

UDK: 004.413

## SOFTVERSKO UPRAVLJANJE ROTACIONIM ALATIMA MAŠINA ZA OBRADU ZEMLJIŠTA

**Dragan Marković, Milan Veljić, Vojislav Simonović**

*Mašinski fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** Rotacioni alati svih sistema za obradu zemljišta su pogonjeni mehaničkim putem što je veoma nepovoljno sa aspekta upravljanja. Ugradnjom elektro- ili hidrauličnih motora kao izvršnih organa koji pokreću rotirajuće radne elemente, stvara se mogućnost za upravljanje pomoću adekvatnog upravljačkog sistema. Ovaj sistem se sastoji od mernog elementa i programabilnog logičnog kontrolera koji se može povezati na CANbus magistralu ili samostalno upravljati čitavim sistemom. U ovom radu predložena je ideja za ostvarivanje upravljanja brojem obrtaja rotirajućih elemenata i konkretan softver kojim se može ostvariti ovakvo upravljanje. Softver se sastoji od programa baziranog na leder dijagramu.

**Ključne reči:** rotirajući alati, programabilni logički kontroler, leder dijagram.

### UVOD

Napredak u poljoprivrednoj proizvodnji uveliko zavisi od usavršavanja postojećih i razvoja novih i odgovarajućih tehničkih rešenja. Sve veći akcenat se daje na zaštitu životne sredine, na proizvodnju kvalitetne, zdrave hrane, ne zapostavljajući smanjenje troškova proizvodnje, odnosno, povećanje dobiti i poboljšanje ergonomskih uslova rada čoveka sa mašinama.

Cilj obrade zemljišta je stvaranje optimalnog fizičkog stanja za klijanje, nicanje, rast i razviće sledećeg useva. To se postiže primenom različitih oruđa za obradu koji su prilagođeni različitim klimatskim, zemljišnim uslovima i zahtevima gajenih vrsta.

Rotacione mašine za obradu zemljišta su u varijantama rotacionih sitnilica (sa horizontalnom osom obrtanja) ili rotacionih drljača (sa vertikalnom osom obrtanja). Radni organi prvih se karakterišu režućim ili udarnim dejstvom u režimima suprotnosmerne obrade zemljišta. Karakteristično za obe varijante rotacionih mašina je i to da su prilagođene radnim režimima priključnih vratila traktora u svim standardnim varijantama. Adaptibilnije varijante su opremljene višestepenom transmisijom što omogućava različite kinematske režime rada. Dominiraju varijante kombinovanja rotacionih mašina sa zupčastim valjcima.

U konzervacijsku obradu uključena je i direktna setva. Na setvenim aparatima sejalice setvene ploče ostvaruju rotaciono kretanje, te stoga postoji mogućnost automatizacije i na ovom mestu.

## MATERIJAL I METOD RADA

Da bi se upravljalo brzinom obrtanja rotacionih radnih organa potrebno je najpre izmeriti brzinu traktora odnosno priključne mašine za obradu zemljišta. U ovom kontekstu brzina traktora i mašine je prenosna, a brzina rotacije radnih organa je relativna i zavisi upravo od prenosne. Iz toga proizilazi da je neophodno izmeriti prenosnu brzinu, te ovaj signal kao ulazni uvoditi u upravljački organ (programabilni logički kontroler) koji generiše izlazni signal za upravljanje brzinom obrtanja radnih organa preko izvršnog organa upravljanja.

Merna mesta za merenje prenosne brzine mogu biti različita u zavisnosti od tipa mašine i od tipa korišćenog senzora. Za nošene mašine, brzinu je neophodno meriti na samom traktoru kao pogonskoj mašini. Za vučene i polunošene mašine kakve se najčešće i primenjuju u praksi, brzinu je najpogodnije meriti pri samom točku mašine. U tom slučaju moguće je koristiti inkrementalni enkoder ili induktivni davač blizine.

Pomoću inkrementalnog enkodera moguće je meriti brzinu i ugao zaokretanja radnih organa i to sa rezolucijom i do 1/1500 po obrtu. Međutim, primena inkrementalnog enkodera na mašinama za obradu zemljišta je do sada uglavnom bila samo teorijska, jer su ove mašine izložene velikim vibracijama koje nepovoljno utiču na preciznost samih enkodera. Sem toga, uslovi rada na oranicama podrazumevaju izloženost senzora prašini i padavinama, pa i ovo dovodi u pitanje pouzdanost enkodera u ulozi merača brzine traktora odnosno priključne mašine u radu na parceli.

