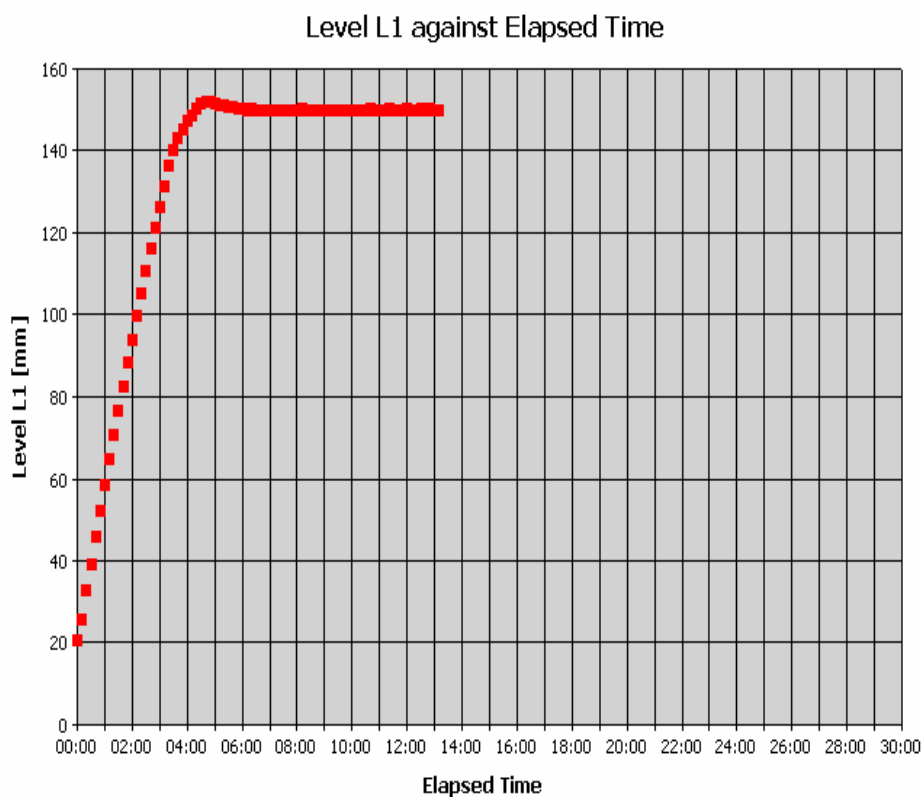
Najvyššia hodnota nad 150 mm: 156

Najnižšia hodnota pod 150 mm: 143

Potom $y = 13$ a $t = 40s$

Konštanty regulátora: $P = 4.3$ $I = 40$ $D = 6.7$

Pri takto nastavenom PID regulátore dostaneme nasledujúci regulačný pochod:



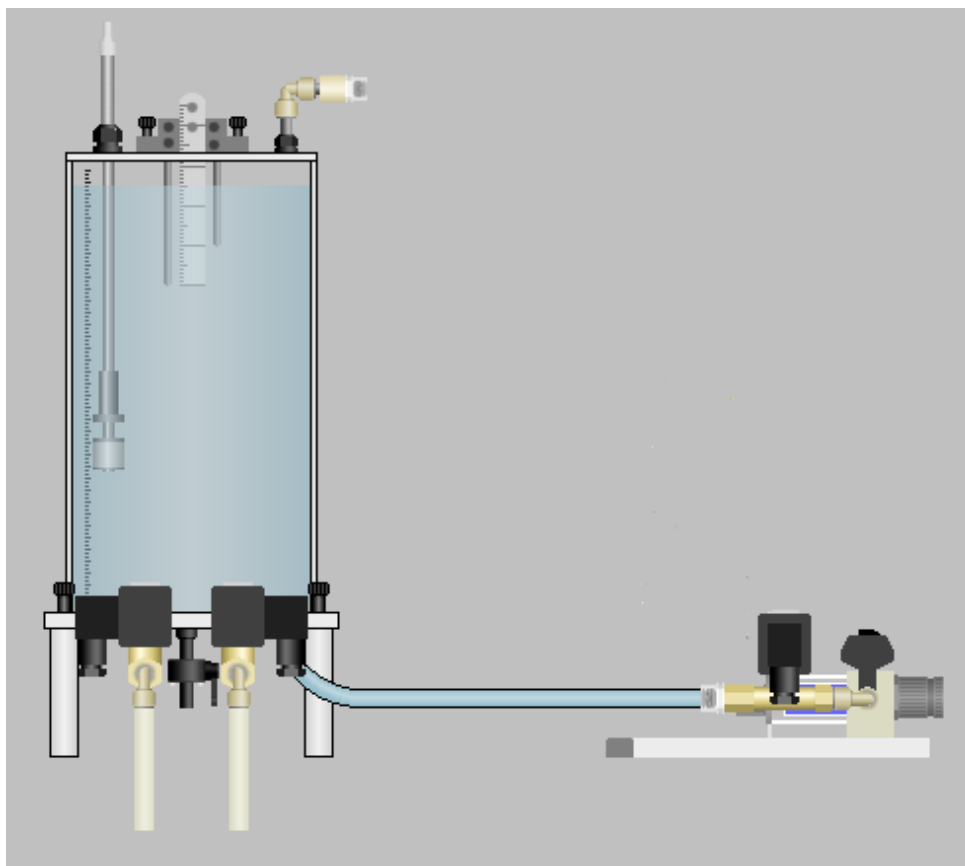
Obr. 10: Použitie navrhnutého regulátora – obr. 2

