

Spojité regulácia výšky hladiny PID regulátorom na laboratórnom modeli

Diana Rášková¹
Marek Laciak²
Milan Durdán³

¹ Technická univerzita v Košiciach, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Ústav riadenia a informatizácie výrobných procesov; Boženy Němcovej 3, 040 01 Košice; diana.raskayova@tuke.sk

² Technická univerzita v Košiciach, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Ústav riadenia a informatizácie výrobných procesov; Boženy Němcovej 3, 040 01 Košice; marek.laciak@tuke.sk

³ Technická univerzita v Košiciach, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Ústav riadenia a informatizácie výrobných procesov; Boženy Němcovej 3, 040 01 Košice; milan.durdan@tuke.sk

Grant: APVV-14-0892

Názov grantu: Moderné metódy, algoritmy a prostriedky pre modelovanie, simuláciu, riadenie, analýzu a syntézu procesov a riadiacich systémov

Oborové zameranie: JP - Priemyselné procesy a spracovanie

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

Abstrakt V príspevku je popísaná multifunkčná stanica Armfield PCT40, veľká procesná nádoba, ktorá je súčasťou laboratórneho modelu a tiež potrebný softvér pre ovládanie multifunkčnej stanice. Príspevok poskytuje návod ako pracovať s multifunkčným zariadením tohto typu a návod ako realizovať praktické úlohy. Cieľom je poskytnúť užívateľom postup pre realizáciu spojitú reguláciu pomocou PID regulátora a návrh riadenia pre reguláciu výšky hladiny. Navrhnuť PID regulátor a nadobudnuté parametre aplikovať do praktických úloh.

Kľúčové slová PCT40, meranie výšky hladiny, regulácia výšky hladiny

1. ÚVOD

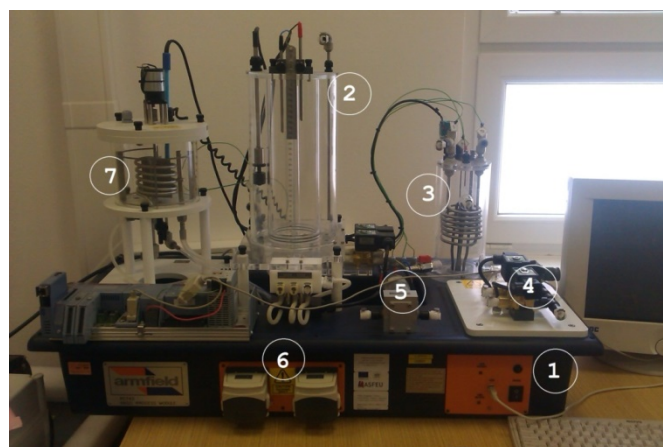
V súčasnosti sa kladú veľké požiadavky na presnosť riadenia procesov a na ich regulačný pochod. Meria sa nielen za účelom riadenia, ale tak isto za účelom získania charakteristík procesu, či už sú to charakteristiky statické alebo dynamické. Pri vykonávaní merania je dôležitá presnosť merania s akou získavame namerané hodnoty. Rozsiahla škála meracích metód umožňuje nájsť optimálne riešenie pre každú úlohu. Neexistuje však metóda, ktorá by bola univerzálna a ktorá by sa hodila na každú aplikáciu. Vždy však platí, že treba použiť meraciu metódu, ktorá spoľahlivo funguje pre danú aplikáciu a vyhovuje aj po ekonomickej stránke. K meraniu výšky hladiny patrí kontinuálne meranie výšky hladiny kvapalín a sypkých materiálov, ďalej limitné meranie, tzv. detekcia prítomnosti média, ale aj meranie fázového rozhrania dvoch kvapalín alebo sypkého materiálu v kvapaline. Úlohy sú rozmanité a podobne je to aj s meracími metódami, ktoré prichádzajú do úvahy. Výber siaha od vibračných vidličiek, ktoré sa používajú na limitné meranie vo všetkých oblastiach priemyslu, až po rádiometrické metódy, ktoré sa používajú v extrémnych podmienkach.