Induktivni davači su po prirodi senzori mnogo robusnije konstrukcije, te kao takvi mnogo prilagodljiviji agrokompleksu odnosno potrebama i uslovima koji vladaju pri obradi zemljišta. Ovi senzori funkcionišu po principu indukovanja metalnih predmeta te je neophodno dodatno opremiti samu mašinu. Najbolji način je postavljanje vijaka po obodu točka mašine na podjednaku radijusu od osovine. Broj vijaka diktira i rezoluciju merenja. Međutim, kako je praktično nemoguće postići rezoluciju kao pri korišćenju enkodera, to je dovoljno postaviti i jedan vijak na obodu točka, a sam sensor učvrstiti aksijalno u odnosu na njega tako da se pri prolasku vijka pored senzora indukuje po jedan impuls. U tom slučaju, svaki impuls odgovara jednom obrtu, a rezolucija se popravljiva softverski. Odziv sistema u smislu upravljanja je uvek bolji kada postoji više repera po obodu i kada je svaki obrt manifestovan sa više impulsa. Ipak, pošto je brzina pri obradi zemljišta reda veličine 3-10 km/h, onda se postiže sasvim zadovoljavajući kvalitet upravljanja i samo jednim reperom po obodu.

Signal o brzini mašine vodi se u programabilni logički kontroler (PLC) koji se sastoji od četiri modula. Važno je napomenuti da se PLC korišćen za programiranje hardverski razlikuje od onoga koji se realno može koristiti u praksi, ali da je programiranje izvršeno prema realnim uslovima (slika 1).



Sl. 1. Uredaji korišćeni pri programiranju

Prvi modul predstavlja napojnu jedinicu koja služi za konvertovanje mrežnog napona u jednosmerni stabilisani napon koji je neophodan za siguran rad PLC i eksterni napon koji služi za napajanje drugih potrošača. Sam modul je realizovan kao prekidačko napajanje sa galvanskom izolacijom. Na prednjoj strani modula nalaze se LED diode kao indikacija ispravnosti ulaznih napona, konektor za konekciju na mrežni napon i konektor za eksterni napon. Sa zadnje strane modula nalazi se EBUS konektor preko koga se napajaju ostali moduli jednosmernim stabilisanim naponom od 8-24VDC. Ovaj napojni moduo odlikuje i zaštita od kratkog spoja, strujna zaštita, temperaturna zaštita i soft start.

Centralni procesorski modul izvršava upravljački program, upravlja IO modulima i komunicira sa nadređenim sistemom. S prednje strane modula nalazi se konektor za serijsku komunikaciju sa radnom stanicom ili drugim CPU modulom, kružni preklopnik za određivanje adrese PLC-a u mreži kao i LED indikacije ispravnosti rada modula i konektor za povezivanje eksternog napajanja. Kao radna stanica za programiranje i testiranje koristi se PC računar a programiranje se vrši u LD jeziku u skladu sa IEC 1131-3.

Digitalni ulazno/izlazni modul ima 8 digitalnih ulaza 24VDC sa zajedničkim krajem i 8 tranzistorskih izlaza. Prva dva digitalna ulaza mogu se koristiti kao brojački. Poslednji modul je pridodat u svrhu napajanja prethodnog.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Prva vrsta leder dijagrama (lestva) sadrži prekidač za pozivanje inicijalnih vrednosti u programu korišćenih parametara. Inicijalna to jest početna vrednost parametara koji označavaju trenutno vreme i prethodno vreme je nula ( $TrVrem=0$ ,  $PrVrem=0$ ), broj repera predstavlja broj vijaka po obodu točka pomoću kojih se pobuđuje induktivni davač blizine ( $BrRepera=60$  za 60 vijaka po obimu točka), parametar *Prečnik* odgovara onom obimu na unutrašnjosti točka mašine po kojem su raspoređeni vijci.