Z obrázku je jasné, že daný regulátor je vhodný a nemusíme teda skúšať ďalšie hodnoty. Ak by však nedošlo k ustáleniu hladiny a k udržaniu jej požadovanej hodnoty, bolo by nevyhnutné postupovať ďalej tak, ako je uvedené v kapitole 2.3.1. Je dôležité poznamenať, že regulátor dokázal uregulovať požadovanú výšku hladiny asi za 6 minút.

2.5 Meranie prechodových charakteristík

Definíciu prechodovej charakteristiky uvedenú v teórii sme sa rozhodli aplikovať na zásobník kvapaliny od firmy Armfield. Na meranie výšky hladiny sme použili hydrostatický

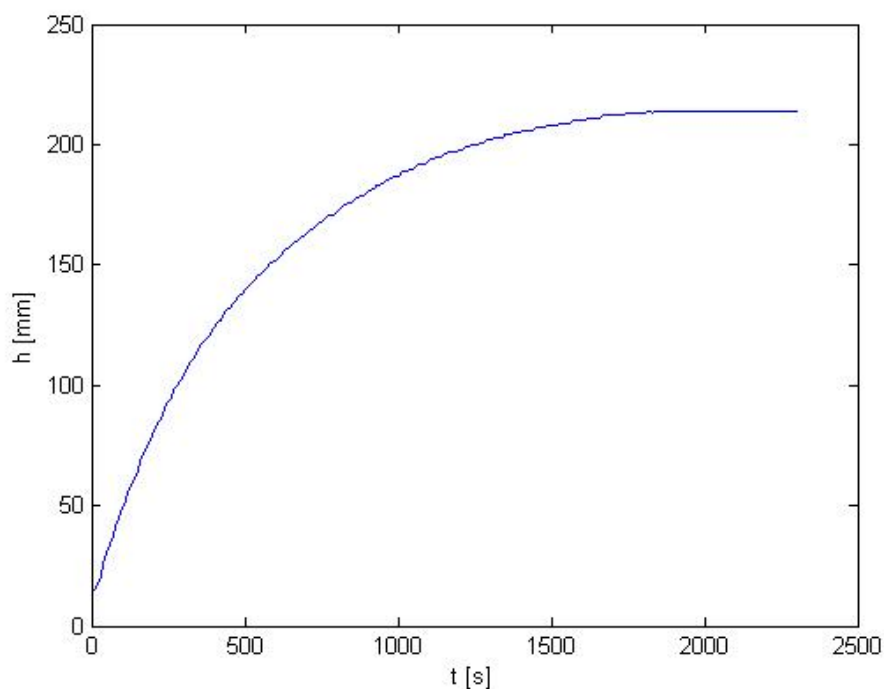
tlakový senzor. Prívod kvapaliny do zásobníka bol sprostredkovaný cez PSV ventil. Mimic diagram pre naše zariadenie je zobrazený na Obr. 11.



Obr. 11: Mimic diagram

V mimic diagrame v záložke „control“ nastavíme ovládanie PSV ventilu na manuálne, konkrétne na hodnotu 10. Klikneme na „Apply“. Otvoríme ventil SOL2, ktorý bude predstavovať poruchu. Pomocou ikonky GO začneme zaznamenávať dáta. Počkáme kým sa systém ustáli. Systém bude v ustálenom stave, ak prietok, ktorý doň vstupuje sa bude rovnať prietoku, ktorý z neho vystupuje.

Ustálený stav systém dosiahol približne po 40 minútach. Pri otvorení PSV ventilu na hodnote 20 a prietoku nastavenom na 850 ml/min sa systém ustálil na výške hladiny 214 mm, keď počiatočná výška hladiny bola 15 mm. Prechodová charakteristika takéhoto merania je zobrazená na Obr. 12.

