

UDK: 004.415.2

PRILOG AUTOMATSKOM REGULISANJU PROCESA ORANJA

Rajko Radonjić

*Mašinski fakultet - Kragujevac
rradonjic@kg.ac.yu*

Sadržaj: Kvalitet rada oranja, pri manuelnom regulisanju, je zavisan od veštine i koncentracije operatora. Automatsko regulisanje parametara procesa oranja može dati značajnu korist. Međutim, većina strategija regulisanja oranja i mernih senzora su razvijeni i uključeni u strukturu traktora. U ovom radu razmotrene su mogućnosti integralnog regulisanja oranja pomoću regulacionih modula traktora i pluga. Predložen je algoritam regulacionog sistema. Formiran je model za identifikaciju pod-sistema, plug - tlo i prikazani ilustrativni rezultati.

Ključne reči: traktor, oranje, regulisanje, model, identifikacija

UVOD

Znatan broj poljoprivrednih operacija u poljskim uslovima obavlja se kombinacijom traktora i priključne mašine, to jest kombinacijom pokretnog izvora snage i prikačenog alata - oruđa. Kvalitet rada ove kombinacije je u strogoj relaciji sa veštinom i koncentracijom ljudskog operatora. To istovremeno znači i brže zamaranje operatora, veće greške u obavljanju zahtevanih operacija, veće gubitke proizvoda, nižu produktivnost. Pобољшanja su se kretala u dva pravca: mehanička, hidraulična, elektronska, kombinovana regulacija priključnih mašina, mehanička, mehatronička regulacija radnih procesa pogonskog agregata - motora, prenosnika snage i ostalih vitalnih podsistema traktora. Razvijene su brojne kontrolne strategije, komponente i regulacioni sistemi. U tim fazama razvoja i primene automatizacije u ovom domenu rada, menjala se i uloga operatora, počev od one najkompleksnije da manuelno upravlja režimima rada i položajem traktora, uz istovremenu kontrolu izvršenja radnih operacija priključne mašine, do najkomfortnije, da nadgleda rad potpuno automatizovanog sistema.

Svaka inovacija u razvoju strategija, komponenata i sistema kontrole, njihova realizacija i korišćenje u obradnim sistemima, imala je pozitivne efekte na agrotehničke i ekonomske pokazatelje krajnjih korisnika, ali istovremeno motivisala i angažovala brojne istraživače i institucije za dalja istraživanja efikasnijih rešenja. Pri tome, značajan

doprinos rešavanju ovih problema dale su tehnologije razvijene u sektoru istraživanja drumskih vozila, elektronska regulacija rada motora, prenosnika snage, sistema kočenja, oslanjanja, integracija funkcija, CAN komunikacioni sistemi [1], itd.

Shvatajući značaj predmetne problematike, u ovom radu su razmotrena pitanja trendova primene kontrolne tehnike na mašinama, radnim kombinacijama, za obradu zemljišta, pre svega traktora i plugova za primarno oranje. U tom smislu prikazan je jedan pristup analize dosadašnjih rešenja u smislu formiranja osnove za sintezu adekvatnih regulatora u relaciji sa integralnim, hijerarhijskog nivoa konceptom kontrole izvršavanja radnih operacija. Kratki prikazi predloženog pristupa sa ilustrativnim primerima dati su u narednim poglavljima ovog rada.

ANALIZA I OCENA REGULACIONIH SISTEMA

Već sa primenom prvog mehanizovanog sistema za obradu zemljišta, traktor - plug, počelo se sa razmišljanjem daljeg poboljšanja i optimizacije ovog sistema po ciljnim kriterijumima, manje ulaganje - veća dobit. Ovaj princip uključuje niz mera u svim fazama koncipiranja, razvoja, realizacije, korišćenja radnih konfiguracija. Zapažena primena sistema za automatsku regulaciju procesa obrade zemljišta sa kraja sedamdesetih i početka osamdesetih godina prošlog veka, pospešila je teorijsko - eksperimentalna istraživanja u ovom domenu, ali nametnula i potrebu komparativnih analiza korišćenih rešenja u smislu ocene njihove efikasnosti [2].

