



ŠOLSKI CENTER CELJE  
SREDNJA ŠOLA ZA ELEKTROTEHNIKO IN KEMIJO

# **KASKADNA REGULACIJA TEMPERATURE**

(Raziskovalna naloga)

Mentor:

Gregor Kramer

Avtorja:

Gregor Meterc

Aleksander Žibret

Celje, marec 2008

## KAZALO VSEBINE

POVZETEK .....	3
1 UVOD .....	4
2 KAJ JE REGULACIJA? .....	5
3 IZDELAVA SISTEMA.....	5
3.1 Načrtovanje sistema .....	5
3.2 Sestavni deli sistema .....	6
3.2.1 Posoda .....	6
3.2.2 Črpalka .....	7
3.2.3 Toplotni izmenjevalnik .....	7
3.2.4 Regulator .....	8
3.2.5 Frekvenčni pretvornik .....	9
3.2.6 Regulator OMRON E5CN .....	9
3.2.7 Črpalka za mešanje sekundarne vode.....	10
4 REZULTATI.....	11
5 ZAKLJUČEK.....	14
6 VIRI IN LITERATURA .....	15

## KAZALO SLIK

Slika 1: Prerez profila.....	6
Slika 2: Načrt sistema.....	6
Slika 3: Posoda .....	6
Slika 4: Črpalka.....	7
Slika 5: Toplotni izmenjevalec.....	7
Slika 7: Funkcijske tipke regulatorja.....	8
Slika 8: Frekvenčni pretvornik .....	9
Slika 9: Regulator temperature v inox posodi .....	9
Slika 10: Črpalka za mešanje vode v sekundarnem delu .....	10

## **KAZALO GRAFOV**

Graf 1: Rast temperature vode pri 10 Hz vrtenja črpalke .....	11
Graf 2: Rast temperature vode pri 50 Hz vrtenja črpalke .....	12
Graf 3: Segrevanje vode z regulacijo .....	13

## **POVZETEK**

V raziskovalni nalogi smo vam želeli predstaviti delovanje kaskadne regulacije temperature. Ob opisu izdelave smo vam za lažjo predstavo dodali tudi fotografije posameznih delov sistema. Naš sistem je sestavljen iz energetskega in strojnega dela. Na koncu smo posneli karakteristiko našega sistema.

# 1 UVOD

Namen raziskovalne naloge je bil spoznati in raziskati takšen regulacijski sistem pri katerem je za optimalno doseganje želene vrednosti potrebno uporabiti več kot le eno regulacijsko zanko. Postavili smo si cilj, da bomo v ta namen izdelali preprost toplotni izmenjevalnik v katerem želimo segreti vodo na  $T$  stopinj Celzija in to temperaturo tudi vzdrževati. V praksi spodobne sisteme uporabljamo v sistemih ogrevanja.

## **2 KAJ JE REGULACIJA?**

Regulacija je povratno zančno vodenje procesa, pri katerem vplivamo na proces tako, da se veličine, ki jih reguliramo, čim bolj ujemajo z želenimi (referenčnimi) veličinami ne glede na motnje, katerim je regulacijski sistem podvržen. Regulacijske sisteme delimo na:

### a) Eno zančna

Pri regulaciji želimo na proces vplivati tako, da dosežemo želeno vrednost regulirane veličine. To storimo tako, da uporabimo povratno zanko s katero v regulator pripeljemo izmerjeno vrednost regulirane veličine. Nato izmerjeno vrednost primerjamo z želeno vrednostjo in glede na velikost napake tvorimo ustrezen izhod regulatorja, ki vpliva na proces.

