

**REALIZACIJA INDUSTRIJSKOG POGONA PRIMENOM STEP MOTORA****IMPLEMENTATION OF INDUSTRIAL DRIVE USING STEP MOTORS**Vladimir Omčikus, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad se bavi realizacijom upravljanja step motorima na primeru pogona za serijalizaciju (obeležavanje) kutija lekova. U teorijskom delu rada obrađeni su uopšteno step motori, način rada, podela i načini upravljanja. Pored toga obrađena je hardverska realizacija pogona sa akcentom na drajv koji se koristi u samom pogonu, njegovim načinima upravljanja i modovima rada. Praktični deo rada se bavi realizacijom same profibus komunikacije i realizacijom softverskog dela za upravljanje step pogonom.

**Ključne reči:** Step motori, Profibus, Upravljanje

**Abstract** – The topic of the paper is the realization of step motors control on the example of a plant for serialization (marking) of drug boxes. In the theoretical part of the paper, step motors, mode of operation, division and control methods are discussed in general. In addition, the hardware realization of the drive is processed, with an emphasis on the drive used in the drive and its control modes and operating modes. The practical part of the paper deals with the realization of profibus communication and the softvers realization for step drive management.

**Keywords:** Step motors, Profibus, Management

**1. UVOD**

Elektromotorni pogon (EMP) je elektromehanički sistem koji električnu energiju iz primarnog izvora na kontrolisan način pretvara u mehanički rad, i time služi za pokretanje opreme ili opterećenja.

Razlikujemo dve vrste elektromotornog pogona, to su: neregulisani i regulisani pogoni. Neregulisani EMP su pogoni kod kojih nije potrebno menjanje brzine ili stalno pokretanje i zaustavljanje kao što su pumpe, ventilatori i mlinovi. Regulisani elektromotorni pogon (REMP) je EMP u kome je moguće kontrolisati ostvaren moment, brzinu ili položaj motora. Step motori se uglavnom koriste kao regulisani elektromotorni pogoni. Kod regulisanog EMP-a sa step motorima razlikujemo dve vrste pogona: bez povratne sprege i sa povratnom spregom.

Tema rada jeste realizacija upravljanja step motorima na primeru pogona za obeležavanje i serijalizaciju kutija za lekove u farmaceutskoj industriji.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoltan Čorba, vanr. prof.**

Nakon uvodnog dela u drugom poglavlju obrađeni su uopšteno step motori, način rada, podela i načini upravljanja. U trećem poglavlju obrađena je hardverska realizacija samog pogona sa akcentom na drajv koji se koristi u pogonu, njegovim načinima upravljanja, modovima rada. Četvrto poglavlje se bavi realizacijom same profibus komunikacije i praktičnom realizacijom softverskog dela za upravljanje step pogonom.

**2. STEP MOTORI**

Step motor je "digitalna" verzija elektromotora. On je elektromehanički uređaj koji pretvara električne impulse u mehanički pomeraj, najčešće su rotacioni a ređe translatorni.

Široko prihvaćen step motor u poslednje dve decenije podstaknut je usponom digitalne elektronike. Savremena elektronika i primena drajvera sa mikrokontrolerima lako se prilagođavaju zahtevima koji su potrebni za rad ovakvih uređaja. Step motori su robusni i jeftini jer rotor ne sadrži namotane klizne prstenove ili komutator. Rotor je cilindrične čvrste građe, koji takođe može imati istaknute polove ili fine zube, vrlo je često permanentni magnet.

Pogodni su za aplikacije gde su potrebna kompaktna i robusna rešenja. Oni razvijaju maksimalni obrtni moment pri mirovanju što ih čini prirodno pogodnim za držanje položaja. Spoljna komutacija osigurava da je brzina savršeno konstantna čak i ako opterećenje varira.

Zahvaljujući odsustvu bilo kojih elektronskih komponenti, step motori rade tamo gde senzori ili merači položaja drugih vrsta motora pokazuju svoje nedostatke pri teškim uslovima rada, kao što su: visoke/niske temperature, vibracije, buka i prašina.

**2.1. Vrste step motora**

Zajednička karakteristika svih step motora je sekvencijalno pobuđivanje njihovih statorskih namotaja električnim impulsima, pri čemu korak motora zavisi od broja faza i polova statora, odnosno magnetnih osobina i broja polova rotora.

Prema izvedbi statorskog namotaja i načinu upravljanja, razlikujemo dve vrste:

- Unipolarni step motori,
- Bipolarni step motori.