U ranim fazama istraživanja i primene regulatora procesa oranja bila su zastupljena tri osnovna regulaciona principa i veliki broj njihovih kombinacija. Uz navođenje ovih principa, navode se i njihove specifičnosti, koje pospešuju ili isključuju njihovu masovniju primenu: 1) sistem regulacije položaja radnog oruđa u odnosu na traktor, 2) sistem regulisanja na osnovu sleđenja, kopiranja profila tla, 3) sistem regulisanja na osnovu toka vučnog otpora radnog oruđa, 4) kombinovani sistemi regulisanja.

Pri pozicionom regulisanju održava se konstantan položaj oruđa u odnosu na traktor. Primenjuje se za oruđa čiji se radni organi, za vreme operacija nalaze iznad tla, kao i pri obradi ravnih deonica polja. Ovaj metod regulisanja je nepovoljan pri obradi valovitog terena jer radni organi ne prate profil pa je dubina obrade promenljiva. Kod sistema regulisanja na osnovu kopiranja profila tla ovaj nedostatak je izbegnut. Parametar regulisanja je dubina obrade. Obezbeđuje obradu neravnog tla, ali je manje efikasan na terenima promenljivih fizičko - mehaničkih karakteristika, zbog kolebanja vučnog otpora [3], [6].

Sistem regulisanja prema toku vučnog otpora održava zadatu vrednost vučnog otpora oruđa. Ovaj princip obezbeđuje zadovoljavajući kvalitet obrade homogenih zemljišta. Kako se pri tome, održavanje zadate vrednosti vučne sile ostvaruje promenom parametara dubine obrade, na terenima promenljivih karakteristika tla se ravnomernost dubine pogoršava. Bolji rezultati se pri tome postižu kombinacijom gore navedenih principa, što zahteva kompleksniji pristup sintezi takvih multi-varijabilnih regulatora procesa obrade, specifične fizičko-matematičke modele podsistema i njihovih sprega, analizu uticaja vrste i pozicije mernih senzora na performanse sistema [3], [4]. S obzirom na aktuelnost ovih problema ističu se protivurečnosti izbora parametara kombinovanog regulisanja.

RELEVANTNI PARAMETRI ZA SINTEZU REGULATORA

Potrebna snaga traktora za vuču plugova pri primarnom oranju, zavisi od dubine i širine brazda, otpora tla i brzine kretanja. S obzirom da otpor tla može bitno da varira unutar poseda koji se obrađuje, sistem kontrole priključne mašine treba da minimizira varijacije potrebne vučne sile od traktora u ovim uslovima. Ovo se praktično postiže, saglasno prethodnim napomenama, smanjenjem ili povećanjem radne dubine i/ili radne širine zahvata radnih elemenata pluga, u uslovima tvrdog ili mekšeg tla. Pri tome se deo mase pluga može preraspodeliti na zadnju osovinu traktora u smislu smanjenja klizanja i veće efikasnosti vuče. Međutim, bez obzira na relevantnost izabranog parametra sa aspekta kontrole i sekundarnih parametara u funkciji limita te kontrole, u jednom dužem periodu razvoja sistema većina parametara primarnog oranja bila je pod kontrolom sistema priključka za traktor. Pri tome, konfliktnost pri izboru pojedinačnih parametara kontrole ili kriterijuma optimizacije pri njihovom kombinovanju je u relaciji sa postavljenim ciljem obavljanja radnih operacija.

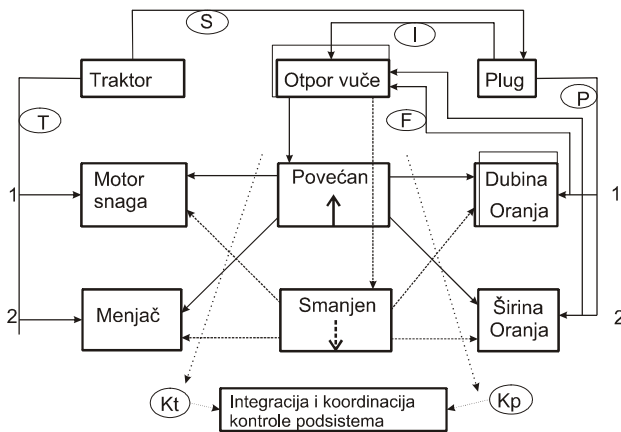
Regulisanje procesa oranja od strane priključka prema zadatoj vrednosti vučnog otpora dovodi do povećanja efikasnosti vuče, produktivnosti rada, ali na račun neuniformne dubine oranja, lošijih uslova za dalje operacije, setvene radove, razvoj useva. Ekonomske analize pokazuju da je primarno oranje skupa operacija sa aspekta uloženi investicija u mehanizaciju, troškova repromaterijala i rada. To istovremeno potvrđuje stav da iznalaženje kompromisa između zahteva produktivnosti i kvaliteta obavljenog rada u ovom domenu aktivnosti je delikatan i odgovoran zadatak.