Multifunkčná stanica PCT40 dáva možnosť oboznámiť sa so základnými princípmi merania a riadenia rôznych procesov. Systém je riadený počítačom a softvérom s mnohými funkciami a tak isto

s možnosťou zaznamenávania priebehu meraných a riadených veličín v reálnom čase. [1,2]

2. LABORÁTORNY MODEL PRE REGULACIU VÝŠKY HLADINY

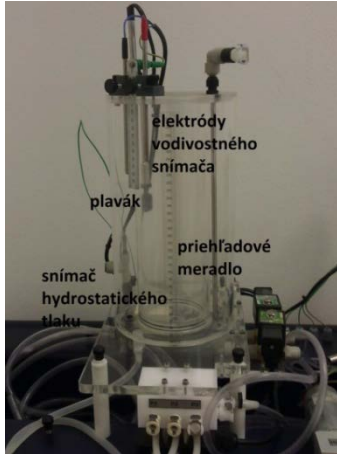
Pre reguláciu výšky hladiny PID regulátorom bol ako laboratórny model použitý systém ARMFIELD PCT40, ktorý umožňuje zaznamenávať priebeh meraných a riadených veličín v reálnom čase. Používateľ môže meniť parametre riadenia a analyzovať priebeh procesov pre rôzne nastavenia systému. Kompletná zostava systému laboratórneho modelu je znázornená na Obr. 1. Zostava je tvorená základným modulom PCT40 spolu s prídavnými modulmi PCT41 a PCT42. [6,7]



Obr. 1: Laboratórny model Armfield PCT40
(1- nosná konzola, 2- veľká procesná nádoba, 3- malá procesná nádoba, 4- solenoidové ventily, 5- zubové čerpadlo, 6- peristaltické čerpadlá, 7- reaktor s tepelným výmenníkom a miešadlom)

2.1 Procesná nádoba pre meranie výšky hladiny

Laboratórne úlohy venované meraniu a regulácii hladiny využívajú veľkú procesnú nádobu multifunkčného systému (zásobník na kvapalinu). Veľká procesná nádoba (Obr. 2) predstavuje model prevádzkovej nádrže, ktorá je opatrená potrebnými elementmi pre pripojenie ovládacích ventilov a čerpadiel pre prítok a odtok vody a je vybavená niekoľkými snímačmi pre meranie polohy hladiny náplne.



Obr. 2: Veľká procesná nádoba so snímačmi na kvapalinu

Zásobník na kvapalinu tzv. procesnú nádobu tvoria dve valcové nádoby so sústredeným uložením. Napúšťací priestor tvorí medzikužie týchto dvoch valcových nádob. Model sa používa pre simuláciu regulácie výšky hladiny. Pri napúšťaní zásobníku je možné použiť dva vstupy a k vypúšťaniu tri výstupy. Snímanie výšky hladiny sa môže vykonávať buď pomocou diferenciálneho, tlakového, alebo ultrazvukového snímača. Zásobník tiež obsahuje plavák pre meranie limitnej výšky hladiny a je opatrený prepádovým otvorom, aby nedošlo k preplneniu zásobníka. Platí však, že objemový prietok napúšťania nesmie byť väčší ako objemový prietok odtoku kvapaliny. [6,7]

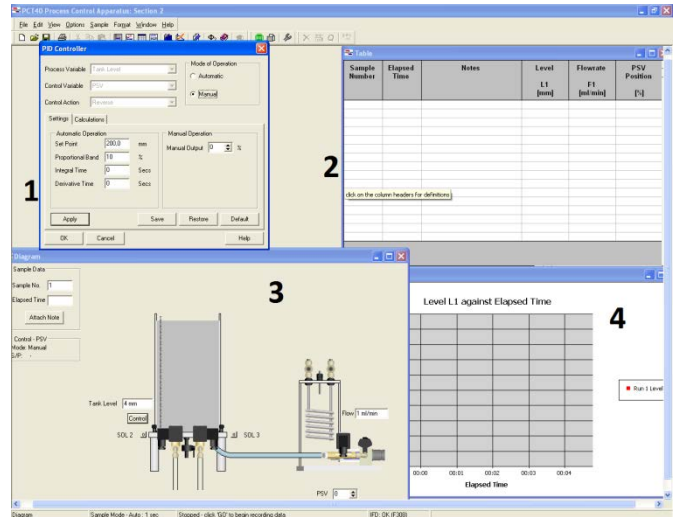
2.2 Softvér pre PCT40

Firma Armfield dodáva svoj vlastný softvér pre komunikáciu modelu s počítačom resp. pre obsluhu. Ide o program od firmy Armfield Limited (Obr. 3).