Step motori se po načinu gradnje dele u tri osnovne kategorije:

- Step motori sa stalnim (permanentnim) magnetima,

- Hibridni step motori,
- Step motori sa promenljivom reluktansom.

### 3. REALIZACIJA STEP POGONA NA PRIMERU SISTEMA ZA SERIJALIZACIJU I OBELEŽAVANJE

Praktična tema rada je sistem za serijalizaciju i obeležavanje kutija za lekove u farmaceutskoj industriji, tačnije samo deo koji se odnosi na step pogone, slika 1.

Glavne uređaje sistema čine: dve etiketirke koje služe za lepljenje sigurnosnih markica, štampač za štampanje jedinstvenih kodova, kamere za čitanje i proveru koda. Sistem je potpuno automatizovan, dovoljno je da operater na operatorskom panelu izabere kutiju, i na osnovu nje će se ceo sklop automatski pozicionirati. Ceo sistem poseduje dvanaest step motora, koji su umreženi profibus komunikacijom sa PLC-om. Kad operater izabere proizvod, gornji konvejer, konvejeri sa strane, pogon kamere, pogon etiketirke i pogon glave štampača će se postaviti u poziciju koja je optimalna za izabranu kutiju.



Slika 1. Sistem za serijalizaciju i obeležavanje u farmaceutskoj industriji

Putanja kutija je sledeća: Prvo se vrši obeležavanje, odnosno ispisivanje koda pomoću štampača, zatim kutija prolazi ispred kamere koja čita kod i smešta ga u bazu. Ukoliko je kod nečitljiv ili nije dobar, PLC šalje signal za odbacivanje ka duvaljci, koja se nalazi na samom izlazu. Posle kamere kutija prolazi pored dve etiketirke koje se nalaze sa obe strane kutije i vrše apliciranje sigurnosnih markica. Samo u slučaju da je kod verifikovan od strane kamere vrši se apliciranje sigurnosnim markicama. Nakon apliciranja vrši se provera pozicije i kvaliteta zalepljenosti markica pomoću dva optička senzora sa optičkim vlaknima. Kada markica nije aplicirana ili nije dobro zalepljena, kutija će biti odbačena. Ukoliko je kutija prošla sve provere ona dolazi do izlaznog konvejera.

#### 3.1. Drajv za step pogon

Step pogon sa slike 1, se sastoji od step drajva SD328B i trofaznog step motora BRS3. Referentne vrednosti se zadaju i kontrolišu preko PLC-a ili namenskog kontrolera. Ovaj step pogon ima odlične brzinske karakteristike. Zbog velikog obrtnog momenta pri malim brzinama rotacije je posebno pogodan za pozicioniranje na kratkim udaljenostima. Još jedna prednost je visok obrtni momenat u mirovanju.

Drajveri koji se nalaze u ovom pogonu imaju mogućnost profibus komunikacije i zajedno sa PLC-om se vrši kontrola i upravljanje ovim pogonom.

#### 3.2 Operativni modovi rada drajva

U SD328B step drajveru su integrisani različiti operativni modovi koju mu omogućavaju široku primenu u industriji, kao što su:

- Ručni mod (JOG) za poziciju ili brzinu,
- Mod elektronskog reduktora,
- Kontrola pozicije,
- Kontrola brzine,
- Homing.

Ručni mod (JOG) - Ovaj mod omogućava da se po jednoj osi vrši pomeranje ručno. Kretanje se može ostvariti kao jedan pomeraj (pozicioni JOG) i kontinualno pri konstantnoj brzini (brzinski JOG). Na raspolaganju su dve brzine, sporo ili brzo.

Mod elektronskog reduktora - U režimu rada elektronskog reduktora referentni signal dolazi u formi A/B signala enkodera ili signala impuls/smer P/D. Nova pozicija se računa na bazi impulsnih signala i promenljivog prenosnog odnosa.

Kontrola pozicije - Ovaj mod sa podešivim kretanjem se izvodi od početne pa do krajnje pozicije. U slučaju apsolutnog pozicioniranja, pozicija je definisana apsolutno u odnosu na nultu tačku ose. Nulta tačka se mora definisati prilikom definisanja hominga, pre prvobitne upotrebe apsolutnog pozicioniranja. U slučaju relativnog pozicioniranja pozicija se određuje relativno u odnosu na trenutnu poziciju ili na ciljanu poziciju.

