

# REKONSTRUKCIJA LINIJE ZA FINO IZVLA^ENJE @ICE FAS 16 I LINIJE ZA POU@AVANJE ^ETVORKI SETIC

Linije za fino izvla~enje `ice u Fabrici kablova Zaje~ar stare su preko 25 godina i, usled starosti, pojavili su se u~estali kvarovi. Kako pogon za izvla~enje `ice nema odgovaraju}u pogonsku spremnost, gotovo uvek je jedna od linija u kvaru.

■ Linija za fino izvla~enje `ice ima dva pogona: glavni vu-ni pogon i pogon namotavanja `ice. Postoje}i pogon namotavanja `ice je sa asinhronim motorom i spojnicom, gde se naponom na spojnici reguli{e brzina namotavanja, dok je brzina obrtanja pogonskog motora konstantna.

■ Realizacija je izvr{ena pomo}u mikrokontrolera PIC 16F873 (slika 3) koji ima: petokanalni multipleks A/D 10-bitni konvertor, dva PWM izlaza sa 10-bitnom rezolucijom koji su iskori{teni za analogne izlaze, tj. za D/A konverziju.

■ Softver je ra|en u assembleru. Celokupna matematika je dvo bjtna, odnosno, ograni~ena je na 10 bita, zbog 10-bitne rezolucije A/D i D/A konvertora.

Praksa je pokazala da se kvarovi naj~e}e javljaju u elektronici za kontrolu brzine namotavanja `ice. Zbog toga se u rekonstrukciji ma{ine krenulo upravo od pogona za namotavanje `ice.

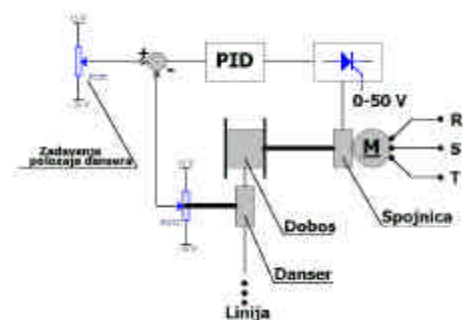
## 1. OPIS PRETHODNOG STANJA

Linija za fino izvla~enje `ice ima dva pogona: glavni vu-ni pogon i pogon namotavanja `ice. Postoje}i pogon namotavanja `ice je sa asinhronim motorom i spojnicom, gde se naponom na spojnici reguli{e brzina namotavanja, dok je brzina obrtanja pogonskog motora konstantna. Na slici 1 je prikazana principijelna {ema regulisanja brzine namotavanja `ice. Spojnicom namata~a upravlja "danser" ~ija je uloga da u toku namotavanja uskla|uje brzinu namotavanja sa brzinom linije, reguli{u}i napon spojnice. Kako se u toku namotavanja puni dobo{ sa `icom, dolazi do pove}anja pre~nika namotavanja, pa s obzirom da je brzina izvla~enja (linijska brzina) konstantna, "danser" mora smanjivati brzinu namotavanja, smanjivanjem napona spojnice. Veza izme|u linijske brzine (V) i brzine namotavanja (w) je data izrazom:

$$w = \frac{V}{r} \quad (1)$$

gde je r - polupre~nik namotavanja.

Sa slike se vidi da se regulacija brzine namotavanja prakti~no izvodi regulisanjem polo`aja "dansera", odnosno or`avanjem "dansera" u `eljenom polo`aju. "Danser" zapravo predstavlja akumulator odre|ene koli~ine `ice. Kako je prethodno opisano, u toku namotavanja `ice dolazi do porasta pre~nika namotavanja, pa ako se ne smanji brzina namotavanja koli~ina `ice koja se



Slika 1. Principijelna {ema regulisanja brzine namotavanja `ice

namota je ve}a od koli~ine koja nailazi. Kao posledica toga javlja se ve}a potro{nja akumulirane `ice u "danseru" i on ide ka gornjem polo`aju. Usled toga se javlja gre{ka polo`aja "dansera" koja ulazi u PID regulator koji smanjuje napon na spojnici. Time se smanjuje brzina namotavanja `ice i "danser" se vra}a u neutralni polo`aj. U realnom pogonu "danser" sporo osciluje, sa u~estano}u reda herca, po ~emu je i dobio naziv. Informacija o polo`aju dasera dobija se sa potenciometra koji je mehani~ki spregnut sa "Danserom".

