

## REGULACIJA TEMPERATURE VODE U KADI ZA PRANJE MASNIH DIJELOVA

## TEMPERATURE REGULATION IN THE BATH WATER TO WASH FATTY PARTS

Muhamed Pašić

Stručni članak

**Sažetak:** U ovom radu Chien-Hrones-Reswick pravila biti će korištena za podešavanje parametara PID regulatora, pošto ovo pravilo za podešavanje parametara PID regulatora daje najbolje rezultate za proces praćenja. Zatim će u programskom paketu Matlab biti napravljen simulink model za eksperiment u kojem će se koristiti Chien-Hrones-Reswick pravila. Simulink model dati će odzive koji će biti prikazani. Parametri za PID regulator koji će biti dobiveni na osnovu ove metode, biti će parametri PID regulatora koji će biti programiran u programskom paketu Step 7 Basic. Tako dobiveni PID regulator će vršiti regulaciju temperature vode u kadi za pranje masnih dijelova na vrijednost od 75°C.

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

Professional paper

**Abstract:** In this paper the Chien-Hrones-Reswick rules will be used to adjust the PID regulator, because this rule of adjusting the parameters of PID controller gives the best results for process monitoring. Then the Matlab software package will be used to make a Simulink model for an experiment in which Chien-Hrones-Reswick rules will be used. This Simulink model will give responses that will be displayed. The parameters for the PID controller, which will be obtained on the basis of this method, will be PID controller parameters to be programmed into the software package Step 7 Basic. PID controller obtained in such matter will perform temperature control of water in the bathtub to wash the fatty portions at the temperature the value of 75 °C.

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

## 1. UVOD

Jedan od najčešćih tipova regulatora u automatizaciji procesa su PID (proporcionalno-integracijsko-derivacijski) regulatori, koji se, zajedno sa svojim podtipovima P, PI i PD, najčešće primjenjuju za upravljanje 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 čemu su:

$K_R$  - proporcionalno pojačanje regulatora,

$T_I$  - integracijska vremenska konstanta,

$T_D$  - derivacijska vremenska konstanta.

Kod PID regulatora upravljački signal se formira ovisno o trenutnoj vrijednosti pogreške (P-djelovanje), ovisno o tome kako se pogreška mijenjala u prošlosti (I-djelovanje) i ovisno o tome kakav je trenutni trend promjene pogreške (D-djelovanje).

PID regulatori izvedeni u analognoj tehnici rade s kontinuiranim veličinama pa se nazivaju kontinuiranim

ili analognim PID regulatorima. U današnje se vrijeme uglavnom primjenjuju digitalne izvedbe PID regulatora, koje se dobivaju diskretizacijom analognih PID regulatora. Ovisno o primijenjenom postupku diskretizacije razlikuje se više vrsta digitalnih PID regulatora, ali se uvijek nastoji da digitalni regulator oponaša analogni regulator. Digitalni regulator dobro će oponašati analogni regulator ako je vrijeme uzorkovanja dovoljno malo. Na taj se način iskustva stečena analognim regulatorom mogu iskoristiti pri radu s digitalnim regulatorom. Na tržištu su najzastupljeniji 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.

Cilj ovog rada je, dakle, odrediti parametre regulacijskog sustava za regulaciju temperature u kadi za pranje masnih komada. Navedeni proces može se opisati prijenosnom funkcijom prvog reda, kojom se opisuje veliki broj industrijskih procesa (2):

$$G_s(s) = K_s \frac{1}{1 + s\tau} e^{-T_t s} \quad (2)$$

pri čemu su:

$K_s$  – pojačanje procesa,

$\tau$  – vremenska konstanta procesa,

$T_t$  – transportno kašnjenje (mrtvo vrijeme).

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

## 2. ODREĐIVANJE PARAMETARA REGLACIJSKOG SISTEMA

Kao što je već navedeno, za podešavanje parametara PID regulatora koristit će se Chien-Hrones-Reswick pravila. Ova metoda za podešavanje parametara regulatora najviše se koristi kod problema praćenja referentne vrijednosti. Kao npr. praćenje temperature u nekom rezervoaru ili kod CNC strojeva gdje motor treba zauzeti određeni položaj. Chien, Hrones i Reswick, pored preporuka za parametre regulatora, daju i preporuke za izbor tipa regulatora koji je dobro koristiti ovisno o pokazatelju R (brzina reakcije) procesa, kao što je pokazano u tablici 1.