Kontrola brzine - U ovom režimu rada podešava se referenca za brzinu motora i započinje se kretanje bez ciljane pozicije. Ova brzina se održava sve dok se ne promeni zadata referenca ili se ne pređe u drugi operacioni mod.

Homing - Homing operacija se sastoji od pridruživanja pozicije ose sa poznatom mehaničkom pozicijom. Ova pozicija postaje referentna pozicija za svako pomeranje po osi. Postoje dve vrste hominga koji se zasnivaju na: referentnom kretanju i pozicionom podešavanju.

Referentno kretanje je kretanje ka referentnoj tački na osi, cilj je utvrđivanje apsolutnog referentnog položaja između položaja motora i položaja ose. Referentna tačka takođe definiše nultu tačku koja se koristi kao referentna tačka za sva naknadna pomeranja. Svako referentno pomeranje mora da dosegne referentnu tačku da bi bilo validno, ako je referentno kretanje iz bilo kog razloga prekinuto, mora se započeti opet.

Poziciono podešavanje se može koristiti za kontinuirano kretanje motora bez prekoračenja ograničenja pozicioniranja. Homing poziciono podešavanje se može izvršiti samo kada je motor u stanju mirovanja. Ovaj postupak sprečava prekoračenje apsolutnih ograničenja položaja tokom pozicioniranja, jer se nulta tačka postavlja neprekidno.

#### 4. REALIZACIJA UPRAVLJANJA STEP POGONOM NA PRIMERU SISTEMA ZA SERIJALIZACIJU I OBELEŽAVANJE

Upravljanje step drajverima SD328 se vrši pomoću fieldbus mreže. U ovom pogonu koristimo seriju SD328B, sa kojom se upravlja pomoću PROFIBUS-a.

##### 4.1. Profibus tehnologija

Profibus je pametna komunikaciona tehnologija. Uređaji u sistemu su povezani sa centralnom linijom. Jednom povezani, ovi uređaji mogu da razmenjuju informacije na efikasan način. Uređaji koji koriste ovaj način komunikacije mogu učestvovati u samodijagnostici i dijagnostici povezivanja. Profibus koristi topologiju magistrale (eng. bus topology). Kod ove topologije, centralni vod ili magistrala, prolazi kroz čitav sistem, dok su svi uređaji redno povezani sa njim. Ovakav sistem eliminiše potrebu da vodovi pune dužine idu od kontrolera do svakog pojedinačnog uređaja.

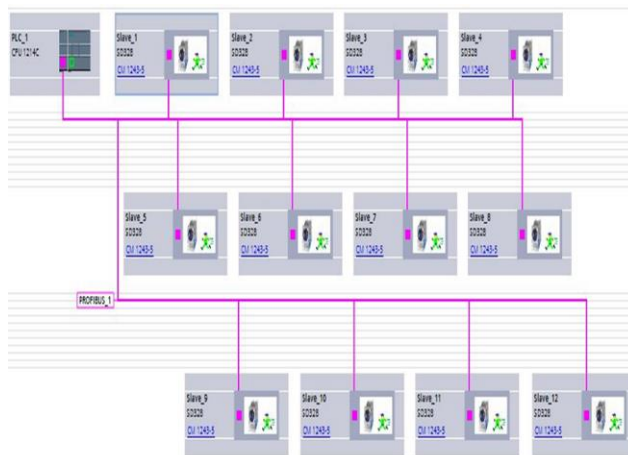
Vrste Profibus-a:

- Profibus FMS - Početna verzija Profibus-a bio je Profibus FMS (eng. Fieldbus Message Specification). Profibus FMS je dizajniran za komunikaciju između programibilnih kontrolera i računara. Nažalost, kao početni napor Profibus dizajnera, FMS tehnologija nije bila dovoljno fleksibilna. Ovaj protokol nije bio pogodan za manje kompleksnu komunikaciju na širim komplikovanim mrežama. Novi tipovi Profibus-a će zadovoljiti ove potrebe.
- Profibus PA - Profibus PA (eng. Process Automation) je protokol osmišljen za procesnu automatizaciju. Profibus PA standardizuje proces prenosa mernih podataka i posebno je kreiran za upotrebu u opasnim okruženjima.
- Profibus DP - Profibus DP (eng. Decentralized Periphery) je protokol koji je posebno prilagođen za komunikaciju u proizvodnim procesima. Njegove osnovne karakteristike su brzo i jednostavno umrežavanje dodatnih uređaja i velika brzina prenosa. Profibus DP postoji u tri različite verzije: DP-V0, DP-V1 i DP-V2. Profibus DP verzija DP-V0 je protokol koji je korišten za komunikaciju sa step driverima u ovom industrijskom pogonu.