Obr. 3: Program od firmy Armfield Limited

Program je optimalizovaný pre užívateľské použitie, neumožňuje však detailnejšie nastavenie regulátorov alebo sledovanie čiastkových technologických parametrov (Obr. 4).



Obr. 4: Rozhranie pre reguláciu výšky hladiny v zásobníku na kvapalinu (1-panel regulátora, 2-tabuľka, 3-schéma, 4-grafické zobrazenie)

3. NÁVRH REGULÁCIE VÝŠKY HLADINY

Najpresnejšiu reguláciu (minimálnu regulačnú odchýlku) dosiahneme pomocou integračného regulátora. Jeho nevýhodou je však malá rýchlosť. Preto sa kombinuje s proporcionálnym regulátorom a pre najväčšie nároky na rýchlosť regulácie aj s regulátorom derivačným. V každom prípade však bude kvalita regulácie závisieť aj od vlastností regulovanej sústavy. Z tohto pohľadu je nutné optimálne nastavenie regulátora. Najlepšie výsledky dosiahneme, ak nastavíme konštanty regulátora v prevádzkovom zapojení s regulovanou sústavou. V praxi sa z takýchto empirických metód najviac osvedčila a najznámejšou stala Ziegler-Nicholsova metóda, ktorá je určená najmä pre nastavenie kombinovaných regulátorov PI a PID. Dáva menšie tlmenie prechodového deja, preto je nutné nastaviť zosilnenie regulátora na menšiu hodnotu, ako udáva táto metóda. [3,4,5]

Postup nastavenia pre prípad známej prechodovej charakteristiky je nasledovný. Ak poznáme prechodovú charakteristiku regulovanej sústavy, môžeme určiť dobu prieťahu T_u a dobu nábehu T_n a zo statického prenosu aj zosilnenie regulovanej sústavy $K_S = \Delta y / \Delta u$, alebo tzv. činiteľ autoregulácie $S = 1 / K_S$. Za predpokladu, že $T_u < T_n$, platí $T_{krit} = 4 T_u$ a teda môžeme použiť optimálne parametre pre jednotlivé regulátory tak, že ich nastavíme podľa vzťahov využívajúcich dobu prieťahu T_u , dobu nábehu T_n a zosilnenie sústavy K_S , súhrnne uvedených v tab. 1. [3,4,5]

Tab. 1: Optimálne nastavenie parametrov regulátora

	K	T_I	T_D
P	$\frac{T_n}{T_u} S$	-	-
PI	$0,9 \frac{T_n}{T_u} S$	$3,5 T_u$	-
PID	$1,25 \frac{T_n}{T_u} S$	$2 T_u$	$0,5 T_u$

Celkové statické zosilnenie regulačného obvodu je K_{opt} / S . Potom K_{opt} upravíme tak, aby ani pri najväčšom odľahčení sústavy nedošlo

k jej rozkmitaniu. Ak máme možnosť merať aj prechodovú charakteristiku regulačného obvodu, potom upravíme dodatočne konštanty regulátora tak, aby boli čo najlepšie splnené požiadavky na čo najmenšie regulačné plochy podľa integrálnych kritérií.

Pri nastavovaní parametrov musíme však dávať pozor, či sa jedná o regulátor bez interakcie alebo s interakciou, t.j. so vzájomným ovplyvňovaním parametrov regulátora. V prípade vzájomnej interakcie musíme tento fakt pri nastavovaní parametrov regulátora zohľadniť. [3,4,5]

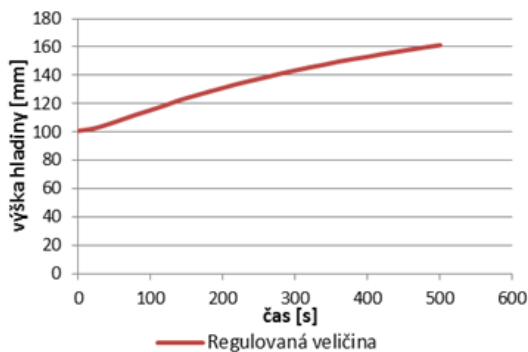
4. SPOJITÁ REGULÁCIA VÝŠKY HLADINY S PID REGULÁTOROM