Kao {to je u uvodu re~eno, postoje}a elektronika kojom je realizovano opisano re{enje stara je preko 25 godina, ura|ena je u analognoj tehnici i stvara dosta problema u radu. Zbog veoma ~estih kvarova moralo se pristupiti njenoj kompletnoj izmeni i nala`enju novih re{enja kojima bi ovi problemi bili prevazi|eni.

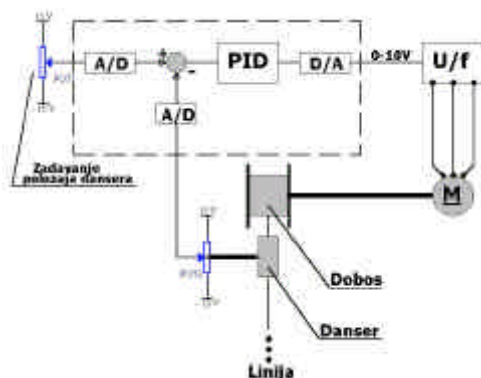
## 2. OPIS NOVOG IDEJNOG RE{ENJA

Jedno od prvih pitanja koje se logi~no name}e pri rekonstrukciji pogona namotavanja je izbor tipa pogona kojim

treba zameniti postojei pogon. Na veini linija za namotavanje /odmatanje primenjen je pogon sa motorima jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom (MJSNP), pa je jedna od prvih ideja koja se javila bila primena ovakvih pogona. Kako se radi o regulaciji poloaja, na regulator brzine obrtaja MJSNP treba dodati i PID regulator poloaja. U Fabrici kablova Zaje-ar je odavno razvijen regulator brzine obrtanja MJSNP sa PID ulazom za danser, tako da realizacija pogona na prethodno opisani na-in ne bi predstavljala problem. Me|utim, nekoliko je razloga za{to se odustalo od ovakvog re{enja. Najpre, kod opisanog pogona je za regulaciju poloaja neophodno imati informacije o brzini (tahogenerator ili enkoder) i struji (strujni transformatori ili strujni senzori) {to }e dodatno uticati i na cenu realizacije. Dalje, motor jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom je skuplji u pore|enju sa asinhronim motorima i daleko je tei za odravanje (-etkice) u datim uslovima rada. I na kraju, radi se o pogonu male snage (oko 1.5 kW).

Iz opisanih razloga, kao idejno re{enje, razmatrana je primena pogona sa asinhronim motorom, gde bi, umesto postojee spojnice, regulacija bila ostvorena napajanjem motora pomo}u U/f invertora (slika 2). Ovakvo re{enje omogu}avalo je da se zadr{i isti princip kao i kod prethodnog. Kod izbora regulatora zna-ajan faktor bila je cena regulatora. Da cena primenjenog re{enja ne bi bila previsoka odlu-eno je da se odabere neki jeftiniji regulator, ali oni, po pravilu, nisu posedovali PID regulacioni blok, pa je odlu-eno da se on razvije primenom PIC mikrokontrolera. Bez obzira {to postoje mnoga analogna re{enja, ovakav izbor bio je opravdan i iz razloga {to u pogonu postoji 14 ekvivalentnih ma{ina. U tom smislu, dovoljno je bilo na jednoj naji optimalne parametre, a onda ih samo prepisati i kod ostalih 13. Sa druge strane, re{enja sa analognim kolima zna-ila bi probleme sa ofsetom i svaka ma{ina bi morala posebno da se pode{ava. Pored toga, zbog velikih mogu}nosti PIC kontrolera, pored pomenute aplikacije, on je u

**Slika 2.** Principijelna {ema regulisanja brzine namotavanja ica kod predlo`enog novog re{enja



perspektivi mogao biti iskori}en i za kontrolu i drugih procesa na liniji za izvlaenje, kao {to je na primer sistem za kontrolu `arenja (odpu{tanje mehani-kih napona koji nastaju pri izvla-enju). Ovakvo re{enje pru`ilo je neograni-ene mogu}nosti nadogradnje, pa se moglo o-ekivati i postojanje mogu}nosti da jedan PIC kontroler kontroli{e celokupnu liniju za izvlaenje.

