

## ALGORITAM ZA SOFTVERSKO UPRAVLJANJE SETVENIM PLOČAMA SEJALICA

### ALGORITHM FOR STEERING OF SEED PLATES SEED MACHINES

Marković D, Veljić M, Simonović V.\*

#### REZIME

*Kod sejalice za okopavine setveni aparati su pogonjeni od točka sejalice preko mehaničkih prenosnika, što se odražava na masu sejalice i mogućnosti regulisanja. U radu su date mogućnosti korišćenja elektromotora za pogon setvenih ploča. Izvršena je analiza mogućnosti primene upravljanja pomoću adekvatnog elektroupravljačkog sistema. Razmatran je merni sistem i mogućnost generisanja upravljanja pomoću programabilnog logičkog kontrolera. U ovom radu predložen je algoritam za upravljanje brzinom obrtanja setvene ploče u cilju ostvarivanja željenog međusetvenog rastojanja.*

**Ključne reči:** sejalice, setvena ploča, programabilni logički kontroler, algoritam.

#### SUMMARY

*Seed plates of all seeding machines for widerow plants are powered by wheel of seeding machine and mechanical transmission. That has impact to volume and possibilitz of steering. This paper show possibilities of using electromotor for power of seed plates as well as analysis possibilities acting steering by electro system. In this paper are research measurement system and create steering by programabil logic controller and shown idea for implementation steering of speed rotating of seed plates. That has aim to go about nominal seed space in row.*

**Key words:** seed machines, seed plate, progamabil logic controler, algorithm.

#### UVOD

Zadatak sejalice za okopavine je ostvarivanje propisanog međusetveno rastojanja. Brzina traktora kao pogonske mašine i same sejalice je neophodna informacija za realizaciju ovog zadatka. Brzina se određuje pomoću točka sejalice koji se kotrlja po setvenoj površini.

---

\* Prof. dr Dragan Marković, Mašinski fakultet u Beogradu, Kraljice Marije 16, dmarkovic@mas.bg.ac.rs

Prof. dr Milan Veljić, Mašinski fakultet u Beogradu, Kraljice Marije 16, mveljic@mas.bg.ac.rs

dipl. inž. maš. Vojislav Simonović, Mašinski fakultet u Beogradu, Kraljice Marije 16,

vojislav@venividisimonovici.com

Postojeće sejalice pneumatskog tipa opremljene su mehaničkim prenosnicima. Dominiraju prenosnici lančanog tipa, dok su najnovije sejalice opremljene i kardanskim prenosnicima. Menjanjem prenosnog odnosa određenih prenosnika od točka sejalice do setvene ploče, menja se i brzina rotacije setvene ploče. Određivanje ove brzine prema propisanom (željenom) međusetvenom rastojanju i prema broju otvora na setvenoj ploči ostvaruje se sprežanjem odgovarajućih prenosnika u menjaču sejalice, pre same setve.

## ANALIZA PARAMETARA

Pred setveni aparat se postavljaju tri ključna zahteva u procesu setve:

- ♦ obezbeđivanje univerzalnosti sejalice u smislu mogućnosti setve semena različitih dimenzija i različitih kultura,
- ♦ što preciznije rastojanje i raspored semena po parceli,
- ♦ da ne oštećuje seme.

Kvalitet rada setvenog aparata utvrđuje se sledećim parametrima [6]:

**Indeks izostavljanja semena  $I_{miss}$**  je procenat onih rastojanja koja su po dužini veća 1,5 puta od željenog međusetvenog rastojanja  $S$  u mm:

$$I_{miss} = \frac{n_1}{N}$$

gde je:  $n_1$  - broj rastojanja većih od 1,5S,

$N$  - ukupan broj merenih rastojanja.

**Indeks višestrukih semena  $I_{mult}$**  je procenat onih rastojanja koja su po dužini manja ili jednaka polovini željenog međusetvenog rastojanja  $S$  u mm:

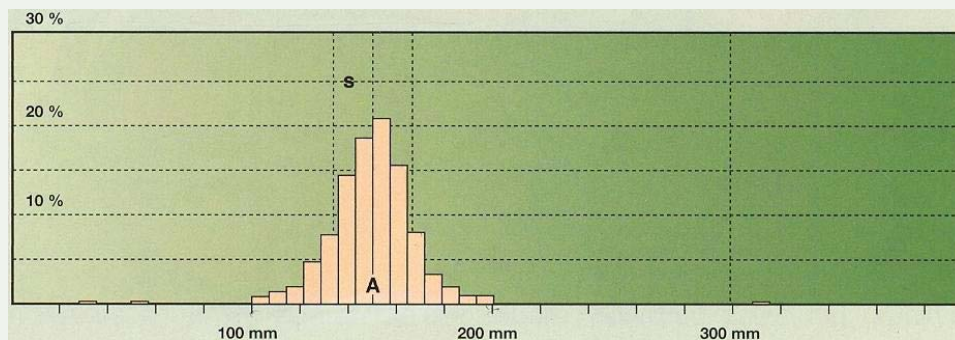
$$I_{mult} = \frac{n_2}{N}$$

gde je:  $n_2$  - broj rastojanja manjih ili jednakih od 0,5S,  $N$  - ukupan broj merenih rastojanja.

**Indeks kvaliteta setve  $I_{qf}$**  je procenat rastojanja koja su veća od polovine, a manja od 1,5 puta željenog međusetvenog rastojanja  $S$  u mm. Indeks kvaliteta setve je alternativni način prezentovanja karakteristika izostavljanja i višestrukosti.

$$I_{qf} = 100 - (I_{miss} + I_{mult})$$

Prilikom ispitivanja preciznosti vakuumskog tipa pneumatske sejalice AMAZONE testiranje je vršeno pri radnoj brzini sejalice od 9 km/h. Korišćeno je seme kukuruza, sorta Aura. Na uzorku od 450 zrna 447 je posejano u opsegu od 100 do 200 m, 2 zrna su bila ispod ovog opsega (višestrukost semena), a samo jedno zrno je posejano iznad ovog opsega (izostavljanje zrna). Procentualno, 99,4% semena posejano je približno optimalno, indeks višestrukosti iznosio je 0,4%, a indeks izostavljanja semena 0,2% procenta. U ovom eksperimentu odabrano je da propisano rastojanje između semena bude 150,7 mm, oblast A, slika 1, a standardno odstupanje 16,9 mm, oblast s. Prikazana statistička raspodela ostvarene preciznosti setve, odakle se jasno očitava da je najveći broj zrna posejan upravo na zahtevanom rastojanju (oko 21%).



Sl. 1. Ispitivanje preciznosti sejalice Amazone [16]

Fig. 1. Research of precision for Amazone sawing machine

U ovom radu vršena je optimizacija brzine obrtanja setvene ploče setvenog aparata u cilju ostvarivanja preciznije setve od one koju je moguće vršiti trenutno dostupnim pneumatskim sejalicama sa mehaničkim prenoscima.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Da bi se upravljalo brzinom setvenih ploča potrebno je najpre izmeriti brzinu traktora sa sejalicom. Ova brzina je prenosna, a brzina setvene ploče je relativna i zavisi upravo od prenosne. Zato je neophodno znati prenosnu brzinu, te ovaj signal kao ulaznu brzinu uvesti u upravljački organ (programabilni logički kontroler) koji generiše izlazni signal za upravljanje brzinom obrtanja radnih organa preko izvršnog organa upravljanja [6].

Za sejalice pri radu brzinu je najpogodnije meriti pri samom točku sejalica. U tom slučaju moguće je koristiti inkrementalni enkoder ili induktivni davač blizine (proximity switch).

Pomoću inkrementalnog enkodera moguće je meriti brzinu i ugao zaokretanja setvenih ploča i to sa rezolucijom i do 1/1500 po obrtu. Međutim, primena inkrementalnog enkodera na sejalicama je do sada uglavnom bila samo teorijska, dok bi za širu praktičnu primenu bilo potrebno izvršiti takvu montažu koja bi štitila enkoder od vibracija koje krajnje nepovoljno utiču na preciznost merenja. Takođe, u cilju veće preciznosti treba izvršiti i zaštitu od prašine i nečistoća.

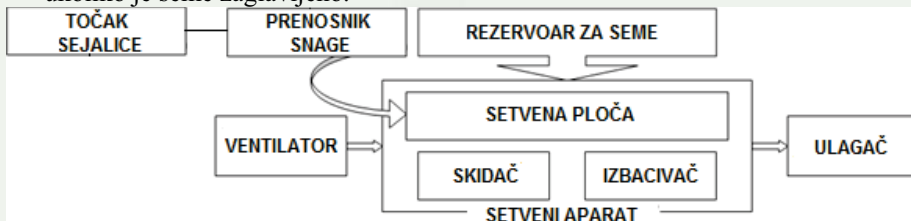
Upravljanje brzinom setvene ploče predviđeno je da se ostvaruje pomoću programabilnog logičkog kontrolera odgovarajućih performansi među kojima je najznačajnija visoka frekvencija skeniranja programa.