Po spustení programu sa nám zobrazí uvítacie okno programu ArmSoft. Zvolíme si niektorú z ponúkaných možností. Pri dvojpohlovej regulácii hladiny s použitím plavákového snímača a pri riadení hladiny s využitím diferenčného vodivostného snímača zvolíme možnosť „Selection 1: Level Control (inflow)“ naopak pri riadení hladiny proporcionálnym solenoidovým ventilom a pri spojitý regulácii hladiny s PID-regulátorom a proporcionálnym ventilom zvolíme možnosť „Selection 2: Level Control (inflow)“. Zvolený výber potvrdíme tlačidlom „Load“.

Po tomto základom nastavení sa nám zobrazí uvítacia obrazovka programu. Uvítacie okno si zväčšíme na celú obrazovku a v menu „Window“ si zvolíme položku „Tile“. Zavrieme okno „Presentation“ a zobrazí sa nám obrazovka obsahujúca panel regulátora, tabuľka, schéma a graf. Takýmto spôsobom máme pripravený program na meranie a reguláciu výšky hladiny a následné zaznamenávanie dát. Po zvolení „Section 2“ a stlačení tlačidla „Control“ vidíme dialógové okno programu „PID Controller“. V okne „PID Controller“ si nastavíme žiadanú hodnotu výšky hladiny 200 mm.

4.1 Výpočet parametrov regulátora z 500 hodnôt

Na obrázku 5 môžeme vidieť priebeh plnenia procesnej nádoby multifunkčného systému Armfield PCT40. Meraním sme získali prechodovú charakteristiku, z ktorej po jej analytickom vyjadrení a následnom zderivovaní určíme dobu nábehu a dobu prietahu.



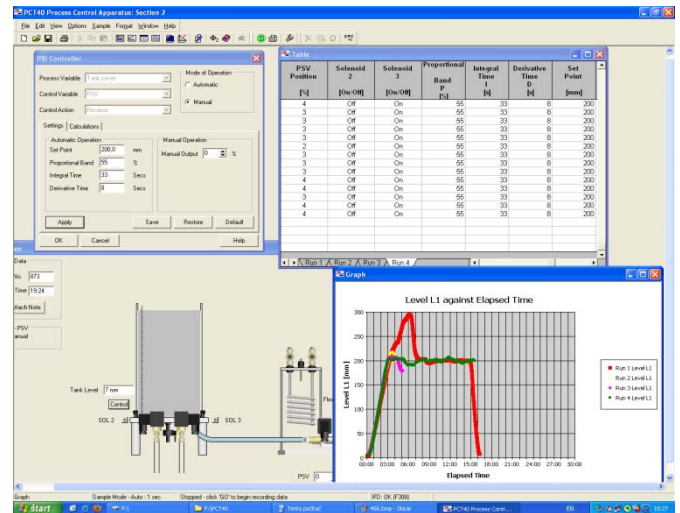
Obr. 5: Priebeh plnenia procesnej nádoby

Optimálne parametre pre regulátor nastavíme podľa vzťahov využívajúcich dobu prietahu T_u , dobu nábehu T_n a zosilnenie sústavy K_S (Tab. 1). V tabuľke 2 sú uvedené vypočítané parametre PID regulátora.