U skladu sa prethodnim stavom regulacioni parametri procesa oranja imaju šire značenje pa je time njihov izbor i koncipiranje regulacionog sistema takođe delikatan zadatak kako sa regulaciono-tehničkog aspekta tako i navedenih pokazatelja radne efikasnosti. Kako je regulacija vučnih otpora uglavnom fokusirana na pitanja produktivnosti rada, ekonomičnosti pogona, a dubine oranja na pitanja kvaliteta rada, treba ovde istaći i neke spregnute efekte. Pre svega, pozitivne efekte poboljšanja kontrole dubine oranja na pokazatelje produktivnosti rada. Naime, korektna kontrola dubine oranja dovodi do uštede energije i goriva, samim tim što će regulacioni sistem sprečiti da stvarna dubina oranja bude veća od zadate u pojedinim režimima rada i kretanja, a osim toga nije potrebno zadavati veću dubinu od stvarno potrebne zbog mogućih varijacija, što se inače radi kod ne regulisanih sistema.

Kod konvencionalnih sistema regulisanja vučnog otpora radnog oruđa, promenom dubine oranja, razrađeni su različiti principi i merni senzori za posredno merenje ovog otpora i pristupi izboru merenih mesta u sklopu sistema priključka traktora. Pri tome značajne razlike postoje kod sistema nošenih i sistema oslonjenih, vučenih plugova. Kod naprednih regulacionih sistema, sa istovremenom ili primarnom kontrolom dubine oranja, kao parametra, ističe se aktuelan problem odgovarajućeg senzora merenja ovog parametra, kao ulaznog signala. Moguće je, pri tome koristiti : 1) kontaktni princip - merni klizač ili merni točak, 2) bezkontaktni princip - različite varijante senzora razvijene na ultra zvučnom, korelaciono-optičkom, opto-elektornskom principu, i druge.

Rezimirajući napred istaknuta pitanja regulacije procesa oranja kroz faze razvoja realizovanih sistema sagledavaju se mogućnosti za poboljšanje istih, kao i za izbor novih rešenja. U principu kod neregulacionog sistema traktor - plug, najstarije izvedbe, podešavanje potrebne dubine oranja i zahtevane snage traktora, vršio je operator

manuelno, utičući time, na brzinu i kvalitet rada, potrošnju goriva i sl. U daljoj fazi razvoja, kontrolni moduli u strukturi plugova, regulisali su parcijalno proces oranja sa alternativnim parametrima, otpor vuče, dubina oranja, a napredniji moduli i kombinaciju ovih parametara. U isto vreme, razvijani kontrolni moduli u strukturi traktora, ne zavisno od prethodnih, bili su u funkciji regulisanja radnih procesa, pre svega motora i prenosnika snage [1]. Integracijom ovih kontrolnih modula jednog i drugog podsistema i kordinacijom njihovog rada u funkciji obavljanja određene agrotehničke operacije, u ovom slučaju primarnog oranja, mogu se postići značajni pozitivni efekti. Predlog koncepta jednog takvog objedinjenog sistema koncizno je ilustrovan algoritmom na sl. 1.