Izvršni organ u sistemu upravljanja brzinom setvene ploče mogao bi biti elektromotor čiji bi zadatak bio da rotira setvenu ploču za određeni ugao posle predviđenog vremena koje se softverski proračunava u centralnoj procesorskoj jedinici kontrolera.

Setveni aparat preuzima seme iz rezervoara i polaže/ulaže ga u brazdicu formiranu u zemljištu. Shodno navedenim zahtevima koje mora da ispuni, setveni aparat se sastoji iz tri funkcionalna sklopa, slika 2, od kojih zavisi kvalitet setve:

- ◆ setvene ploče koja je prenosnik i distributer semena od momenta preuzimanja iz rezervoara do njegovog izbacivanja u tlo,

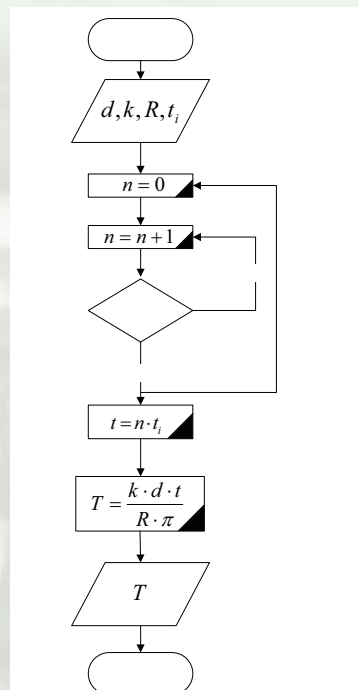
- ◆ skidača (strugača, izduvača) viška semena sa setvene ploče koji uklanja višak semena ukoliko je setvena ploča preuzela iz rezervoara nekoliko zrna u jedan svoj otvor tako da u otvoru ostane samo jedno zrno, i
- ◆ izbacivača semena koji je zadužen da u određenom momentu izbaci seme iz otvora, ukoliko je seme zaglavljeno.



Sl. 2. Strukturni dijagram setvenog aparata  
Fig 2. Structural diagram of seeding element

Induktivni davači su po prirodi senzori mnogo robusnije konstrukcije, te su kao takvi mnogo prilagodljiviji potrebama i uslovima koji vladaju pri radu u kontaktu sa zemljištem. Ovi senzori funkcionišu po principu indukovanja metalnih predmeta te je neophodno dodatno opremiti samu sejalicu u vidu izbočina koje se postavljaju na samom točku. Jedan od načina je postavljanje vijaka po obodu točka sejalice na podjednakom radijusu od osovine. Broj repera diktira i rezoluciju merenja. Veći broj repera povlači veću rezoluciju. Međutim, kako je praktično nemoguće postići rezoluciju kao pri korišćenju enkodera, to je dovoljno postaviti i jedan reper na obodu točka, a sam senzor učvrstiti aksijalno u odnosu na njega tako da se pri prolasku repera pored senzora indukuje po jedan impuls. U tom slučaju, svaki impuls odgovara jednom obrtu, a manjak rezolucija se kompezuje softverski. Odziv sistema u smislu upravljanja je uvek bolji kada postoji više repera po obodu i kada je svaki obrt manifestovan sa više vremenskih intervala. Ipak, pošto se brzina pri setvi kreće u intervalu 5-8km/h, onda se postiže sasvim zadovoljavajući kvalitet upravljanja i korišćenjem samo jednog repera po obodu.

Vreme koje protekne između dva repera odnosno između uzastopnih prolazaka repera naspram induktivnog senzora određuje vremenski interval odnosno period merenja na osnovu kojeg se određuje srednja brzina sejalice u tom vremenskom intervalu. Srednja brzina za taj vremenski interval se izračunava kao količnik obima kruga onog radijusa koji odgovara udaljenosti mernog repera od ose točka i izmerenog vremenskog intervala koji karakteriše taj period merenja. Tako dobijena brzina sejalice koristi se za izračunavanje potrebne brzine rotiranja setvene ploče, s tim što se na kraju svakog vremenskog intervala dobija nova