##### 4.2. Realizacija Profibus DP topologije

Za realizaciju upravljanja pogonom, koji je tema ovoga rada, koristi se Profibus DP-V0 tehnologija. Profibus magistrala se sastoji od PLC-a kao DP master uređaja i dvanaest drajvera kao podređenih uređaja. U ovom pogonu master uređaj je Siemens PLC CPU 1214C, DC / DC / DC, 14DI / 10DO / 2AI, dok se za komunikaciju koristi Profibus DP kartica Siemens CM 1243-5.

Umrežavanje uređaja se vrši sa jednim Profibus kablom, koji ide iz komunikacione kartice ka drajverima. Svaki drajver ima ulazne i izlazne terminale, što omogućava vezivanje svih podređenih uređaja redno, jedan za drugim, slika 2.



Slika 2. Topologija Profibus DP

Master uređaj koristi identifikacioni broj za identifikaciju podređenog uređaja. Identifikacioni broj koji je vezan za jedan uređaj je jedinstveni broj dodeljen automatski od strane master uređaja, to u suštini predstavlja adresu uređaja. Svakom uređaju se dodeljuje jedinstvena adresa 1...126, podređeni uređaju najčešće koriste adrese 3...126, dok su za master uređaje rezervisane adrese 0...2. Po potrebi adrese se mogu menjati i ručno.

Profibus DP V0 obezbeđuje bazičnu funkcionalnost DP-a. To uključuje cikličnu razmenu podataka, kao i dijagnostičke i procesne alarme uređaja konektovanih na magistrali. Master uređaj ciklično upisuje i šalje podatke ka podređenim uređajima, na isti način se vrši i čitanje pristiglih podataka sa podređenih uređaja.

Razmena podataka sledi fiksni obrazac:

- Slanje podataka ka podređenom uređaju: Master uređaj smešta podatak u memoriju namenjenu za slanje podataka. Sa te memorijske lokacije se šalje ka podređenom uređaju i izvršava.
- Primanje podataka od podređenog uređaja: Master uređaj zaprima podatak o izvršenju komande od strane podređenog uređaja. Ukoliko master uređaj zaprimi potvrdnu poruku bez ikakve dodatne poruke o grešci, to znači da je zadata komanda izvršena. Master uređaj može da šalje novu komandu.

##### 4.3. Realizacija upravljanja primenom korisničkog interfejsa

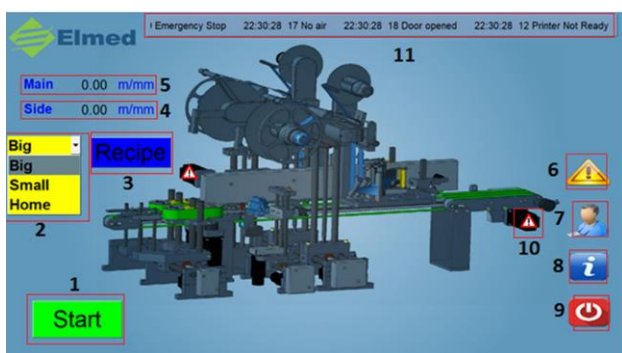
Kao što je već napomenuto u prethodnom delu, sistem ima dvanaest step motora. Oni se pokreću sa upravljačkog panela pritiskom na dugme "START" i zaustavljaju pritiskom na dugme "STOP". Od dvanaest motora pet se koriste za pokretanje konvejer, dok se sedam motora koristi za pozicioniranje.

Svaki motor koji radi u pozicionom modu ima induktivni homing senzor koji predstavlja referencu na osnovu koje se motor pomera na željenu poziciju. Prilikom svake promene proizvoda sistem će automatski ići u homing i motori će se pozicionirati tako da to odgovara trenutnom proizvodu. Homing mod se aktivira i u slučaju greške u sigurnosnom krugu a nakon reset, kao i u slučaju nepredviđenog isključenja sistema ili nestanka struje,

nakon toga motori će se pozicionirati po receptu za poslednji izabrani proizvod.

Prilikom pokretanja sistema potrebno je odabrati ili proveriti tip proizvoda koji se trenutno radi, svaki put kada se odabere različit proizvod od prethodnog sitem će automatski krenuti u homing i novo pozicioniranje. Takođe postoje opcije ponovnog repozicioniranja za izabrani proizvod ili opcija da se motori postavite u samu homing poziciju, slika 3. Ukoliko se motori žele postaviti u homing poziciju to se vrši izborom opcije "Home" iz padajućeg menija. Dok je za ponovno repozicioniranje potrebno je pritisnuti taster "Recepie".