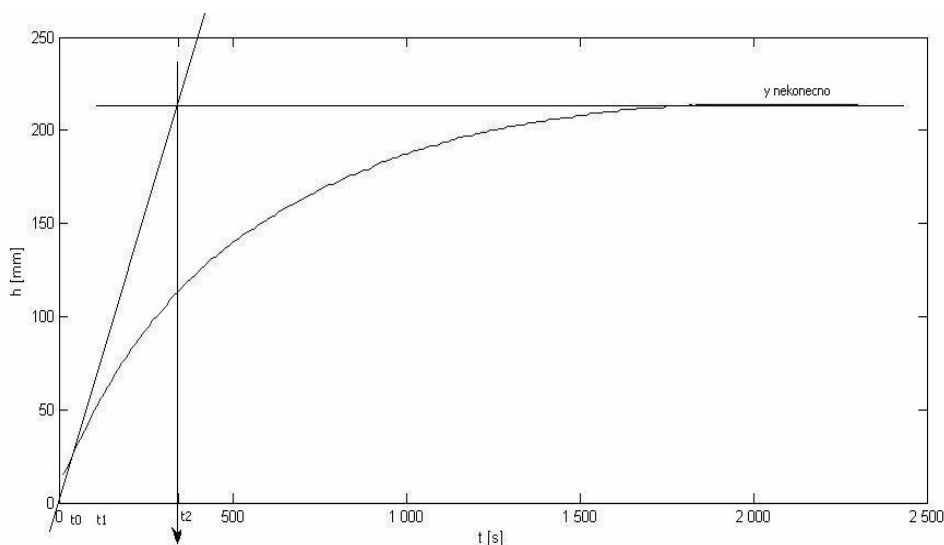


Obr. 12: Prechodová charakteristika PSV = 20%

2.5.1 Identifikácia nameraných prechodových charakteristík

Namerali sme niekoľko prechodových charakteristík, podľa ktorých sme systém identifikovali. Na identifikáciu sme použili Strejcovu metódu hoci z priebehu prechodovej charakteristiky je jasné, že systém je prvého rádu. Potvrdili sme to aj výpočtom. Výpočet uvádzame len pre jednu charakteristiku. Pre ďalšie uvedieme len výsledný prenos a obrázok.

Prechodová charakteristika 1 (Obr.13):



Obr. 13: Identifikácia prechodovej charakteristiky 1

K prechodovej charakteristike na obrázku 11 sme v inflexnom bode zostrojili dotyčnicu (Obr.13). Kolmica zostrojená v bode, kde sa pretáala dotyčnica s priamkou y nekonečno nám udáva hodnotu $t_2 = 345$. Keďže systém reagoval na zmenu pootvorenia ventilu okamžite, tak $t_0 = t_l = 0$.

Z nasledujúcich parametrov vypočítame Z, T, D a n:

$$\begin{array}{llll} t_0 = 0 & t_u = 0.1 & u_0 = 0 & y_0 = 15 \\ t_l = 0.1 & t_n = 345 & u_\infty = 20 & y_\infty = 214 \\ t_2 = 345 & & & \end{array}$$

$$Z = \frac{y_\infty - y_0}{u_\infty - u_0} = \frac{214 - 15}{20 - 0} = 9.95$$

$$f_s = \frac{t_u}{t_n} = \frac{0.1}{345} = 2.8985 * 10^{-4}$$

Potom zo Strejcovej tabuľky potom dostaneme:

$$n = 1 \quad f_s = 0 \quad f(n) = 1 \quad g(n) = 1$$

A teda:

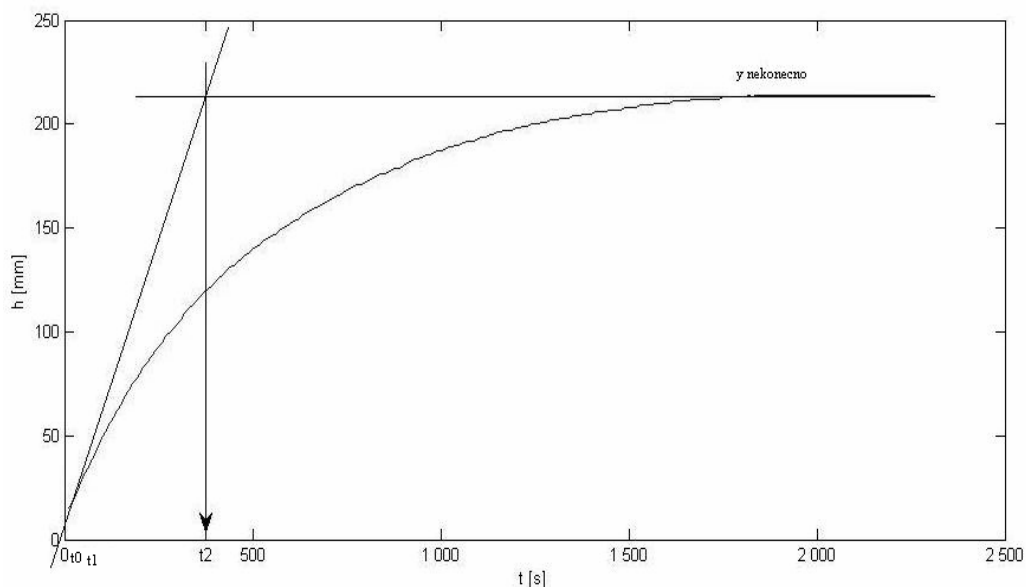
$$D = [f_s - f(n)]t_n = [2.8985 * 10^{-4} - 0] * 345 = 0.1$$

