

## REGULACIJA TEMPERATURE VODE U KADI ZA PRANJE MASNIH DIJELOVA

### TEMPERATURE REGULATION IN THE BATH WATER FOR WASHING GREASY PARTS

*Muhamed Pašić*

Prethodno priopćenje

**Sažetak:** Prikazana je upotreba Chien-Hrones-Reswick pravila za podešavanje parametara PID regulatora, jer se njegovim korištenjem najbolje prate regulabilne veličine. U programskom paketu Matlab osmišljen je simulacijski model korištenjem Chien-Hrones-Reswick pravila. Napravljen je model za eksperiment u kojem su se koristila Chien-Hrones-Reswick pravila za prikaz odziva promatranih vrijednosti. Parametri dobiveni ovom metodom su parametri PID regulatora programiranog u programskom paketu Step7 Basic. Pomoću tako programiranog PID regulatora provedena je regulacija temperature u kadi za pranje masnih dijelova vrijednosti od 75°C. Ovim će se dobiti zadane vrijednosti, dobra regulacija temperature. Na isti način se može regulirati neka druga veličina gdje je potrebna puno veća točnost.

**Glavne riječi:** PID regulator, Chien-Hrones-Reswick pravila, prijenosna funkcija, regulacija temperature

Preliminary communication

**Abstract:** The paper presents the use of Chien-Hrones-Reswick rules for the adjustment of the PID controller parameters since its usage gives the best results for monitoring regulated sizes. A simulation model was designed in MATLAB using the Chien-Hrones-Reswick rules. A model for an experiment in which the Chien-Hrones-Reswick rules were used has been designed for the presentation of the observed values response. The parameters obtained by this method are the parameters of PID controller programmed in the software package Step 7 Basic. Using the PID controller programmed in such a way, the temperature regulation was performed to the value of 75°C in the bathtub for washing greasy parts. This will enable obtaining default values, a good temperature regulation. In the same way, a different value can be regulated, where a greater precision control is required.

**Key words:** PID controller, Chien-Hrones-Reswick rules, transfer function, temperature regulation

## 1. UVOD

Najčešće primjenjivani regulatori u automatizaciji procesa su PID - proporcionalno-integracijsko-derivacijski regulatori. Uključujući i podtipove P, PI, PD, najčešće se koriste za upravljanje u industrijskim procesima. Prijenosna funkcija idealnog PID regulatora u Laplaceovom području glasi [1]:

$$G_R(s) = \frac{u(s)}{\varepsilon(s)} = K_R \left[ 1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right] \quad (1)$$

Pri tome su:

- u(s) – izlaz regulatora
- g(s) – ulaz regulatora
- $K_R$  - proporcionalno pojačanje regulatora
- $T_I$  - integracijska vremenska konstanta
- $T_D$  - derivacijska vremenska konstanta

Kod PID regulatora upravljački signal se formira ovisno o trenutačnoj vrijednosti pogreške (P-djelovanje), o njenoj promjeni u prošlosti te o trendu promjene pogreške (D-djelovanje) [1].

PID regulatori izvedeni u analognoj tehnici rade s kontinuiranim veličinama i nazivaju se kontinuiranim ili analognim PID regulatorima. Uglavnom se primjenjuju digitalne izvedbe PID regulatora dobiveni diskretizacijom analognih PID regulatora. Ovisno o primijenjenom postupku diskretizacije, razlikujemo više vrsta digitalnih PID regulatora s time da digitalni regulator oponaša analogni regulator. Digitalni regulator dobro oponaša analogni u kratkom vremenu uzorkovanja. Na taj se način iskustva stečena analognim regulatorom mogu iskoristiti pri radu s digitalnim regulatorom. Najzastupljeniji su digitalni PID regulatori izvedeni u samostalnim mikroprocesorskim uređajima (engl. loop controllers) i PID regulatori izvedeni kao standardni programski moduli u programabilnim logičkim kontrolerima (PLC), te procesnim računalima [2].

Cilj je odrediti parametre sustava za regulaciju temperature u kadi za pranje masnih komada. Parametri će biti izračunati korištenjem  $m$  fajla. Na pokusnom primjeru proces je opisan prijenosnom funkcijom prvog reda, kojom se opisuje velik broj industrijskih procesa (2):

$$G_p(s) = \frac{K_p}{1 + sT_p} e^{-\tau s} \quad (2)$$

$K_p$  - statičko pojačanje

$\tau$  - kašnjenje procesa

$T_p$  - vremenska konstanta procesa

Kao mjerni član temperature korištena je temperaturna sonda TC-K type. To je analogni signal koji se vodi na analogni modul SM1231, PLC je S/1200. Programaska podrška ostvarena je preko programskog jezika Step 7 Basic.