### b) Več zančna

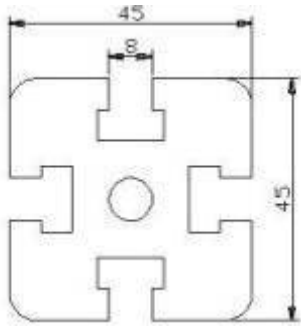
Delovanje kaskadne regulacije: kaskadna regulacija predstavlja eno izmed najpogosteje uporabljenih regulacij. Temelji na uvedbi pomožne regulirane veličine. Razen prave regulirane veličine merimo še neko pomožno in uporabimo dva regulatorja, ki sta vezana v kaskado. Prvi regulator ima nastavljivo referenco, njegov izhod pa ne predstavlja regulirne veličine, temveč je to referenčni vhod v drugi pomožni regulator, ki nima nastavljive reference in na svojem izhodu daje regulirno veličino. Tako ob dejstvu, da moramo imeti dve merilni mesti, dobimo glavno (zunanjo) in pomožno (notranjo) zanko, ki pomenita izboljšanje kvalitetne regulacije glede na eno zančno regulacijo.

Za izdelavo smo najprej izdelali osnutek našega sistema. Naš sistem bo reguliral temperaturo vode. V osnutku pa smo predpostavili, da bo primarni krog predstavljal 25l posodo z dvema grelcema moči 2kW, črpalke in toplotnega izmenjevalca. Sekundarni del pa 50l posodo v kateri je toplotni izmenjevalec primarnega kroga.

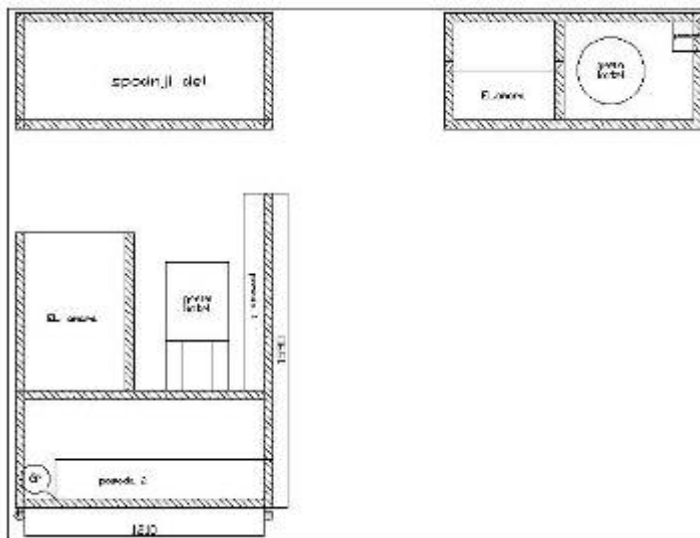
## **3 IZDELAVA SISTEMA**

### **3.1 Načrtovanje sistema**

Odločili smo se, da bomo toplotni izmenjevalnik in vse potrebne elemente v procesu namestili na voziček. Načrt celotnega sistema smo narisali v AutoCAD-u. S pomočjo načrta smo predvideli potreben material. Za ohišje vozička smo uporabili aluminijaste profile, ki jih prikazuje slika 1. Slika 2 pa prikazuje naš sistem v celoti. Elementi sistema so prikazani in opisani v poglavju 4.2.



Slika 1: Prerez profila



Slika 2: Načrt sistema

## 3.2 Sestavni deli sistema

### 3.2.1 Posoda



Slika 3: Posoda

Inox cisterna prostornine 25 l v katero smo vgradili dva grelca.