$$T = g(n)t_n = 1 * 345 = 345$$

A výsledný prenos systému je v tvare:

$$G(s) = \frac{Z}{Ts + 1} e^{-Ds} = \frac{9.95}{345s + 1} e^{-0.1s}$$

Prechodová charakteristika 2: (Obr.14)



Obr. 14: Identifikácia prechodovej charakteristiky 2

Použité údaje:

$$\begin{array}{llll} t_0 = 0 & t_u = 0.1 & u_0 = 0 & y_0 = 19 \\ t_l = 0.1 & t_n = 375 & u_\infty = 15 & y_\infty = 154 \\ t_2 = 375 & & & \end{array}$$

Výsledný prenos:

$$G(s) = \frac{9}{375s + 1} e^{-0.1s}$$

Pre výpočty sme používali priemerný prenos v tvare:

$$G(s) = \frac{10}{360s + 1} e^{-0.1s}$$

2.6 Návrh a použitie regulátorov

V tejto kapitole určíme parametre regulátorov a následne ich aplikujeme na zariadenie PCT40. Na návrh regulátora sme použili Haalmanovú metódu a metódu umiestnenia

pólov. Do vzorcov uvedených v tabuľke 3, sme dosadili nasledujúce hodnoty (pre Haalmanovu metódu):

Použité parametre pre:

$$T_N = 360 \quad T_U = 0.1 \quad Z = 10$$

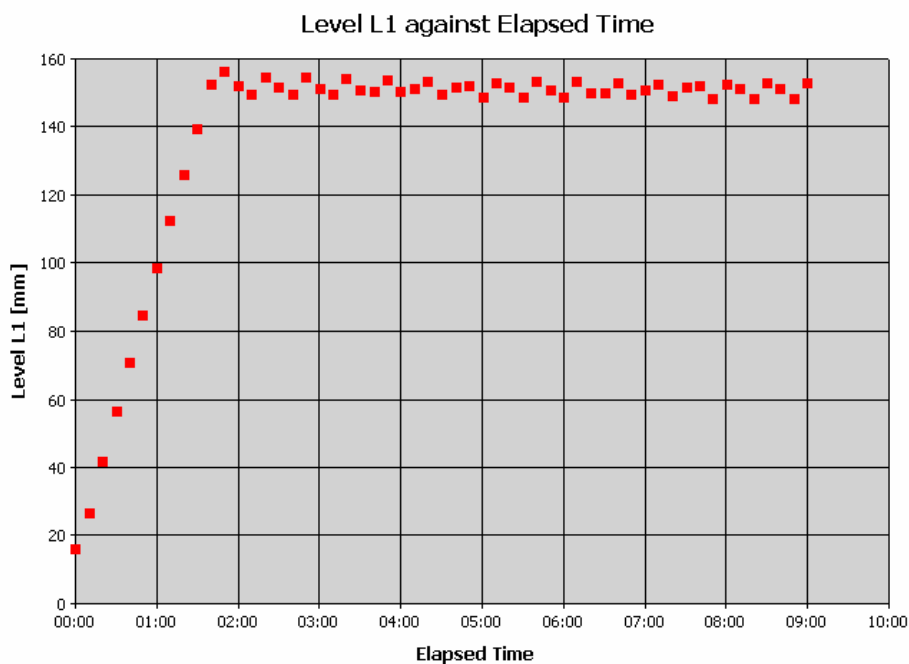
Navrhnuté regulátory sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke (Tab.5):

Tab.5: Regulátory podľa Haalmanovej metódy.