## 2. EKSPERIMENTALNA ANALIZA

### 2.1. Određivanje parametara PID regulatora CHR metodom

Ova metoda za podešavanje parametara regulatora najviše se koristi kod problema praćenja referentne vrijednosti. Chien, Hrones i Reswick, osim preporuka za parametre regulatora, daju i preporuke za izbor tipa regulatora koji je dobro koristiti, ovisno o pokazatelju R (brzina reakcije) procesa (tabela 1.).

**Tabela 1.** CHR preporuke za izbor tipa regulatora

CHR preporuke za izbor tipa regulatora	
tip regulatora	$R = \frac{T_p}{\tau} = \frac{1}{\mu}$
P	$R > 10$
PI	$7,5 < R < 10$
PID	$3 < R < 7,5$
višeg reda	$R < 3$

Kod CHR pravila za podešavanje parametara regulatora postoje dva slučaja:

- željena prijelazna karakteristika zatvorenog kruga je aperiodska
- željena prijelazna karakteristika zatvorenog kruga je oscilatorna s preskokom od 20%

Ako se želi dobiti oscilatorni odziv sistema, tada se parametri regulatora trebaju podesiti prema tabeli 2. [3]

**Tabela 2.** CHR preporuke za podešavanje PID regulatora

CHR preporuke za aperiodski odziv			
tip regulatora	K	$T_i$	$T_d$
P	$0,7R / K_p$	-	-
PI	$0,6R / K_p$	$T_p$	-
PID	$0,95R / K_p$	$1,35T_p$	$0,47\tau$

U provedenom pokusu korišten je drugi slučaj, tj. željena prijelazna karakteristika zatvorenog kruga je oscilatorna s preskokom od 20%. Zato će se za određivanje parametara PID regulatora koristiti tabela 2. [4][5]. Najprije treba naći R, tj.

$$R = \frac{T_p}{\tau}$$

R-brzina reakcije

U nastavku je data \*.m datoteka s programom pomoću kojeg je izvršena simulacija prethodnog pravila.

```
clear all
close all
clc
G=1/((s+1)*(s+2)*(s+5))
Tk=0.3519 % Kašnjenje procesa
T=1.887 % Vremenska konstanta
K=dcgain(G) % Određivanje statičkog pojačanja
num=K
den=[T 1]
Gp=tf(num,den,'iodelay',Tk)
% CHR (Chien-Hrones-Reswick) preporuke
R=T/Tk
Kchr=[(0.7*T/Tk)/K inf 0;
(0.6*T/Tk)/K T 0;
(0.95*T/Tk)/K 1.35*T 0.47*Tk];
printmat(Kchr,'Chien-Hrones-Reswick',['P PI PID'],['Kp
Ti Td'])
```

Nakon pokretanja koda dobije se

$$G_p = e^{-0,3s} \frac{0,1}{1,987s + 1}$$

R=6.5816

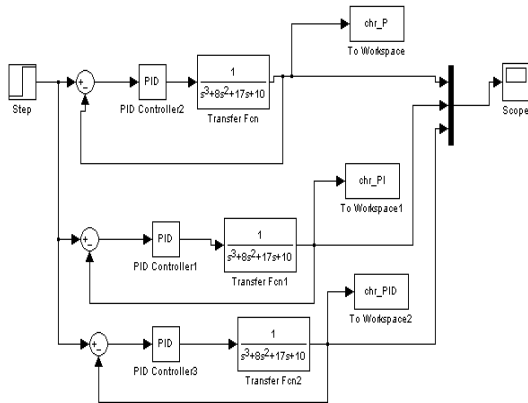
**Tabela 3.** Parametri PID regulatora izračunati pomoću CHR metode

Chien-Hrones-Reswick			
	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	46.07155	Inf	0
PI	39.48990	.98700	0
PID	62.52567	2.68245	0.14189

Prethodni m fajl izračunava prijenosnu funkciju sistema prvog reda s transportnim kašnjenjem, R- brzinu reakcije i parametra PID regulatora prema CHR pravilu (tabela 3.). Na osnovu parametra R odlučuje se koji će se tip regulatora koristiti: P, PI ili PID.

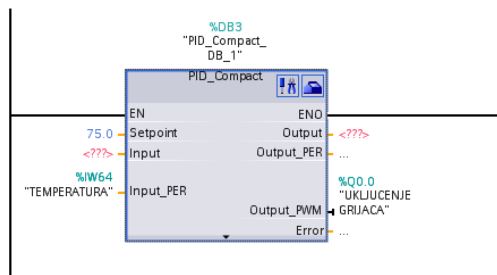
U nastavku će biti pokazan simulink model gdje će biti podešeni parametri iz tabele 3.