### 3.2.2 Črpalka



Slika 4: Črpalka

3 fazna črpalka moč

Moč: 1.1kW

Napetost: 400V

### 3.2.3 Toplotni izmenjevalnik



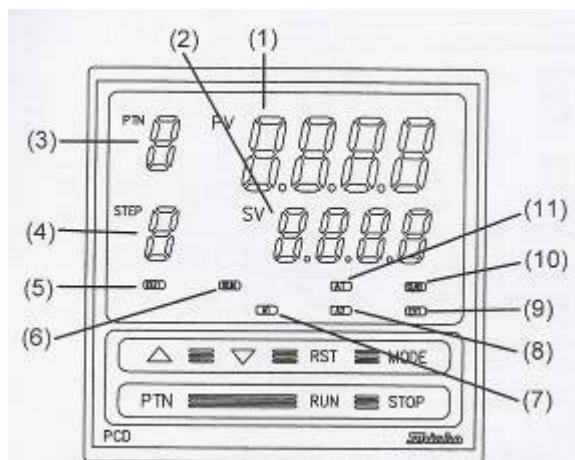
Slika 5: Toplotni izmenjevalec

Toplotni izmenjevalnik je sestavljen z bakrenih cevi ki imajo skupno dolžino približno 11m, in posode prostornine 150 l.

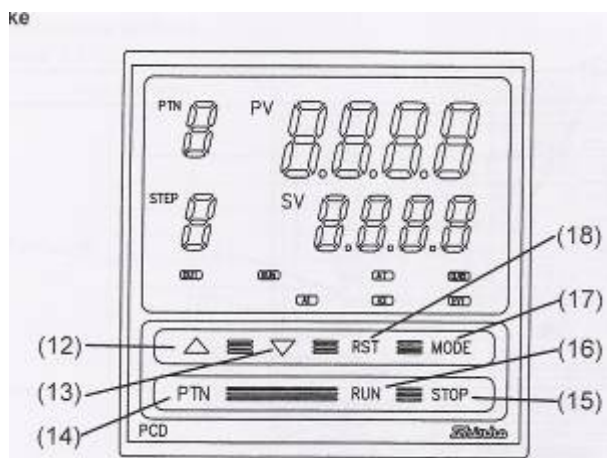


### 3.2.4 Regulator

Za reguliranje temperature v toplotnem izmenjevalniku smo uporabili regulator SHINKO PCD-33A-A/M.



Slika 6: Funkcijske tipke regulatorja



Slika 7: Funkcijske tipke regulatorja

1. PV indikator- prikazuje dejansko vrednost v rdeči barvi.
2. SV indikator- prikazuje nastavljeno vrednost v zeleni barvi.
3. PTN indikator -prikazuje številko predloge v zeleni barvi.
4. STEP indikator- prikazuje številko koraka v zeleni barvi.
5. OUT indikator -prikaže se ko je vklopljena funkcija za delovanje izhoda v zeleni barvi.
6. RUN indikator- prikazan je ob delovanju programa v rdeči barvi.
7. A1 indikator-prikazuje ko je izhod alarm 1 delujoč.
8. A2 indikator- prikazan je ko je izhod alarm 2 delujoč.
9. EVT indikator-prikaže se ko je vklopljen eden od izbranih izhodnih tipov v rdeči barvi.
10. TX/RX utripa med prenosom podatkov preko serijske komunikacije.
11. AT indikator-utripa med samodejnim naravnjanjem (out-tuning).
12. (TIPKA + ) poveča numerično vrednost na SV indikatorju.
13. (TIPKA - ) zmanjša numerično vrednost na SV indikatorju.
14. (PTN) izbira številke programske predloge.
15. (STOP) vstavi program.
16. (RUN) zažene program.
17. (MODE) preklop na naslednjo nastavitvev.
18. (RST) omogoči izhod iz nastavitve in se vrne v programski način.

Na regulator smo za tipalo temperature priključili termoelement tipa NiCr-Ni (K). Izhod regulatorja je tokovni 4 do 20mA.

### 3.2.5 Frekvenčni pretvornik



**Slika 8: Frekvenčni pretvornik**

Za regulacijo pretoka črpalke v našem sistemu smo uporabili Danfoss frekvenčni pretvornik.

Napetost: 400V

Priključna moč: 2.4 kW

### 3.2.6 Regulator OMRON E5CN



**Slika 9: Regulator temperature v inox posodi**

Regulator je namenjen regulaciji temperature v posodi. Kot vhodno tipalo nam služi termoelement tipa NiCr-Ni (K). Izhod regulatorja je relejski.