Č.r.	Metóda	Z_R	T_I	T_D	T_{URO}	P_p
1.	Haalman	231.16	345	-	-	0.4326

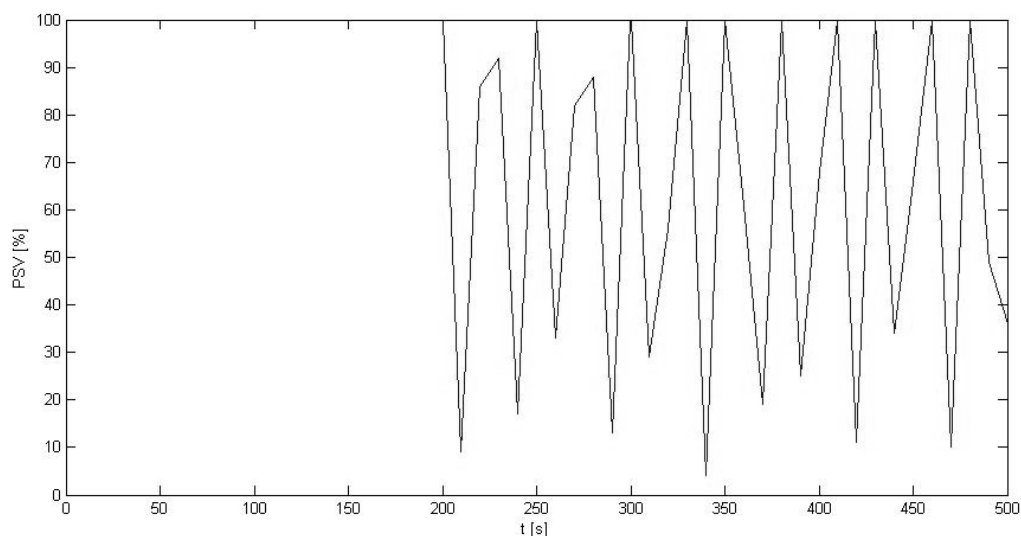
P_p = pásmo proporcionality

Regulačný pochody, pre takto navrhnutý regulátor je na Obr. 15



Obr. 15: Regulátor č.1

Správanie riadenia procesu je na Obr. 16:



Obr. 16: Regulátor podľa Haalmana-riadenie

Na tomto obrázku jasne vidno, že regulátor sa správa ako dvojpolohový, preto nie je vhodný na reguláciu.

Pomocou metódy umiestnenia pólov sme vypočítali pól $s_1 = -2.7 \cdot 10^{-3}$. Podľa teoretických poznatkov máme voliť pól regulátora naľavo od tohto. Ako prvý sme si zvolili pól $s_1 = 0.035$, vypočítali sme hodnoty Z_R , Pp a T_I podľa nasledujúcich vzťahov:

$$Z_R = \frac{2s_1 T - 1}{Z}$$

$$T_I = \frac{ZZ_R}{Ts_1^2}$$

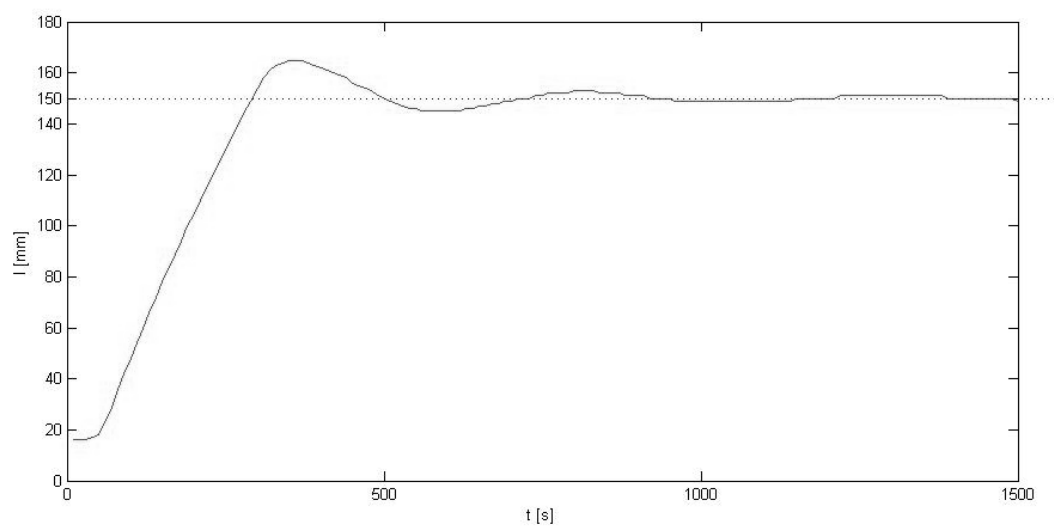
$$Pp = \frac{100}{Z_R}$$

Výsledne hodnoty sú uvedené v tabuľke 6:

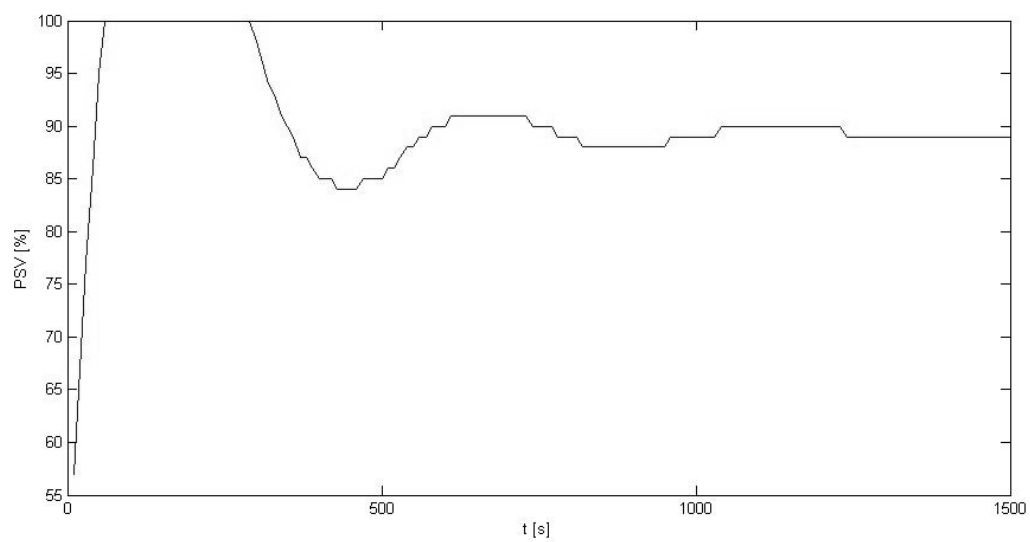
Tab.6: Regulátory podľa metódy umiestnenia pólov.

Zvolený pól s_1	Z_R	Pp	T_I	Číslo regulátora
0.035	14.3	7	10	2
0.07	2.4	41	54	3
0.14	5	20	28	4

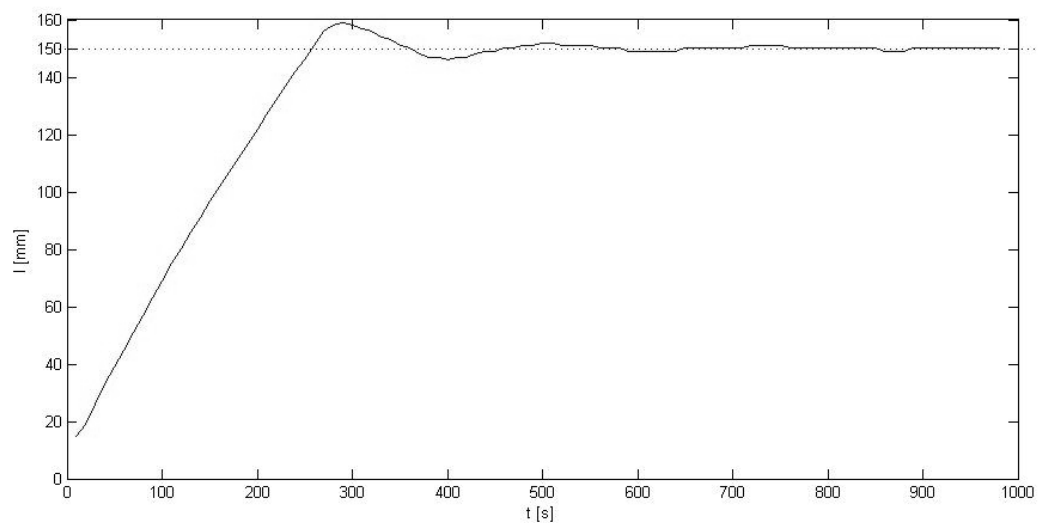
Regulačné pochody a riadenia sú uvedené na Obr 17. – 22.