### 3. PRAKTI^NA REALIZACIJA

Za prakti-nu realizaciju prethodno opisanog idejnog re{enja odabran je U/f invertor Allen Bradley 2.2 kW sa analognim komadnim naponom 0-10V. Ovo je jeftin a dobar frekventni regulator, koji u svojoj kontrolnoj elektronici nema PID regulacioni blok. Za upravlja-ki signal U/f invertora kori}en je analogni izlaz iz digitalnog PID regulatora.

Realizacija je izvr{ena pomo}u mikrokontrolera PIC 16F873 (slika 3) koji ima: petokanalni multipleks A/D 10-bitni konvertor, dva PWM izlaza sa 10-bitnom rezolucijom koji su iskori}eni za analogne izlaze, tj. za D/A konverziju. Naime, `eljeni izlazni napon (iz digitalnog PID-a je 10-bitni broj) srazmeran je {irini impulsa u PWM signalu, a kontinualni analogni signal se dobija filtriranjem ovog signala.

Pored toga mikrokontroler poseduje i 4 K programske FLASH memorije, RAM od 368 bajta i EEPROM od 356 bajta za pam}enje ulaznih parametara. Tako|e i tri tajmera, modul za serijsku komunikaciju kao i druge hardverske mogu}nosti.

Pri softverskoj realizaciji PID regulacionog bloka po{l}o se od poznatog zakona upravljanja kojim se realizuje jednostavan redni analogni PID regulator:

$$u(t) = K \cdot \left\{ e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) \cdot dt + T_d \cdot \frac{de(t)}{dt} \right\} \quad (2)$$

Diskretizacijom ovog zakona, sa vremenom odabiranja T, dobija se diskretni zakon upravljanja:

$$u(k) = K \cdot \left\{ e(k) + \frac{T}{T_i} \sum_j^k e(j) + \frac{T_d}{T} [e(k) - e(k-1)] \right\} \quad (3)$$

Prethodna jedna-ina predstavlja nerekurzivni ili pozicioni digitalni PID zakon upravljanja.

Po{to dinamika sistema nije sa sigurno}u mogla da se predvidi softverski je omogu}ena promena periode odabiranja (T). Za promenu u-estanosti odabiranja (fs) odabran je opseg od 1 od 20 Hz.

Zbog nepoznavanja dinamike sistema, odnosno nepoznavanja uticaja poreme}aja kao {to su: pun-prazan dobo{, razli-ite brzine izvla-enja, razli-iti preseci `ice

kao i kvalitet bakra umesto zakona upravljanje datog izrazom (3) primenjen je sledeći zakon upravljanja:

$$u(k) = K_p \cdot e(k) + [I + K_i \cdot e(k)] + K_d \cdot [e(k) - e(k-1)] \quad (4)$$

gde je:

$$I = K_i \cdot \sum_{j=0}^{k-1} e(j)$$

$e(k)$  - greška u trenutku  $kT$

$K_p$  - konstanta koja izražava proporcionalni uticaj

$K_i$  - konstanta koja izražava integralni uticaj (udeo)

$K_d$  - konstanta koja izražava diferencijalni uticaj

Konstante  $T_i$  i  $T_d$  koje se javljaju u izrazu (3) računaju se na sledeći način:

$$T_i = \frac{T}{K_i} = \frac{1}{f_s \cdot K_i} \quad (5)$$

$$T_d = K_d \cdot T = \frac{K_d}{f_s} \quad (6)$$

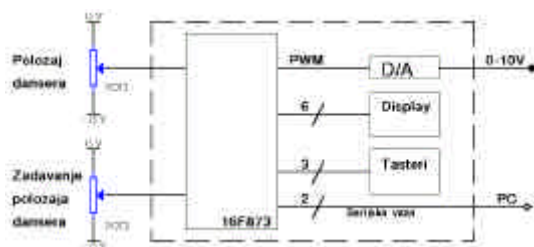
Pokazalo se i da je menjanje konstanti  $K_i$  i  $K_d$  umesto konstanti  $T_i$  i  $T_d$  softverski jednostavnije.

Ulazni parametri su  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  i  $f_s$ . Njihove vrednosti su u intervala od 0 do 1. Tako da su zbog lakše i brže matematike predstavljene u obliku  $a/255$ , gde je  $a \in (0, 255)$ .