U SIMULINK modelu, prikazanom na slici 1., kao ulazna vrijednost uzeta je step funkcija, a na osciloskopu se prate odzivi sistema pri regulaciji s P koji je u prvoj grani simulink modela, PI koji je u drugoj i PID u trećoj [6].



Slika 1. Eksperiment izveden CHR metodom

## 2.2 Programiranje PID regulatora u programskom paketu Step 7 Basic

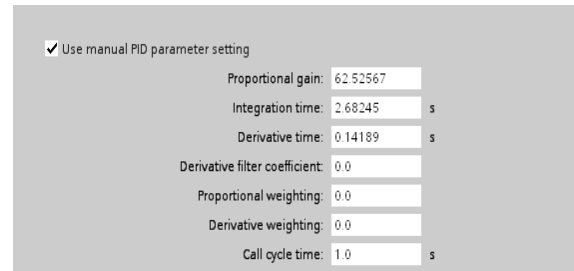


Slika 2. Blok PID regulatora u programu Step 7 Basic

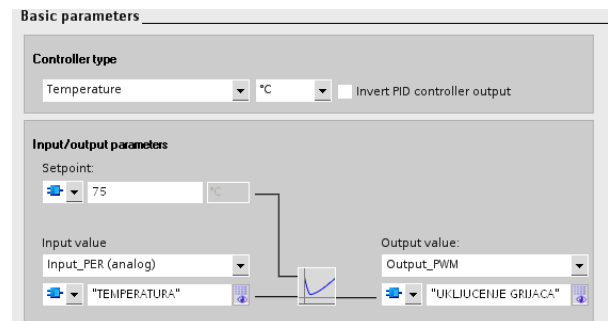
Na slici 2. prikazan je blok PID regulatora s odgovarajućim ulazima i izlazima. Na ulaz *setpoint* se unosi vrijednost varijable koju treba regulirati PID regulator, a u ovom slučaju je to temperatura od 75°C. Drugi ulaz je *input* on se koristi za neki signal iz programa. Treći ulaz, a koji se može koristiti kod PID regulatora, je *input\_PER* i na njega se priključuje analogni signal. U ovom eksperimentu će se koristiti

ovaj treći, jer temperaturu mjerimo preko temperaturne sonde koja se priključuje na analogni ulaz PLC.

Što se tiče izlaza, postoje tri. Prvi je *output* i upotrebljava se ako se izlazni signal koristi dalje u programu. Tu je zatim analogni izlaz *output\_PER*. Treći izlaz je digitalni *output\_PWM*. Ovaj izlaz je tipa *bool*, što znači da može poprimiti vrijednost 0 ili 1. U ovom eksperimentu će se koristiti ovaj treći izraz koji će uključivati i isključivati grijač. Sa slike 2.na kojoj je prikazan blok PID regulatora može se vidjeti da se u ovom eksperimentu koristi analogni ulaz i digitalni izlaz PID regulatora [7].

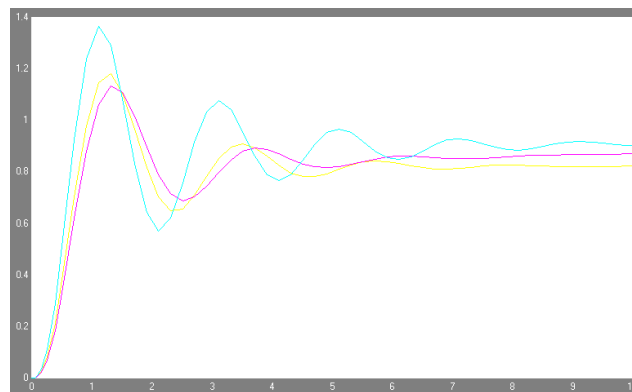


Slika 3. Podešeni parametri PID regulatora u programskom paketu Step 7 Basic dobivenih na osnovu Chien-Hrones-Reswick pravila