Ukoliko je izabran proizvod i ciklus pozicioniranja završen unosi se vrednost brzine transportera, nakon toga je moguće pokrenuti sistem pritiskom na taster "Start". Zaustavljanje sistema se vrši na istom mestu pritiskom na isti taster, samo će u ovom slučaju biti označen sa "Stop", slika 3.



Slika 3. Glavni ekran upravljačkog panela

Na glavnom ekranu se nalazi:

1. START/STOP mašine,
2. Izbor proizvoda/postavljanje motora u home poziciju,
3. Komanda za pozicioniranje
4. Upisuje se vrednost brzine glavnog i transportera iznad,
5. Upisuje se vrednost brzine transportera za vođenje sa strane,
6. Lista alarma,
7. Logovanje korisnika,
8. Informacije (naziv sistema, informacije o firmi),
9. Gašenje računara,
10. Signalizacija greške pogona,
11. Prikaz trenutnih alarma.

## 5. ZAKLJUČAK

Koračni motori su danas jako zastupljeni u različitim granama proizvodnje, uprkos svojim manama ovi motori svaki dan se sve više usavršavaju i šire oblast svoje primene. Njihova upotreba pretežno zavisi od očekivanja i primene. Ako se teži visokim preciznostima, mehaničkoj čvrstoći, prilagođenosti korisnicima, kontroli i održavanju položaja rotora bez napajanja, onda je ova tipologija motora idealna.

Step pogoni su odlični za aplikacije pozicioniranja. Step motori se mogu precizno kontrolisati u smislu udaljenosti i brzine jednostavnim variranjem broja impulsa i njihove frekvencije. Njihov veliki broj polova daje im tačnost, dok istovremeno mogu da rade u otvorenoj petlji. Ako je odgovarajuće snage i momenta za izabranu aplikaciju, step motor nikada neće propustiti korak. Pošto im nije potrebna poziciona povratna informacija, a samim tim i dodatna oprema za pozicioniranje, vrlo su isplativi.

Međutim, trebalo bi uzeti u obzir neka ograničenja: nemogućnost rada na velikim brzinama, mogućnost gubljenja koraka a da se to ne primeti na vreme (npr. u slučaju nekog mehaničkog problema), prilično se zagrevaju u radu (radna temperatura oko 90°C).

Izbor step pogona kao EMP-a sistema za serijalizaciju i obeležavanje pokazao se kao jako dobro rešenje. Motori koji se koriste za pozicioniranje su odgovarajući, prevashodno u pogledu preciznosti i snage. Svaki od tih motora pokreće vreteno preko kaišnog prenosa pa se na taj način dobija dodatna snaga i dodatan moment. Motori koji se koriste za pokretanje konvejera pokazali su se takođe kao odlično rešenje, i na većim brzinama do 70 m/min.

Pogon se pokazao kao prilično kompaktan i jednostavan za upravljanje i rad sa strane operatera. Svi motori, kaišni prenosnici, senzori i ostala oprema su pristupačni u slučaju potrebnog servisiranja i održavanja.

## 6. LITERATURA

- [1] Schneider Electric "SD328B Stepper motor drive - Product manual, V2.03, 07.2010".
- [2] Schneider Electric "SD328A CANopen DSP402, Fieldbus interface - Fieldbus manual, V2.01, 11.2008".
- [3] A. Sugawara, T. Kenjo, "Stepping Motors and Their Microprocessor Controls", Oxford University Press.
- [4] Stojanović D., "Koračni motori – studija konstruktivnih i funkcionalnih karakteristika", Tehnički fakultet, Čačak, 1995.
- [5] <https://www.automate.org/industry-insights/bringing-closed-loop-functionality-to-stepper-motors>

### Kratka biografija:



**Vladimir Omčikus** rođen je u Šibeniku 02.08.1987. Srednju elektrotehničku školu "Mihajlo Pupin", završio je u Novom Sadu 2006 god. Fakultet tehničkih nauka, master studije, studijski program Energetika, elektronika i telekomunikacije upisao je školske 2015/16. Na studijama se opredelio za smer Elektroenergetika – Energetska elektronika i električne mašine.

Mail: [vladimiromcikus@gmail.com](mailto:vladimiromcikus@gmail.com)