Tabela 1. Korišćeni simboli, adrese u PLC konfiguraciji i njihovo značenje

| Simbol   | Adresa | K o m e n t a r   |
|----------|--------|---|
| prekidac | IX0    | setuje se kada vijak prolazi pored senzora                        |
| PrVrem   | MW0    | broj impulsa između prethodnih repera                             |
| TrVrem   | MW1    | trenutan broj odbrojanih impulsa između dva aktuelna repera       |
| Imp10ms  | MX10   | fleg za monostabil 10ms   |
| izlaz    | QX1    | izlazni signal za pokretanje izvršnog organa upravljačkog sistema |
| SysFS    | SX1    | sistemska prekidač za inicijalizaciju                             |
| DozvSej  | MX0    | fleg za dozvolu rada  |
| MSR      | MW10   | korak na zemljištu  |
| Prečnik  | MW11   | Prečnik   |
| BrRepera | MW12   | broj repera na točku  |

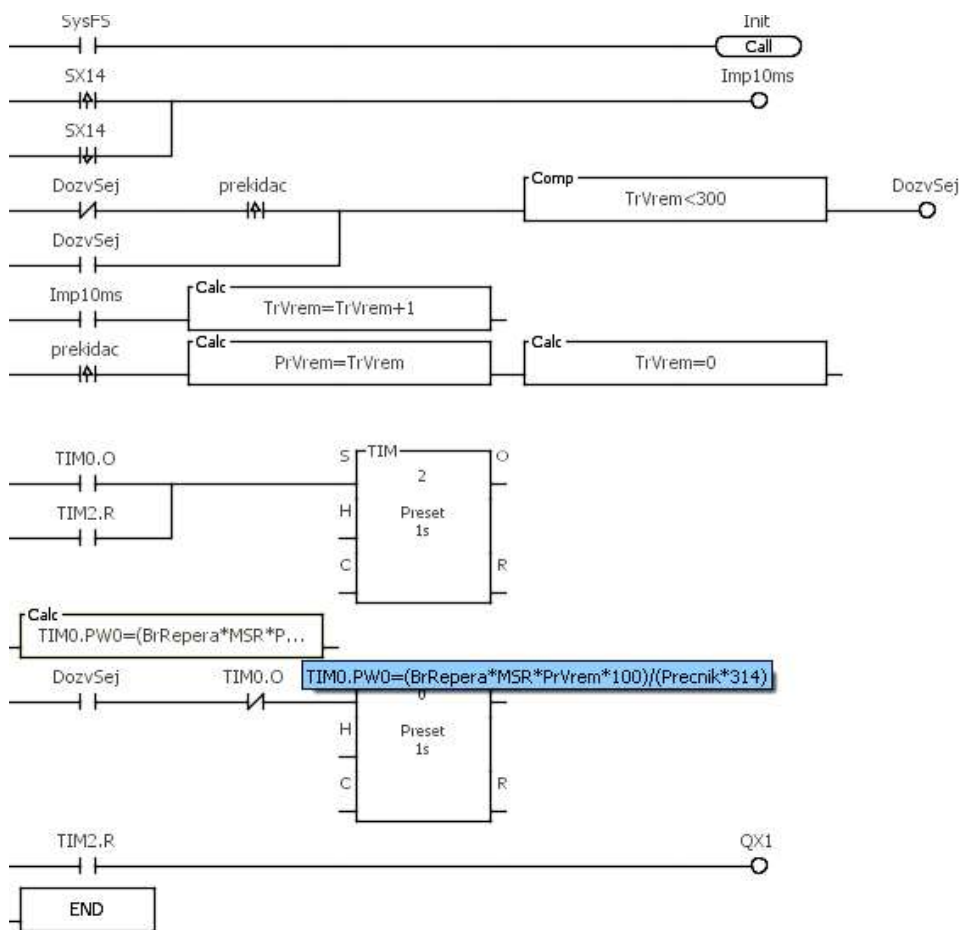
*SX14* predstavlja sistemski monostabilni prekidač sa periodom od 10 ms. Pošto su u ovoj lestvi dijagrama prekidači vezani paralelno, a izvedeni su kao kontakti za detekciju ulaze odnosno silazne ivice, to je fleg *Imp10ms* aktivan upravo na svakih 10 ms.