**Tablica 1.** 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 neperiodska.
- Željena prijelazna karakteristika zatvorenog kruga je oscilatorna sa preskokom 20%.

Ako se želi dobiti neperiodski odziv sistema, tada se parametri regulatora trebaju podesiti prema tablici 2.

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

Tip regulatora	K	$T_i$	$T_d$
P	$0,3R / K_p$	-	-
PI	$0,35R / K_p$	$1,2T_p$	-
PID	$0,6R / K_p$	$T_p$	$0,5\tau$

U ovom radu ćemo koristiti drugi slučaj tj. željena prijelazna karakteristika zatvorenog kruga je oscilatorna sa preskokom 20%. Najprije je potrebno naći R tj.

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

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

```
clear all
close all
clc
G=1/((s+1)*(s+2)*(s+5))
% Određivanje vremenske konstante i kašnjenja procesa(sistema)
% Tk=x(1)
% T=x(2)-x(1)
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:

```
0.1
Gp=exp(-0.3*s) *-----
```

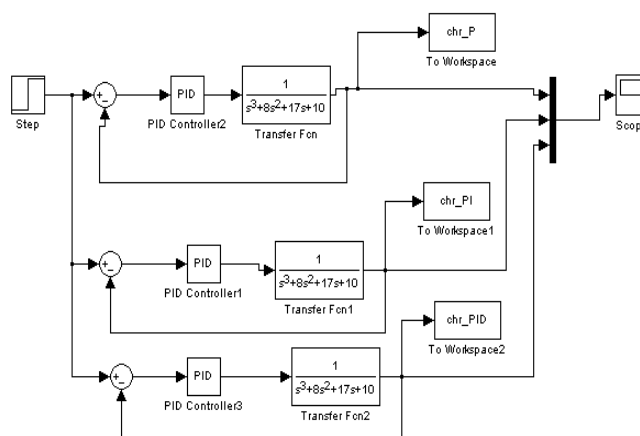
1.987 s + 1

R = 6.5816

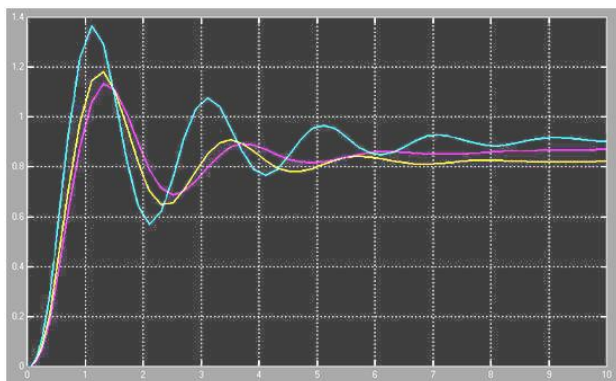
**Tablica 3.** Izračun parametara PID kontrolera pomoću Chien-Hrones-Reswick pravila

	Kp	Ti	Td
P	46.07155	Inf	0
PI	39.48990	.98700	0
PID	62.52567	2.68245	0.14189

U nastavku će biti pokazan simulink model gdje će biti podešeni parametri koji su prikazani u tablici 3.



**Slika 1.** Eksperiment izveden sa CHR metodom

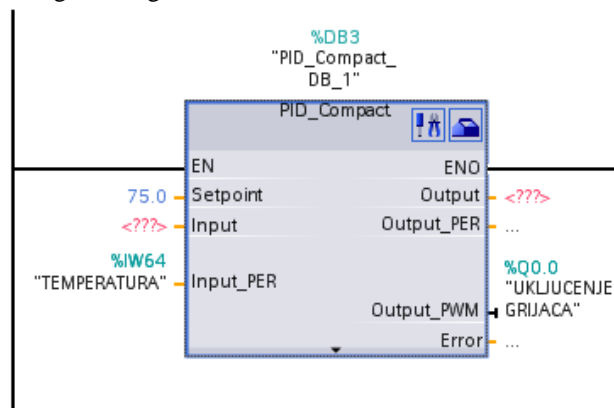


**Slika 2.** Odzivi P, PI i PID regulatora za podešavanje CHR metodom

### 3. PROGRAMIRANJE PID REGULATORA U PROGRAMSKOM PAKETU STEP7 BASIC

Na (slici 3) prikazan je blok PID regulatora sa odgovarajućim ulazima i izlazima. Na setpoint se unosi vrijednost koja treba regulirati PID regulator, u ovom slučaju je to temperatura od 75°C. Zatim input, ovaj ulaz se koristi ako koristimo neki signal iz programa, i treći ulaz koji je moguće koristiti kod PID regulatora je input\_PER. Na ovaj ulaz se dovodi analogni signal. U ovom primjeru 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, koristi se ako se izlazni signal koristi dalje u programu. Zatim