### Ovo je tipičan DSP sistem (Digital Signal Processing).

Softver je račun u assembleru. Celokupna matematika je dvo bitna, odnosno ograničena je na 10 bita, zbog 10-bitne rezolucije A/D i D/A konvertora. Pošto je PWM modul hardverski realizovan, računatu vrednost izlaza iz PID-a se samo upiše u odgovarajuće registre PWM modula (CCP1CON, CCPR1L), a procesor sam generiše PWM signal.

Analizom brzine izvršavanja programa i praktičnom proverom došao sam do zaključka da je maksimalna učestalost odabiranja nešto preko 3 kHz, pri radnom taktu od 20 MHz. Ovo znači da ovaj PID može da kontroliše



Slika 3. [ema mikrokontrolerskog rešenja PID regulacionog bloka

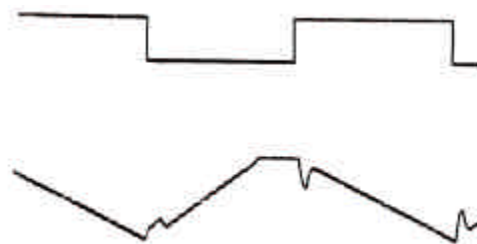
procesu do 1 kHz, što je više nego dovoljno za potrebe u industriji.

Podređavanje parametara PID-a i učestalosti odabiranja vrši se preko tri tastera i displeja (SMART LCD LM16X212), koji su povezani preko jednog konektora sa kontrolerom. Tako da se za podređavanje svih 14 kontrolera koristi samo jedan displej i tri tastera.

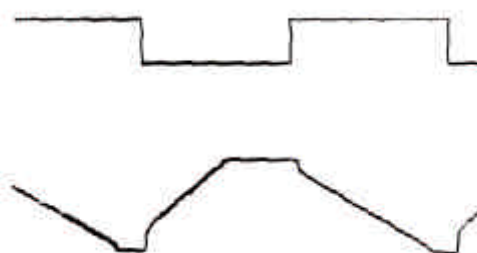
Posto postoji i serijska veza, nju sam takođe iskoristio, pa je moguće menjanje parametara i preko PC-a. Program za PC je urađen u programskom paketu "Delphi".

## 4. REZULTATI ISPITIVANJA

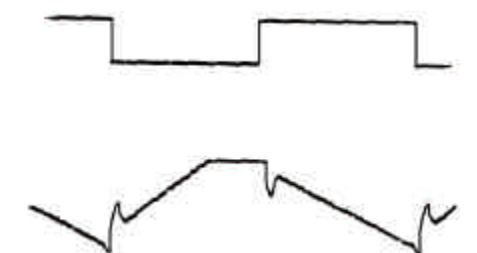
Nakon praktične realizacije prva ispitivanja obavljena su u laboratoriji. Najpre je testiran PID regulator u otvorenoj sprezi (raskinuta povratna veza), tako što su na ulaz dovođeni signali pravougaonog talasnog oblika (0 do 5 V) učestalosti 30 Hz. Referentni signal je softverski podešen na 2,5 V (511 binarno) i sniman je



Slika 4. Odziv regulatora pri:  $K_p=0$ ,  $K_i=35/256$ ,  $K_d=90/256$



Slika 5. Odziv regulatora pri:  $K_p=80/256$ ,  $K_i=40/256$ ,  $K_d=0$



Slika 6. Odziv regulatora pri:  $K_p=50/256$ ,  $K_i=35/256$ ,  $K_d=90/256$

odziv na osciloskopu. U-estanost odabiranja bila je pode{ena na 1000 Hz. Na slikama 4, 5 i 6 su prikazani odzivi regulatora snimljeni pri razli-itim vrednostima ulaznih parametara.

Pre pu{tanja sistema u pogon izvr{eno je i povezivanje realizovanog PID bloka sa U/f regulatorom i motorom i u laboratoriji je testirano pona{anje sistema PID- U/f regulator - asinhroni motor.

Provera u realnim pogonskim uslovima izvr{ena je na liniji SETIC. Umesto namata-a na njoj je kontrolisan odmata-. Ispitivanja su pokazala da je veoma brzo izvr{ena stabilizacija "dansera", i to pri slede}im vrednostima ulaznih parametara:

$K_p=40/255$ ,  $K_i=80/255$ ,  $K_d=20/255$  i  $f_s=4$  Hz.