U trećoj lestvi dijagrama je uveden fleg za dozvolu rada mašine. Mašina može da radi pod dva uslova. Ako u prethodnom skeniranju fleg *DozvSej* nije pobuđen što ujedno znači da mašina još nije počela da radi, onda će sa radom započeti kada prvi reper (vijak) prođe mimo senzora. Nakon toga, u svakom sledećem skeniranju postojaće dozvola za rad mašina (*DozvSej* je setovan), ali pod ograničavajućim uslovom da je  $TrVrem < 300$ ,

što znači da je vreme između prolaska dva vijka mimo senzora manje od  $300 \cdot 10\text{ms} = 3\text{s}$ . Ovo vreme je sasvim zadovoljavajuće, čak i ako je broj repera po obodu smanjen na jedan, jer su brzine mašine takve da je nemoguće da u tom periodu točak ne napravi bar jedan pun obrt. A ako ipak ne napravi, to znači da je mašina stala, pa samim tim nema potrebe za rotiranjem radnih organa. Na taj način se sprečava rad mašine u mestu.

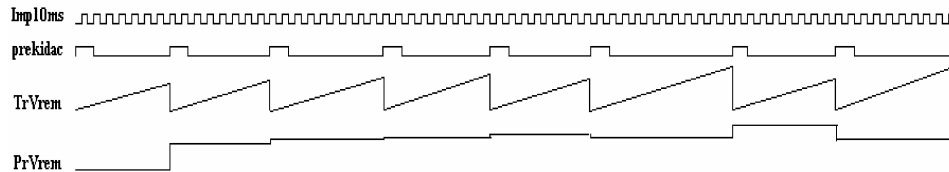
U četvrtom redu leder dijagrama dolazi do podizanja parametra  $TrVrem$  za po jedan pri svakom aktiviranju flega  $Imp10\text{ms}$ .

U ključnom petom redu leder dijagrama postavlja se uslov da kada se setuje ulazni prekidač to jest aktivira senzor pri prolasku vijka, dođe do izjednačavanja  $PrVrem$  i  $TrVrem$ .  $PrVrem$  će se koristiti u daljem proračunu sve dok se ne postavi na neku novu vrednost, na primer do sledećeg prolaska vijka kraj senzora ukoliko se brzina u međuvremenu promenila, pa je izmerena neka druga vrednost odnosno broj impulsa od po 10 ms. Takođe, vrednost  $TrVrem$  se postavlja opet na nulu upravo da bi se već od sledećeg skeniranja mogao meriti broj impulsa odnosno vreme do sledećeg repera.



Sl. 2. Leder dijagram programa za upravljanje rotacionim radnim organima mašina za obradu zemljišta

Dosadašnjim delom programa izmerena je brzina obrtanja točka mašine, a sledstveno i same mašine, koja je reprezentovana brojem impulsa između dva susedna prohoda vijka kraj senzora (u slučaju samo jednog vijka), odnosno brojem impulsa između prolaska dva susedna vijka kraj senzora (u slučaju dva i više vijaka). Broj impulsa je obrnuto proporcionalan broju vijaka. Impulsni dijagram za korišćene prekidače i parametre prikazan je na slici 3.



Sl. 3. Impulsni dijagram

Drugi deo zadatka koji treba realizovati kroz program je definisanje vremena posle kojeg je potrebno zarotirati rotacioni radni organ. Ovo vreme svakako proporcionalno zavisi od izmerene brzine mašine odnosno od kinematskog pokazatelja režima rada  $\lambda$  [2]. Ta brzina je manifestovana brojem impulsa od po 10 ms pa je ovaj broj potrebno pomnožiti sa sto u cilju dobijanja vremena u sekundama. Takođe je neophodno ovo vreme pomnožiti i sa brojem repera u cilju dobijanja vremena obrtanja po jednom obrtu. Ako želimo ostvariti određeno i tačno definisano rastojanje između grebena, na primer, pri obradi zemljišta, ili međusetveno rastojanje pri setvi u konzervacijskoj obradi, onda je vreme između dva pokretanja rotora jednako:

$$t = \frac{n \cdot d \cdot t_{\text{pret}}}{R\pi}$$

gde je:

- $n$  – broj repera (*BrRepera*),
- $d$  – korak (*MSR*),
- $t_{\text{pret}}$  – broj impulsa između dva repera u prethodnom odbrojanju (*PrVrem*),
- $R$  – prečnik točka (*Prečnik*).