tu je output\_PER, to je analogni izlaz, i treći je output\_PWM. Ovaj izlaz je tipa bool, znači može biti 1 ili 0, tj digitalni izlaz. U ovom radu će se koristiti ovaj treći koji će uključivati i isključivati grijač. Sa (slike 5) na kojoj su podešeni ulazni izlazni parametri PID regulatora, može se vidjeti da je ulaz PID regulatora analogni, a digitalni izlaz.



**Slika 3.** Blok PID regulatora u programu Step 7 Basic

Use manual PID parameter setting

Proportional gain: 62.52567

Integration time: 2.68245 s

Derivative time: 0.14189 s

Derivative filter coefficient: 0.0

Proportional weighting: 0.0

Derivative weighting: 0.0

Call cycle time: 1.0 s

**Slika 4.** Podešavanje parametara PID regulatora u programskom paketu Step 7 Basic dobijenih na osnovu Chien-Hrones-Reswik pravila

**Basic parameters**

**Controller type**

Temperature °C  Invert PID controller output

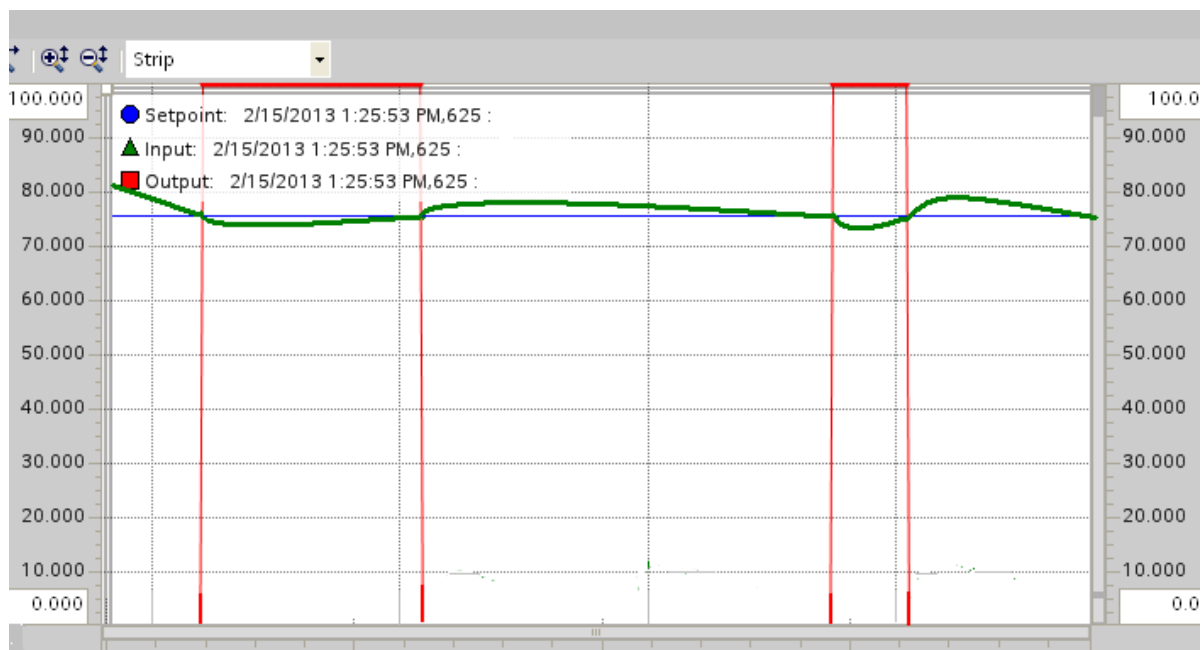
**Input/output parameters**

Setpoint: 75 °C

Input value: Input\_PER (analog) "TEMPERATURA"

Output value: Output\_PWM "UKLJUCENJE GRIJACA"

**Slika 5.** Podešavanje ulaznih i izlaznih parametara PID regulatora



Slika 6. Grafički prikaz ulaza i izlaza PID regulatora

Kao što se može vidjeti na (slici 6) ulaz PID regulatora tj. temperatura je zelena kriva, a izlaz crvena, plavom bojom je označen setpoint. Ono što se može vidjeti sa ovog dijagrama je to da kada temperatura dostigne vrijednost 75°C, izlaz poprima vrijednost logičke 0. A u trenutku kada temperatura padne ispod vrijednosti setpointa izlaz PID regulatora poprima vrijednost logičke 1, tj. ide na maksimalnu moguću vrijednost 100%, i tad se uključuje grijač. Ono što još treba zapaziti na (slici 6) je to da temperatura nastavlja rasti i preko setpointa iako je grijač isključen. Taj preskok nije veliki, i dešava se zbog toga što grijač određeni period emitira toplinu iako je isključen sa napajanja.