### 3.2.7 Črpalka za mešanje sekundarne vode

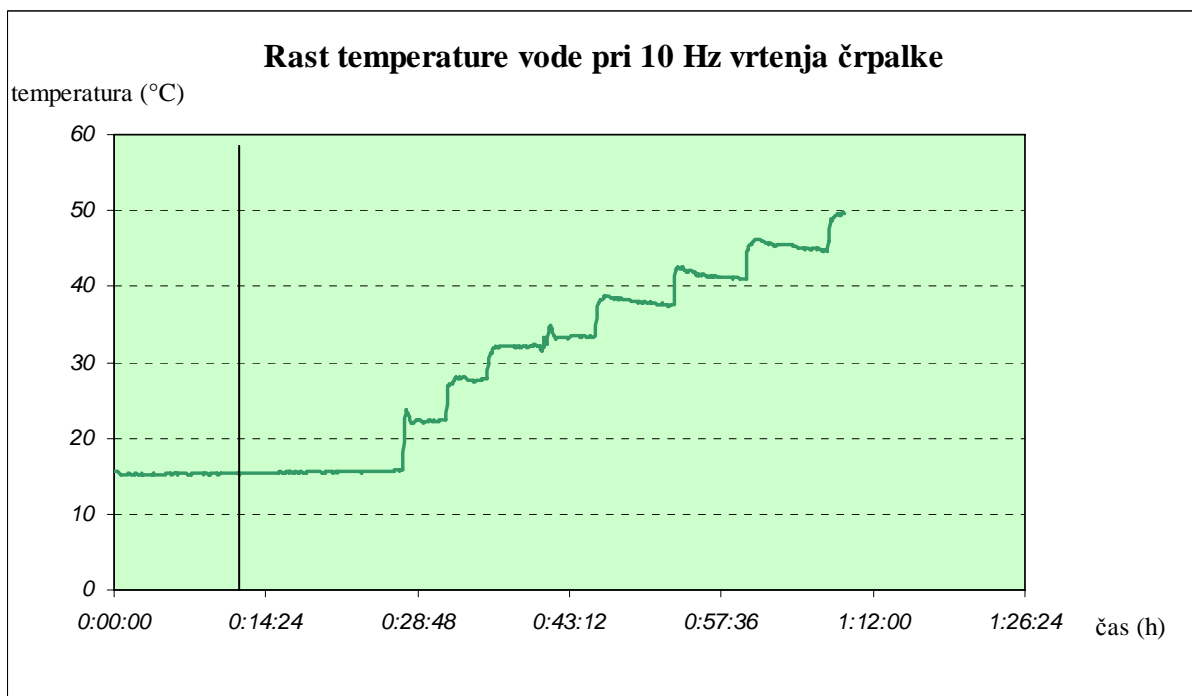


**Slika 10: Črpalka za mešanje vode v sekundarnem delu**

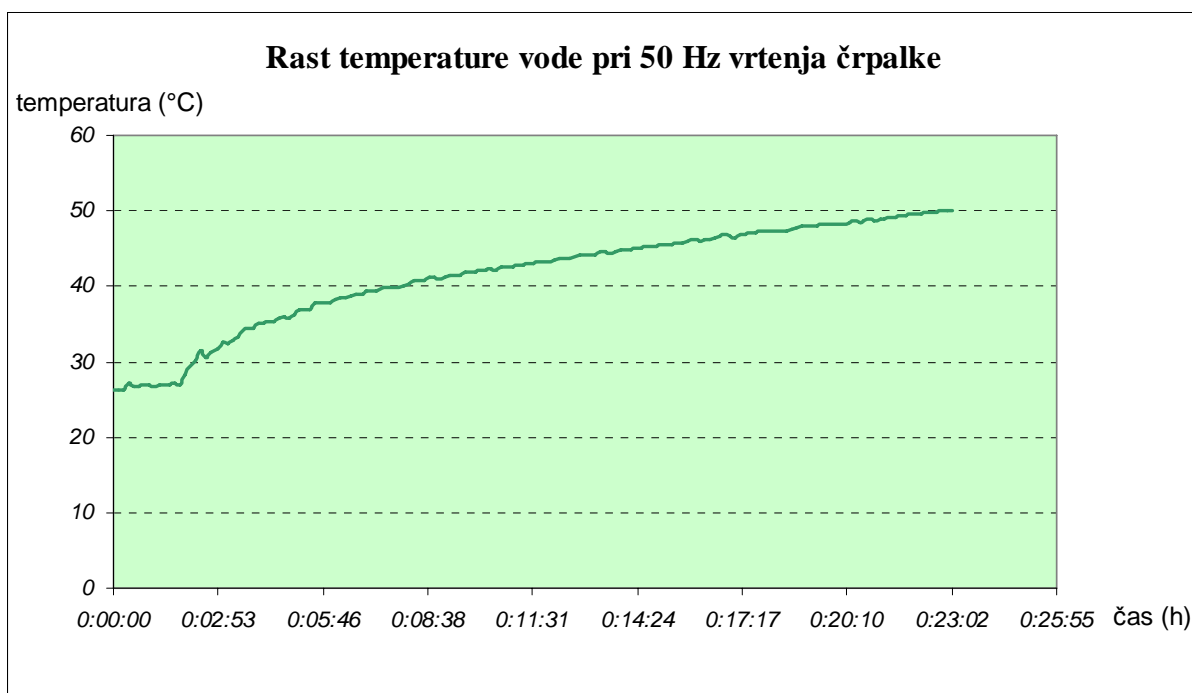
Vodna črpalka, ki jo poganja vrtalni stroj. Črpalka ima pretok od 6 do 10 l/min

## 4 REZULTATI

Vodo v posodi smo najprej segreti na 65°C. Tu smo za regulacijo temperature uporabili možnost samodejnega nastavljanja parametrov PID regulatorja (autotuning) in tudi možnost njihovega samodejnega prilagajanja (selftuning). To vodo smo s črpalko pri dveh različnih frekvencah pognali skozi toplotni izmenjevalnik v katerem smo želeli doseči temperaturo 50°C. Rezultat pri frekvenci 10 Hz prikazuje graf 1, kjer so vidni skoki temperature zaradi neenakomernega segrevanja. V grafu 2 pa je bila uporabljena frekvenca 50 Hz, segrevanje pa je bilo enakomerno kar smo dosegli z dodatno črpalko, ki je omogočala kroženje vode v toplotnem izmenjevalniku.