### 5. ZAKLJU^AK

U radu je prikazano jedno tehni-ko re{enje primenjeno u Fabrici kablova Zaje-ar pri rekonstrukciji pogona za namotavanje `ice linije za fino izvla-enje `ice.

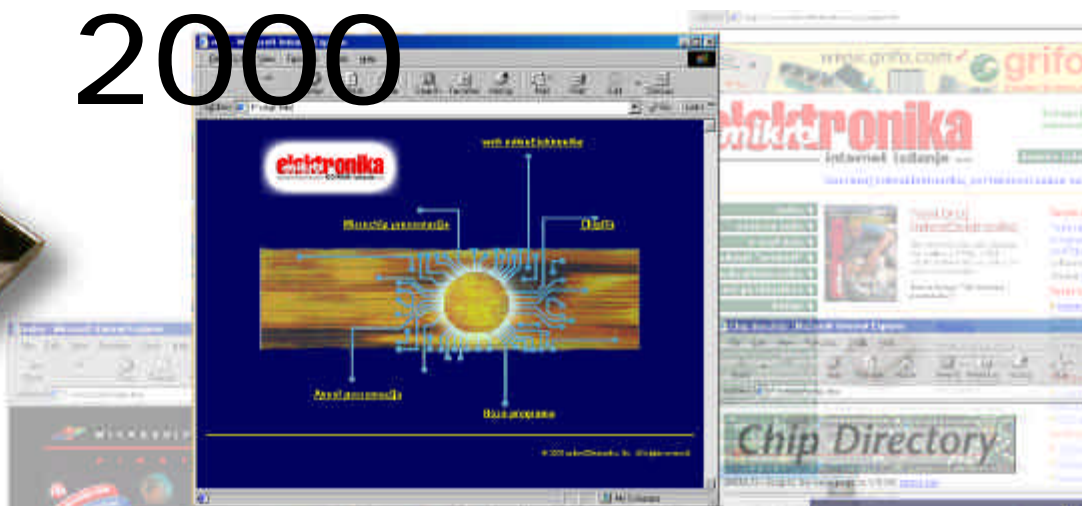
Izvr{enom rekonstrukcijom je pogon sa asinhronim motorom i spojnicom koja je slu`ila za regulaciju brzine namotavanja, zamenjen pogonom U/f inverter - asinhroni motor.

Iz ekonomskih razloga pri realizaciji je upotrebljen U/f inverter Allen Bradley 2,2 kW sa analognim komadnim naponom 0- 10V, a neophodna PID regulacija koju ovaj inverter ne poseduje realizovana je primenom PIC mikrokontrolera. Ispitivanja izvr{ena u laboratorijskim i pogonskim uslovima potvrdila su valjanost primenjenog re{enja i pokazala da je njegova primena mogu}a i na liniji za pou`avanje ~etvorki i telefonskih parica.

U periodu od ugradnje do danas (vi{e od 6 meseci) nije bilo primedbe na stabilnost pogona.

Za o-ekivati je da prikazano re{enje tako|e mo`e na}i primenu i u brojnim drugim aplikacijama, pa ~ak i u daleko slo`enijim sistemima, posebno iz razloga {to je opisana realizacija zahtevala kori{enje samo jednog dela mogu}nosti primenjenog mikrokontrolera. ☒

# CD 2000



## Teme koje su u{le na ovaj CD-ROM:

1. Kompletan sadr`aj sajta mikroElektronika sa svim tekstovima, magazina mikroElektronika i mikroElektronika projekti
2. Kompletan download programa sa sajta ....
3. Primeri i programi vezani za knjigu "PIC mikrokontroleri"
4. Kopija sajta Chip Dir sa obja{njenjima pinova skoro svih integralnih kola
5. Deo Microchip-ovog CD-ROM-a posve}en mikrokontrolerima sa kompletnim sadr`ajem kao {to su aplikacije, MPLAB itd...
6. Deo Atmel-ovog CD-ROM-a posve}en mikrokontrolerima...
7. Program Protel For Windows 98

i jo{ mnogo toga.....

## CD mo`ete naru~iti:

Preko formulara na sajtu Mikroelektronike: [www.mikroelektronika/html/cd.htm](http://www.mikroelektronika/html/cd.htm)  
Ili nas nazovite na telefone: 011/684-391, 684-919

Samo  
7 DM  
+ PTT