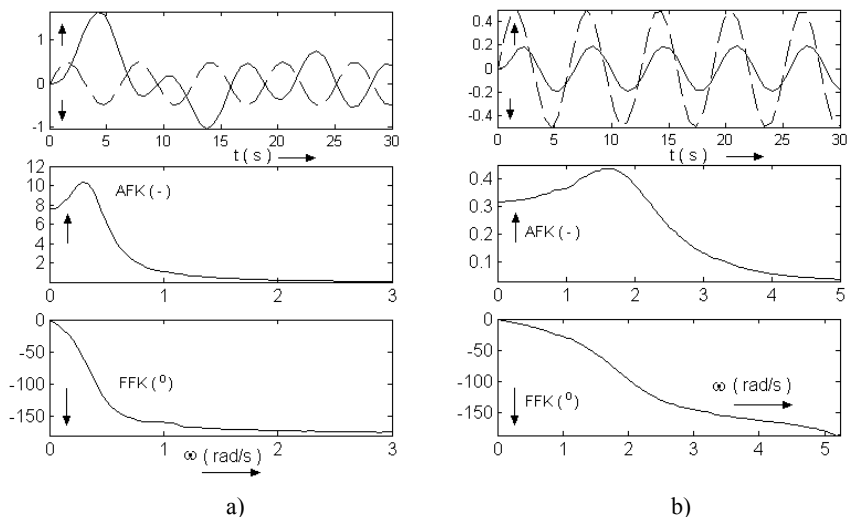
Sl. 1. Algoritam kompleksnog regulacionog sistema procesa primarnog oranja

Algoritam na sl. 1, daje šematski prikaz mehaničkih i funkcionalnih veza posmatrane radne konfiguracije, pokazatelje interakcije plugova i tla, relevantne kontrolne parametre, regulacione konture i nivoe koordinacije. Korišćene slovne oznake prikazuju: T - mehaničku - funkcionalnu strukturu traktora, P - mehaničku - funkcionalnu strukturu pluga, S - mehaničke - funkcionalne komponente sprege traktora i pluga, I - interakciju pluga i tla, F - uticajne primarne faktore na otpor oranja, dubina, širina, K_t - kontrolni moduli u strukturi traktora, K_p - kontrolni moduli u strukturi pluga. U ovom blok-prikazu posebno su istaknuti, duplo uokvireni relevantni parametri "otpor vuče", koji je u relaciji sa otporom oranja i "dubina oranja", dakle, dva parametra koja su korišćena u ranijim parcijalnim regulacionim sistemima kao alternativni ili integralni, da bi se u kontekstu ovog multi-varijabilnog sistema istakle njihove složene međurelacije. Cilj regulacionog koncepta se može jednostavno objasniti: na varijacije otpora vuče, u svakom smeru, regulacioni sistem dejstvuje sa četiri regulacione konture - na strani traktora, kontura za optimalno podešavanje rešima rada motora i kontura za izbor prenosnih odnosa menjača, - na strani pluga, konture za optimalni izbor dubine i širine oranja, respektivno. Regulacioni koncept se može razraditi uz pomoć klasičnih i savremenih metoda sinteze, projektovanja, realizacije i korišćenja sistema. U tom smislu kombinacija fuzzy logike i neuronskih mreža daju dobre osnove za dalje analize.

Predlaganjem koncepta regulacionog sistema u ovom radu, prikazanog na sl. 1, imala se u vidu dva osnovna cilja: 1) da se na koncizan i vizuelan način istaknu aktuelni problemi regulacije procesa oranja, nešto šire dati u tekstualnom delu rada, 2) da se integracijom parcijalnih sistema regulacije, u jedan kompleksan hijerarhijski upravljani i od operatora nadgledan sistem, pored poboljšanja koja se time postižu, istakne značaj razvojnog rada u domenima, i segmentima parcijalnih sistema i podsistema, kao sastavnim komponentama te integracije.