Tab. 2: Parametre PID regulátora

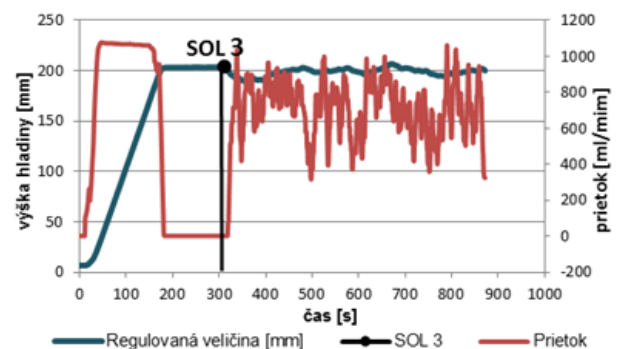
T_u	17	K	55
T_n	580	T_I	34
		T_D	8

Na základe týchto výpočtov môžeme začať meranie spojitý regulácie výšky hladiny s PID regulátorom a proporcionálnym ventilom. V úvode, kedy sme nastavovali požadovanú výšku hladiny (200 mm) sa teraz môžeme opätovne vrátiť na okno programu „PID Controller“ a nastaviť konštanty regulátora podľa vypočítaných hodnôt (Tab. 2). Tlačidlom „Apply“ uchováme a potvrdíme zvolené nastavenia regulátora a následne zvolíme voľbu „Automatic“, keďže sa jedná o automatické regulovanie výšky hladiny. Po tejto voľbe sa proporcionálny solenoidový ventil PSV automaticky otvorí. Toto meranie sme začali klasicky s nulovou počiatkovou hodnotou. Veľká procesná nádoba sa plnila vodou až do požadovanej výšky. Nastavený regulátor udržiaval hladinu vody v nádobe v pomerne stabilizovanej polohe.



Obr. 6: Regulácia výšky hladiny v programe Armfield

Keď sa hladina vody v nádobe stabilizovala vniesli sme do merania poruchu v podobe otvorenia ventilu SOL 3 v čase 312 s. Hladina vody v nádobe začala mierne klesať. Následne nato sa prietok zvýšil a po krátkej dobe ustálil na približne 800 [ml/min]. Pri takto ustálenom prietoku a nastavených parametroch regulátora sa hladina v nádobe dokázala udržať na požadovanej hodnote. Nastavenie parametrov regulátora nebolo najvhodnejšie pre pomerne významné výkyvy okolo požadovanej výšky hladiny (Obr. 7).



Obr. 7: Regulácia výšky hladiny s navrhnutým PID regulátorom

5. ZÁVER

V príspevku je popísaný návod pre reguláciu výšky hladiny s využitím multifunkčnej stanice Armfield PCT40. Príspevok poskytuje stručnú funkčnú charakteristiku multifunkčnej stanice, programu na jej ovládanie a tiež návod metódy riadenia výšky hladiny v zásobníku na kvapalinu pomocou Ziegler-Nicholsovej metódy, ktorá je určená pre nastavenie parametrov PI a PID regulátorov. Nastavenia parametrov regulátora vo všeobecnosti pôsobili na začiatok regulačného priebehu, čiže v čase kedy bola dosiahnutá požadovaná veličina. Každá zmena parametrov regulácie prináša určitú zmenu, či už väčšiu alebo menšiu a pôsobí tak na celkovú kvalitu regulácie. Za najviac vhodnú reguláciu sa bude považovať tá, kde je miera kmitavosti regulovanej veličiny čo najmenšia. V našom prípade by bolo vhodné zvýšiť hodnoty zložiek PID regulátora aby miera kmitavosti žiadanej veličiny bola aj po vnesení poruchy do systému menšia.

Pod'akovanie

Táto práca bola čiastočne podporovaná grantmi zo Slovenskej Grantovej Agentúry pre Vedu APVV-14-0892, VEGA 1/0529/15 a VEGA 1/0273/17.

Zdroje

1. KUREKOVÁ, Eva ., GABKO, Peter., HALAJ, Martin: Technické meranie: Učebné texty z projektu Metromedia-Online. Bratislava: Grafické štúdio, 2005. ISBN 80-89112-04-8
2. CHUDÝ, Vladimír., PALENČÁR, Rudolf., KUREKOVÁ, Eva: Meranie technických veličín. Vydavateľstvo STU 1999. ISBN 80-227-1275-2.
3. DORČÁK, Ľubomír – TERPÁK, Ján – DORČÁKOVÁ, Františka: TEÓRIA AUTOMATICKÉHO RIADENIA: Spojité lineárne systémy. Košice, 2006. ISBN 80-8073-025-3
4. PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., VDOLEČEK, F., HALAJ, M.: Systém riadenia merania. Bratislava: Grafické štúdio Ing. Peter Juriga 2001. ISBN 80-968449-7-0
5. "Level Measurement." 1995. Instrument Engineer's Handbook: Process Measurements and Analysis, B.E. Liptak, Ed., 3rd Ed., Vol. 2. Radnor, PA, Chilton Book Co.:269-397.
6. Multifunction Process Control Teaching System. Katalog a užívateľská príručka firmy Armfield Limited, 2004. Dostupné na: < <http://www.armfield.co.uk/>>
7. NAGY, Z., ABDULWAHED, M.: Process Control Virtual Laboratory Manual, Laboratory manual