Ova relacija unesena je u program u sedmoj lestvici, s tim što je prečnik smanjen za dve dimenzije, a broj  $\pi$  zaokružen na dve decimale i povećan za dve dimenzije radi lakše softverske izvedbe. Dobijena vrednost je promenljiva šesnaestobitna binarna reč koja je dodeljena tajmeru sa oznakom nula.

Ovaj tajmer se nalazi na osmoj lestvici i odbrojava samo kada postoji dozvola rada (*DozvSej* je setovano). Takođe, nije aktivan kada tajmer odbroji postavljenu vrednost, a sve dok se opet ta vrednost ne obnovi.

Kada je tajmer *TIM0* odbrojao postavljeno vreme, u sledećem skeniranju koje program vrši tajmer *TIM2* koji je identički setovan takođe prekida odbrojanje i setuje svoj izlaz *R* na jedinicu, čime se aktivira i izlaz *QX1* u pretposlednjem redu leder dijagram. Ovaj izlaz sadrži upravo signal koji je potrebno voditi na izvršni organ upravljačkog sistema.

## ZAKLJUČAK

Prilikom testiranja softvera u monitoring režimu uočena je logična promena parametara koja ukazuje na pravilno funkcionisanje upravljačkog organa. Dalji razvoj celog upravljačkog sistema treba vršiti u smeru povezivanja sa adekvatnim izvršnim organima koji mogu da odreaguju na upravljački signal i istovremeno fizički ostvare to isto upravljanje. Takođe, moguće je na PLC nadovezati upravljačku konzolu sa displejom ili sistem povezati na traktorski sistem upravljanja preko CANbus sistema. Ovakvo projektovan softver podržava sistem upravljanja sa kašnjenjem, pri čemu je to kašnjenje konstantno tokom procesa upravljanja tako da se ne odražava na njegov kvalitet, jer su vremenski intervali u kojima se inicira kretanje rotirajućih elemenata zaista ekvidistantni.

## LITERATURA

- [1] Mileusić Z., Đević M., Petrović D., Miodragović R.: Optimizacija traktorsko-mašinskih sistema za obradu zemljišta, Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 34, No. 3-4, Novi Sad, 2008.
- [2] Marković D.: Optimizacija tehnologija i poljoprivrednih mašina za obradu zemljišta sa aktivnim radnim organima, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [3] Radomirović D., Ponjičan O., Bajkin A.: Geometrijski pokazatelji rada rotacione sitnilice sa suprotnosmernim obrtanjem radnih organa, Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 32, No. 1-2, Novi Sad, 2006.
- [4] Debeljković D.: Sistemi automatskog upravljanja sa kašnjenjem, Mašinski fakultet, Beograd, 1998.
- [5] Beisecker R.: Einfluß langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge, die Wasserinfiltration und die Stoffveragerung eines Sandbodes: dizerzázia, Gießen, 1994.
- [6] Benjamin J.G.: Tillage effects on near-surface soil hydraulic properties, In. Soil & Research, No. 26, 1993.
- [7] Molnar I., Lazić V., Kurjački I., Đević M., Momirović N., Marković D., Martinov M., Škrbić N.: Terminologija i klasifikacija konzervacijske obrade zemljišta, Savremena poljoprivredna tehnika, 4/999, vol. 25.
- [8] Katalog EUROICC.

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta koji delom finansira MNZŽ, EVB. BT-20092

## SOFTWARE SOLUTION FOR STEERING OF ROTATION WORKTOOLS ON THE MACHINE FOR SOIL PREPARATION

**Dragan Marković, Milan Veljić, Vojislav Simonović**

*Faculty of Mechanical Engineering - Belgrade*

**Abstract:** Rotation working tools of all systems for soil preparation are powered by mechanic and this is very undesirably for control of machines. If is mounted electro- or hydroengine as executive board which move rotation working tools than there is possibility for control by suited steering system. This system consist a sensor and progamabil logic controler which has possibility to conect to CANbus or to steering automatically with machine. In this paper are shown idea for implementation steering of speed rotating of rotation working tools and specific software for realize those steering. Software consist a program based on ladder diagram.

**Key words:** rotation working tools, progamabil logic controler, ladder diagram.