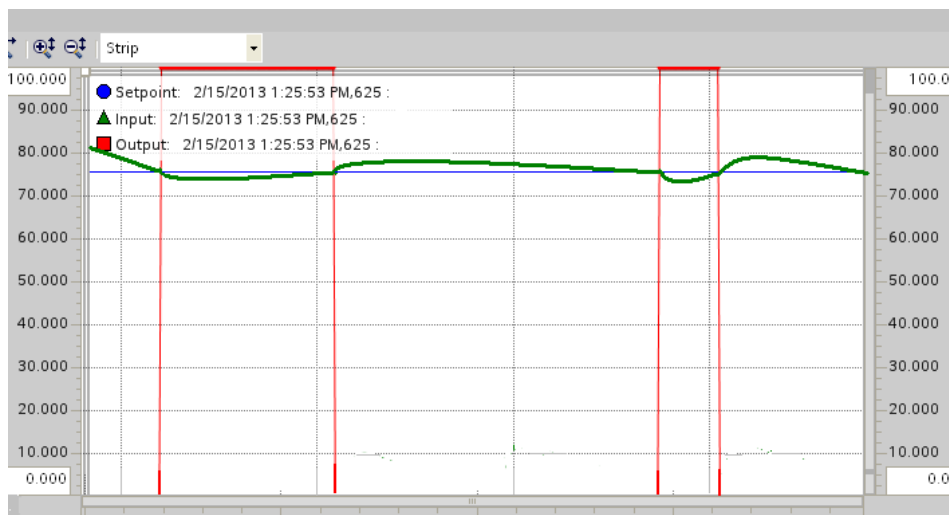


Slika 4. Podešavanje ulaznih i izlaznih parametara PID regulatora

## 3. ANALIZA REZULTATA



Slika 5. Odzivi P, PI i PID regulatora za podešavanje CHR metodom



Slika 6. Grafički prikaz ulaza i izlaza PID regulatora

Na slici 5. prikazani su odzivi sistema na step funkciju. Ovi odzivi su dobiveni na temelju simulink modela prikazanog na slici 1. Ljubičastom bojom je označen odziv s P regulatorom, žutom s PI i plavom s PID regulatorom. Iz eksperimenta se dobije da je R u granicama  $3 < R < 7,5$ , što se na temelju tabele 1. može zaključiti da će se koristiti PID regulator.

Na slici 6. prikazan je ulaz PID regulatora, tj. temperatura je prikazana zelenom bojom, izlaz crvenom, a plavom je označen setpoint. Iz dijagrama se može vidjeti kada temperatura dostigne vrijednost  $75^{\circ}\text{C}$ , izlaz poprima vrijednost logičke 0. Kada temperatura padne ispod vrijednosti setpointa, izlaz prelazi u stanje logičke 1, tj. ide na maksimalnu vrijednost (100%) i tada se uključuje grijač. Na slici 6. vidimo da temperatura nastavlja rasti i preko vrijednosti setpointa, iako je grijač isključen [8]. Taj preskok nije velik i događa se zbog toga jer grijač određeno vrijeme emitira toplinu iako je isključen s napajanja

#### 4. ZAKLJUČAK

Iz provedenog eksperimenta vidi se da Chien-Hrones-Reswick pravila za određivanje parametara PID regulatora daju dobre rezultate što se tiče praćenja referentne vrijednosti. Tako dobiveni parametri su testirani u simulink modelu. Na temelju odziva zaključuje se da je praćenje dobro i da se tako dobiveni parametri mogu upotrijebiti za podešavanje PID regulatora u programskom paketu Step 7 Basic. Na osnovu konačnih dijagrama u programu Step 7 Basic zaključuje se da je praćenje referentne temperature dosta dobro. Na ovaj način može se pratiti i brzina, sila, tlak itd.

#### 5. LITERATURA

[1] Dorf R.C., Bishop R.H., Modern Control Systems, USA, Addison-Wesley.

[2] Krnjača H Parametriranje PID regulatora u sustavu regulacije temperature-diplomski rad, Split FESB 2008  
 [3] Kukulj D. Bengin V. Kulić F. Osnovi klasične teorije automatskog upravljanja kroz rešene probleme, Novi Sad, FNT.

[4] Milić S. Kontinualni sistemi automatskog upravljanja, Beograd, Nauka.

[5] Šurina T. Automatska regulacija, Zagreb, Školska knjiga, 1991.

[6] Vukić Z. Kuljača Lj. Automatsko upravljanje-analiza linearnih sustava, Zagreb, Kiegen, 2004.

[7] Službene stranice Siemens, Software and Hardware reference v3.5 [e-book], Dostupno na: [www.siemens.com](http://www.siemens.com)

[8] Williams C. D. H. Feedback and temperature control, [e-book], Dostupno na: [www.newton.ex.ac.uk](http://www.newton.ex.ac.uk), 2008

#### Kontakt autora:

**Muhamed Pašić, mr. el.**

Cimos d.o.o Srebrenica

Muhamed.pasic@timos.eu