MODELIRANJE INTERAKCIJE PLUG – TLO

Iz sklopa regulacione strukture, prikazane na sl. 1, u ovom radu je prezentiran segment razrade interakcije, podsistema plug - tlo, slovna oznaka I. Formiran je simulacioni model za identifikaciju prenosne strukture podsistema, kao ekstenzija modela [7], za simuliranje samog procesa oranja. Osnovno svojstvo predložene metode je mogućnost modeliranja pluga bilo koje konfiguracije, broja reznih elemenata i načina vuče ili nošenja, u sprezi sa tlom u referentnim ravnima vertikalne i podužne dinamike sistema, sa strukturom i parametrima modela relevantnim za regulisanje varijacija dubine oranja. Na ovaj način, identifikovana prenosna struktura podsistema plug - tlo je baza za sintezu odgovarajućeg regulatora. Ulazni podaci su spregnuti sa četiri karakteristična parametra podsistema, a sadrže: masu pluga i raspodelu iste, prigušno-restituciona svojstva tla koje se obrađuje, oscilatorna svojstva oslonih točkova pluga, odnose koordinata položaja reznih elemenata pluga i oslonih točkova, brzinu kretanja sistema, pobudno dejstvo tla na rezne elemente pluga. Kao rezultat identifikacije dobijaju se frekventne karakteristike podsistema, amplitudna i fazna - frekventna, u prenosnoj konturi, pobuda pluga - varijacije dubine oranja.



Sl. 2. Frekventne karakteristike podsistema plug - tlo u toku oranja
 a) $p_1=0.4, p_2=0.08, p_3=0.2, p_4=0.5$; b) $p_1=2, p_2=0.4, p_3=0.2, p_4=0.5$

Iz obimne baze rezultata identifikacije ovog podsistema, na sl. 2, su prikazani ilustrativni primeri za dve kombinacije karakterističnih parametara podsistema, označeni sa p_1 do p_4 . Tokovi krivih ukazuju da podsistem plug - tlo u zoni srednjih i nižih učestanosti ispoljava dejstvo niskopropusnog filtra sa izraženom prvom rezonantnom učestanošću; više rezonantne učestanosti su u manjoj meri izražene. Poređenjem krivih za dve kombinacije parametara uočava se značajan uticaj konstruktivnih svojstava pluga, mehaničko-fizičkih svojstava tla, pokazatelja režima kretanja, na prenosu strukturu podsistema, što se mora uzeti u obzir pri izboru principa regulisanja dubine oranja.

ZAKLJUČAK

U odnosu na manuelno regulisanje parametara obrade zemljišta, posebno, primarnog oranja, automatizovani sistemi daju značajna poboljšanja iskazana kroz ekonomsko-tehničke i socijalne efekte. Za poslednje tri decenije korišćeni su različiti principi regulisanja u ovom domenu, realizovani uglavnom preko radnih mašina. S obzirom na intenzivan razvoj i primenu tehnologije aktivne kontrole radnih procesa sistema traktora, integracija regulacionih modula traktora i radne mašine stvara osnovu za razradu efikasnijih strategija regulisanja operacija primarnog oranja. Savremeni softverski alati simulacije i identifikacije daju značajan doprinos u razvojnim istraživanjima i komparativnim analizama.

LITERATURA

- [1] Roberts M.: MF 8200 tractors: take a CAN bus trip around the big new Masseys, Profi Int.99.
- [2] Turbin B i grupa autora.: Seljskohozjastveni mašini. Teorja, konstrukcija i rasčēt. Mašgiz, 1963.
- [3] Bekker M.: Introduction to terrain-vehicle systems. Ann Arbor. The university of Michigan press, 1960.
- [4] Rifal N.: Evaluation of an automatic depth controller. Agric. Mechanisation, 23(3), 28-30, 1992.
- [5] Sohne W.: Agricultural Engineering and Terramechanics. Journal of Terramechanics. vol. 6, N^o 4, 1969.
- [6] Wong J.: Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, Newyork, 1995.
- [7] Radonjić R.: Razvoj softvera za simuliranje procesa obrade zemljišta. Poljoprivredna tehnika, 3, str. 19-24, 2007.

CONTRIBUTION TO AUTOMATIC CONTROL OF PLOUGHING PROCESS

Rajko Radonjić

*Mechanical Faculty - Kragujevac
rradonjic@kg.ac.yu*

Abstract: The work quality of the ploughing, by manual control is depended from operator skill and cocentration. Automatic control of the ploughing process parameters can give significant benefit. However, the majority of the ploughing control strategies and measured sensors are developed and implemented in plough structure. In this paper, the possibilities of the ploughing integrtrd control by means of the tractor and plough control moduls are considered. An algorithm of control system is proposed. The identification model of sub-system plough-soil is formed and ilustrative results are presented.

Key words: *tractor, ploughing, control, model, identification*