Sl. 3. Blog dijagram algoritma za upravljanje brzinom obrtanja setvene ploče  
Fig 3. Block diagram of algorithm for speed rotation adjustment of seed plates

informacija o srednjoj brzini sejalice. Ona se koristi u toku sledećeg perioda vremena za upravljanje brzinom rotacije setvene ploče, to jest za određivanje vremena posle kojeg treba zarotirati ploču da bi se ostvarila ekvidistantnost semena u brazdi i pri promenljivoj brzini sejalice. Navedena logika upravljanja brzinom setvene ploče manifestovana u generisanju vremena posle koga je potrebno zakretati setvenu ploču, prikazana na algoritmu na slici 3

Upravljanje u ovakvom sistemu ostvaruje se pomoću programabilnih logičkih kontrolera, pa je stoga nemoguće meriti vreme kontinualno, već isključivo diskretno. Upravo zbog toga potrebno je obezbediti da kontroler poseduje što bolje karakteristike u smislu da vreme trajanja ekvidistantnih impulsa koje generiše sat programera bude što bliže nuli. Broj tih impulsa  $n$  koji proteknu između dva prolaska repera naspram senzora pomnožen sa vremenom trajanja jednog impulsa  $t_i$  određuje vremenski interval  $t$  koji se koristi za izračunavanje srednje brzine na tom intervalu (ukoliko je na obodu točka sejalice postavljen samo jedan vijak onda je to ujedno i vreme jenog obrta točka):

$$t = n \cdot t_i$$

Drugi deo zadatka koji treba realizovati kroz algoritam je definisanje vremena posle kojeg je potrebno zarotirati setvenu ploču. Ako se želi ostvariti određeno i tačno definisano rastojanje semena pri setvi, onda je vreme između dva pokretanja setvene ploče:

$$T_j = \frac{k \cdot d \cdot t_{j-1}}{R \cdot \pi}$$

gde je:

$T_j$  - vreme posle kojega elektromotor obrće ploču za zadati ugao,

$k$  – broj repera,

$d$  – međusetveno rastojanje,

$t_{j-1}$  – vremenski interval između dva repera u prethodnom odbrojanju,

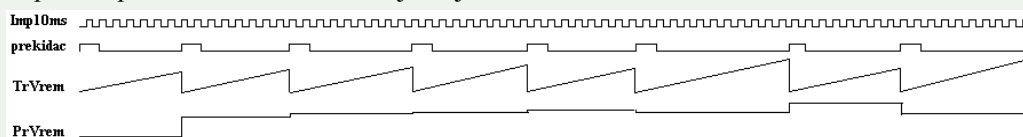
$R$  – prečnik kružnice koji opisuje centar vijka oko osovine točka.

Vreme posle kojeg elektromotor obrće ploču podložno je promeni i uvek se iznova uspostavlja na kraju svakog vremenskog intervala potrebnog za prolazak repera naspram senzora, pri čemu može ostati nepromenjeno ukoliko je kontroler konstatovao da je pri novom i starom periodu merenja odbrojan isti broj impulsa između trenutaka prolaska vijaka kraj senzora.

Sam reper poseduje određenu dimenziju, pa ga senzor registruje celom dužinom tog prečnika prilikom prolaska vijka naspram senzora. Zato je potrebno definisati da kontroler vremenske intervale meri između uzlaznih ili između silaznih ivica impulsa koji određuju aktiviranje/deaktiviranje senzora već prema tome da li senzor blizine podešen kao normalno otvoren ili normalno zatvoren prekidač. Na slici 4 je odabrana varijanta merenja vremena između uzlaznih ivica impulsa.

Na ovakav način izmerena je brzina obrtanja točka mašine, odnosno i same mašine, koja je reprezentovana brojem impulsa između dva susedna prohoda repera kraj senzora (u slučaju samo jednog repera), odnosno brojem impulsa između prolaska dva repera vijka kraj senzora (u slučaju dva i više repera). Broj impulsa je obrnuto proporcionalan broju repera. Impulsni dijagram za korišćene prekidače i parametre prikazan je na slici 4. Imp 10ms su impulsi sata programera od po 10 milisekundi, prekidač je setovan kada je senzor naspram vijka, TrVrem je broj odbrojanih impulsa između uzlaznih ivica impulsa prekidač, PrVrem je izbrojan broj

impulsa u prethodnom ciklusu odbrojavanja.



Sl. 4. Impulsni dijagram

Fig. 4. Impuls diagram

Prilikom testiranja softvera u monitoring režimu uočena je logična promena parametara koja ukazuje na pravilno funkcionisanje upravljačkog organa.