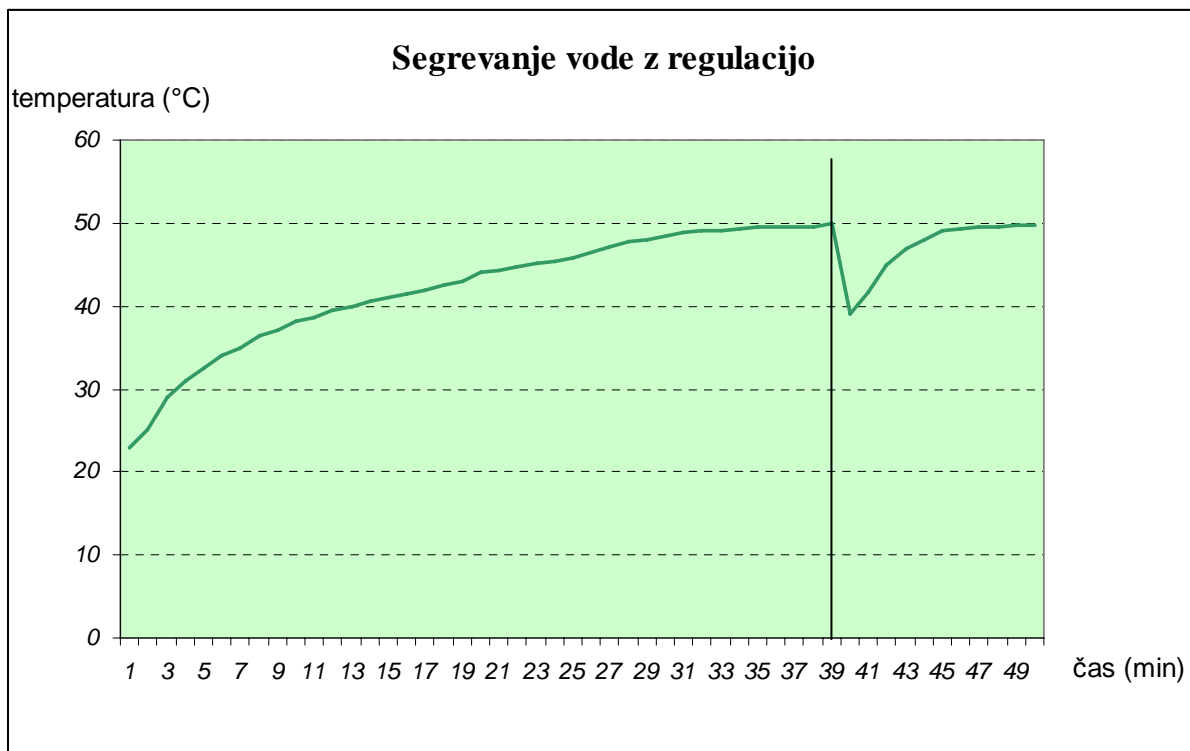


**Graf 1: Rast temperature vode pri 10 Hz vrtenja črpalke**



**Graf 2: Rast temperature vode pri 50 Hz vrtenja črpalke**

Iz zgornjih rezultatov vidimo, da se voda v toplotnem izmenjevalniku pri 10Hz segreje v 1 uri, pri 50Hz pa v 23 minutah. V nadaljevanju smo naredili regulacijo celotnega sistema. Kot glavni regulator kaskadne regulacije smo uporabili digitalni regulator SCHINKO v katerem smo nastavili želeno vrednost na 50 °C. Pomožni regulator nam regulira pretok vode v ceveh izmenjevalnika, za kar smo uporabili frekvenčni pretvornik, kjer meritev pretoka ni potrebna. Oba regulatorja smo uporabili kot proporcionalna. Proporcionalno območje glavnega regulatorja je bilo 10°C, njegov izhod pa 4 do 20mA. S tem izhodom smo nastavljali frekvenco frekvenčnega pretvornika, kjer je 4mA enako 0Hz, 20mA pa 50Hz. V grafu 3 je videti potek regulacije na želeno vrednost 50°C in vpliv motnje. Iz sistema smo odvzeli 20 l vroče vode in ji dodali toliko mrzle vode. Voda se je zato ohladila na 39°C. opazovali smo kako in v kolikšnem času je sistem spet dosegel želeno rednost. Želena vrednost je bila dosežena v 10 minutah.



**Graf 3: Segrevanje vode z regulacijo**

## **5 ZAKLJUČEK**

Pri segrevanju vode v toplotnem izmenjevalniku se je pojavil problem neenakomernega segrevanja, kar smo rešili z manjšo črpalko, ki nam je mešala vodo. Rezultat regulacije je potrdil naša pričakovanja. Vsekakor pa je sistem potrebno v nadaljevanju dodatno optimirati in prilagoditi potrebam porabe vode.

## 6 VIRI IN LITERATURA

- Karba Richard: *Gradniki sistema vodenja*
- M. Atanasijevič-Kunc, M. Bizjak, D. Čuk in ostali (1998): *Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov*. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.