#### 4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio pokazati kako na osnovu Chien-Hrones-Reswick pravila odrediti parametre PID regulatora. Zatim određivanje funkcije prijenosa sistema prvog reda sa transportnim kašnjenjem, kojom se može opisati industrijski proces u kojem se koristi ovako podešeni PID regulator. I na osnovu tako dobivenih parametara podesiti PID regulator u programskom paketu Step 7 Basic koji će regulirati temperaturu vode u kadi za pranje masnih komada. Nakon izračunatih parametara u Matlabu napravljen je simulink model koji je dao odziv sistema na step ulaz, i može se vidjeti da se sa ovim parametrima može dobiti dobro praćenje referentne vrijednosti. Zatim je programiran PID regulator u programu Step 7 Basic, gdje su podešeni parametri regulatora dobijeni Chien-Hrones-Reswick pravilom. I na kraju je prikazan odziv sistema sa ovako podešenim PID regulatorom, sa kojeg se može vidjeti da je praćenje referentne vrijednosti tj. temperature zadovoljavajuće.

#### 5. LITERATURA

- [1] Dorf, R.C.; Bishop, R.H.: Modern Control Systems, USA, Addison-Wesley.
- [2] Kovačević, B.; Đurović, Z.: Sistemi automatskog upravljanja - zbornik rešenih zadataka, Beograd, Nauka.
- [3] Krnjača, H.: Parametriranje PID regulatora u sustavu regulacije temperature-diplomski rad, Split, FESB, 2008.
- [4] Kukolj, D.; Kulić, F.: Projektovanje sistema u prostoru stanja, Novi Sad, FTN.
- [5] Kukolj, D.; Bengin, V.; Kulić, F.: Osnovi klasične teorije automatskog upravljanja kroz rešene probleme, Novi Sad, FTN.
- [6] Milić, S.: Kontinualni sistemi automatskog upravljanja, Beograd, Nauka.
- [7] Šurina, T.: Automatska regulacija, Zagreb, Školska knjiga, 1991.
- [8] Unbehauen, H.: Regelungstechnik I, GWV Fachverlage GmbH, 2007.
- [9] Vukić Z., Kuljača Lj., 2004, Automatsko upravljanje – analiza linearnih sustava, Zagreb, Kiegn.
- [10] Williams, C. D. H.: Feedback and temperature control, [ebook], Dostupno na: <http://newton.ex.ac.uk/teaching/CDHW/Feedback/> 2008.
- [11] Službene stranice Siemens, Software and Hardware reference v. 3.5, [ebook], Dostupno na: <http://www.siemens.com>

#### Kontakt autora:

**Muhamed Pašić, mr.**  
Cimos d.o.o Srebrenica  
[muhamed.pasic@cimos.eu](mailto:muhamed.pasic@cimos.eu)