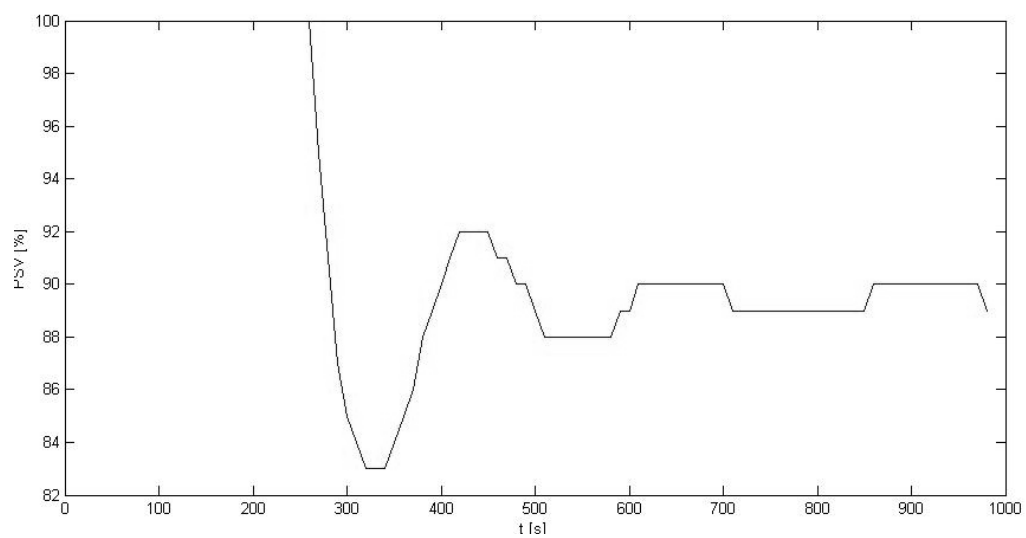
Obr. 17: Regulátor č.2



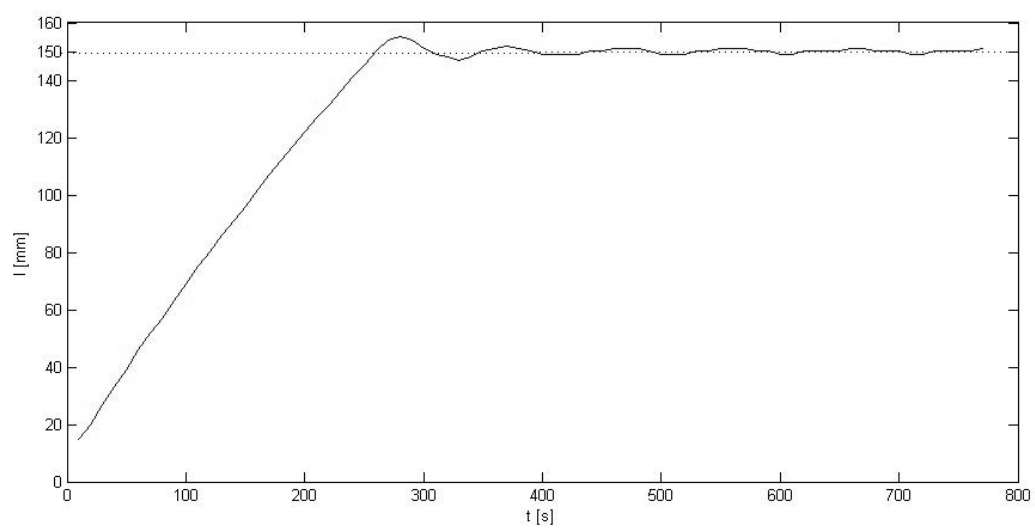
Obr. 18: Regulátor č.2-riadenie



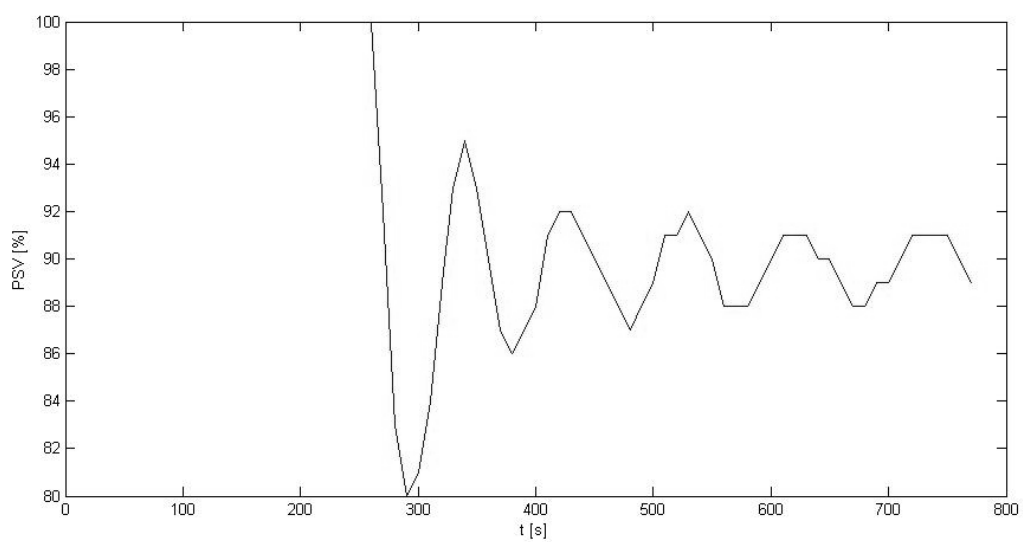
Obr. 19: Regulátor č.3



Obr. 20: Regulátor č.3-riadenie



Obr. 21: Regulátor č.4



Obr. 22: Regulátor č.4-riadenie

2.7 Diskusia k výsledkom

Na porovnanie regulátorov slúžia ukazovatele kvality riadenia. Rozdeľujeme ich do dvoch skupín a to časové a integrálne. Časové ukazovatele sledujú priebeh riadenia v čase a my sa budeme venovať práve týmto. Patria sem:

TRO – trvalá regulačná odchýlka. Vypočíta sa nasledovne:

$$e(\infty) = w(\infty) - y(\infty) \quad (15)$$

Kde: $e(\infty)$ je trvalá regulačná odchýlka

$w(\infty)$ je žiadaná hodnota riadenej veličiny

$y(\infty)$ je výstupná hodnota riadenej veličiny.

Ďalším časovým ukazovateľom kvality riadenia je čas regulácie. Je to čas, za ktorý sa riadená veličina natrvalo dostane do požadovaného okolia výstupnej veličiny. Teda čas, ktorý uplynie, kým sa riadená veličina uriadí s požadovanou presnosťou.

Pre nás nemá význam určovať TRO, pretože I zložka odstráni vplyv regulačnej odchýlky a všetky regulátory, ktoré sme navrhli, I zložku obsahovali. Môžeme teda určovať len čas regulácie. K tomuto je potrebné určiť si rozmedzie, v ktorom tolerujeme pohyb riadenej veličiny. Zvolíme si ± 10 mm. Teda sledujeme pohyb výšky hladiny v rozmedzí od 140 do 160 mm. Najkratší čas regulácie majú v tomto prípade regulátory č. 3 a č.4. Regulátor č.3 považujeme za najvhodnejší pretože má rýchle a ustálené riadenie.

Regulátor navrhnutý pomocou metódy uvedenej v manuáli k zariadeniu má čas regulácie 240 s. To je približne rovnaká hodnota, ako pri ostatných regulátoroch navrhnutých pomocou metódy umiestnenia pólov. Aj tento je teda vhodný na použitie v praxi.

ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo navrhnúť a vzájomne porovnať metódy návrhu regulátorov, o ktorých teoretické poznatky sme nadobudli počas štúdia. K tomuto patrilo aj podrobné štúdium zariadenia Armfield PCT40. V našej práci sme použili Strejcovu metódu a deterministickú metódu identifikácie systémov.

Samotná práca pozostávala z viacerých fáz. Prvou z nich bolo štúdium zariadenia. Zariadenie bolo potrebné vyskúšať a pochopiť aké môžu byť vplyvy na meranie. Bolo dôležité, pri akých podmienkach pracujeme. Najdôležitejším bolo správne nastaviť hodnotu vstupného prietoku. Druhá a najdlhšia fáza bolo meranie prechodových charakteristík. Nasledoval návrh regulátorov a potom ich aplikácia. Navrhnutý PI regulátor pomocou Haalmanovej metódy okolo požadovanej hodnoty len kmital. Vhodnejšie je teda použiť PI regulátory navrhnuté pomocou metódy umiestnenia pólov. Ďalšou zo zvolených metód bola metóda návrhu regulátora, ktorá bola uvedená v manuáli k zariadeniu. Po naštudovaní tejto metódy sme vytvorili slovenský manuál, ktorý je vhodný ako návod na cvičenie. Regulátor navrhnutý touto metódou je rovnako rýchly a presný ako metóda umiestnenia pólov.

Dúfame, že táto práca bude užitočná a v blízkej budúcnosti uľahčí pochopenie princípov riadenia procesov.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] <http://www.transcom.sk/>
- [2] BAKOŠOVÁ, Monika – FIKAR, Miroslav – ČIRKA, Ľuboš: Základy automatizácie. Bratislava: Vyd. STU. 1. vyd. 2003. ISBN 80-227-1831-9
- [3] BAKOŠOVÁ, Monika - FIKAR, Miroslav: Riadenie procesov. Bratislava: Vyd. STU, Bratislava, 2008.
- [4] FIKAR, Miroslav – MIKLEŠ, Ján: Identifikácia systémov. Bratislava: Vyd. STU. 1. vyd.1999. ISBN 80-227-1177-2
- [5] ARMFIELD – PCT40 Instruction manual. 2008
- [6] CORRIOU, Jean – Pierre: Process control – Theory and application. London: Vyd. Springer Verlag. 1. vyd. 2004. ISBN 1-85233-776-1
- [7] BAKOŠOVÁ, Monika – Integrované riadenie v procesnom priemysle (prednášky).