## ZAKLJUČAK

Jedan od mogućih pravaca razvoja pneumatskih sejalice mogao bi biti automatizacija rotacije setvene ploče, posebno kod vakuumskih sejalice, čime bi se pojednostavila sama konstrukcija sejalice, smanjila njihova robusnost, i omogućilo elektronsko upravljanje i monitoring setve. Po ovom mogućem rešenju setvene ploče ne bi ostvarivale svoje obrtno kretanje posredstvom glomaznih i komplikovanih mehaničkih prenosnika, već jednostavno pomoću elektromotora ili hidromotora. Brzina kretanja sejalice bi se merila pomoću induktivnog blizinskog davača postavljenog pri točku sejalice na osnovu čijeg signala, te odgovarajućeg algoritma i željenog međusetvenog rastojanja bi programabilni logički kontroler (PLC) upravljao brzinom obrtanja motora te sledstveno i samom setvenom pločom. Problem u realizaciji ove ideje s aspekta korišćenja elektromotora mogla bi predstavljati snaga motora za savladavanje otpora odnosno ostvarivanje željenog obrtnog momenta. Hidromotor pak ne bi imao problem ovakve vrste, ali bi s njegovog aspekta problem mogli da predstavljaju veliko vreme odziva, i skupa i robusna hidraulična instalacija. Dalja istraživanja treba usmeriti ka ispitivanju obrtnih momenata setvenih ploča radi omogućavanja potpune automatizacije njihovog rada.

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. Ovako 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 setvene ploče ekvidistantni.

## LITERATURA

- [1.] Marković, D.: Optimizacija tehnologija i poljoprivrednih mašina za obradu zemljišta sa aktivnim radnim organima, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [2.] Veljić M., Marković D.: Optimizacija parametara radnih elemenata poljoprivrednih mašina za obradu zemljišta, Poljoprivredna tehnika, Vol. 32, No.1-2, Novi Sad, 2006.
- [3.] Nikolić R., Malinović N., Mehandžić R., Savin L., Furman T., Gligorić R., Tomić M., Simikić M.: Razvoj kombinovanog ratarskog sistema za obradu zemljišta i setvu, Traktori i pogonske mašine, Vol. 10, No.4, Novi Sad, 2005.
- [4.] Ercegović Đ.: Vrste i uzroci oštećenja elemenata i mehanizama prenosnika snage u poljoprivrednoj tehnici, Traktori i pogonske mašine, Vol. 2, No.4, Novi Sad, 1997.
- [5.] Karayel D.: Performance of a modified precision vacuum seeder for no-till sowing of maize and soybean, Soil and Tillage Research, 2007.
- [6.] Yazgi A., Degirmencioglu A.: Optimisation of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology Biosystems Engineering, Volume 97, Issue 3, Pages 347-356, July 2007.

- [7.] Karayel D., Barut Z. B., Özmerzi A.: Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder Biosystems Engineering, Volume 87, Issue 4, April 2004, Pages 437-444, 2008.
- [8.] Meši M., Malinović N., Kostić M.: Parametri kvalitetne setve semenskog kukuruza, Traktori i pogonske mašine, Vol. 13, No.2, Novi Sad, 2008.
- [9.] Debeljković D.: Sistemi automatskog upravljanja sa kašnjenjem, Mašinski fakultet, Beograd, 1998.
- [10.] Beisecker R.: Einfluß langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf das Bodengefüge, die Wasserinfiltration und die Stoffveragerung eines Sandbundes: dizertácia, Gießen, 1994.
- [11.] Benjamin J. G.: Tillage effects on near-surface soil hydraulic properties, In. Soil & Research, roč. 26, 1993.
- [12.] Kachman S. D., Smith J A.: Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. Transactions of the ASAE, 38(2), 379-387, 1995.
- [13.] Karayel D., Barut Z B., Ozmerzi A.: Mathematical modeling of vacuum pressure on a precision seeder. Biosystems Engineering, 87(4), 437-444, 2004.
- [14.] Moody F. H., Hancock J H.: Wilkerson J B., Evaluating planter performance-cotton seed placement accuracy. ASAE Paper No.03 1146, St Joseph, Michigan, USA, 2003.
- [15.] Katalog EUROICC
- [16.] Tehnička dokumentacija Amazone

Rad primljen: 22.10.2009.

Rad prihvaćen: 29.10.2009.