

UDK: 303.645

MEHATRONIČKI SISTEMI TRAKTORA U FUNKCIJI SAVREMENE POLJOPRIVREDNE PROIZVODNJE

Stojić B., Časnji F., Poznić A.

Fakultet tehničkih nauka Novi Sad

Sadržaj: U novije vreme došlo je do intenzivnih prodora u području tehnološkog razvoja poljoprivrednih traktora, što je dovelo do značajnih poboljšanja u svim aspektima njihove upotrebe. Dostignuti nivo razvoja u najvećoj meri omogućilo je uvođenje sistema elektronskog upravljanja i njihova široka primena na različitim sistemima traktora. Zahvaljujući ovim unapređenjima, traktor je od prvobitno relativno jednostavne i robusne mašine evoluirao u sofisticirani mobilni sistem visoke tehnologije sposoban za izvođenje potpuno novih funkcija i dostizanje znatno višeg nivoa sveukupnih rezultata rada. Ukratko se može navesti nekoliko najvažnijih primera, kao što su poboljšanje energetske efikasnosti, bolja zaštita zemljišta i okoline, povećanje produktivnosti i unapređenje kvaliteta agrotehničkih operacija, poboljšanje uslova rada rukovaoca itd. Nove tehnologije, čija primena je dovela do navedenih rezultata, pre svega su bazirane na mehatroničkim sistemima. U radu je, na osnovu istraživanja aktuelne literature, dat prikaz trenutnih dostignuća i pravaca istraživanja, i diskutovane mogućnosti daljeg razvoja. Zbog obimnosti tematike, rad je fokusiran prvenstveno na sam traktor kao mobilni sistem.

Ključne reči: *poljoprivredni traktor, mehatronika*

UVOD

Poljoprivreda je u novije vreme postala područje značajne primene visokih tehnologija. Došlo je do razvoja i primene inteligentnih sistema koji omogućavaju efikasnu proizvodnju doprinoseći u isto vreme unapređenju ekoloških i društvenih efekata. Načela razvoja traktora u skladu su sa principima savremene poljoprivredne proizvodnje koje odlikuje težnja za povećanjem količine, raznovrsnosti i kvaliteta proizvoda, uz što efikasnije korišćenje energetskih resursa i smanjenje svih vidova štetnih uticaja na okolinu. Uz stalno unapređivanje tehnoloških i eksploatacionih karakteristika poljoprivredne mehanizacije, mogućnostima za ostvarivanje zadatih ciljeva doprinosi i težnja ka daljem rasterećenju rukovaoca traktora i potpunoj automatizaciji radova. Savremene trendove u poljoprivredi takođe odlikuju postupci

obezbeđivanja kvaliteta i sledljivosti, što obuhvata i neophodnost kreiranja odgovarajuće dokumentacije propisane zakonskom regulativom. Takođe je velika važnost nadzora mašinskog parka, telemetrijskog servisa, kao i raspoznavanja grešaka kod kompleksnih mašina. Mogućnost za ispunjavanje svih ovih zahteva i praćenja razvojnih trendova kod savremenih traktora počiva pre svega na intenzivnom prodoru elektronskih komponenata u sve njihove segmente.

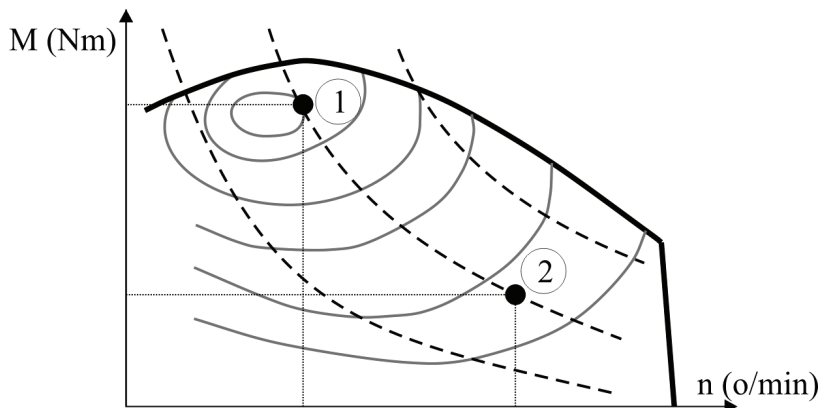
Uvođenje brojnih elektronskih mernih i upravljačkih sistema i njihova integracija sa postojećim mehaničkim i hidrauličkim komponentama, pri čemu način obrade i korišćenja podataka ima ključnu ulogu u ostvarivanju funkcije, čini da savremeni traktor u sebi obuhvata veći broj mehatroničkih sistema, od kojih su mnogi međusobno umreženi ili integrisani. Njihove funkcije mogu biti npr. upravljanje kretanjem traktora, upravljanje i nadzor nad izvođenjem agrotehničkih operacija, komunikacija sa okolinom itd. Iako su mnogi od ovih sistema međusobno povezani, a ponekad iz tehničko – konceptijskih razloga nije sasvim moguće jasno razgraničenje njihovih funkcija, ovaj rad je fokusiran pre svega na one sisteme koji ostvaruju funkciju traktora kao mobilne mašine odnosno vozila. Neophodnost ovakvog parcijalnog pristupa proističe iz opširnosti i raznovrsnosti tretirane problematike. Šire i sveobuhvatnije razmatranje primene elektronskih i mehatroničkih sistema savremenih poljoprivrednih traktora iziskivalo bi rad daleko šireg obima. Ovaj rad je napisan na osnovu istraživanja aktuelne literature koja pokriva posmatranu oblast.

UNAPREĐENJE POGONSKOG SISTEMA TRAKTORA

Optimizacija energetske efikasnosti pogonskih koncepata vozila, uključujući mobilne radne mašine, već duže vreme je predmet intenzivnih istraživanja. Kao jedno od najperspektivnijih rešenja za poljoprivredne traktore nametnula se kontinualno-varijabilna transmisija za prenos snage od dizel motora do pogonskih točkova, između ostalog i stoga što se naročito ističe sa aspekta mogućnosti za realizaciju potencijala za optimizaciju parametara rada uz povećanje energetske efikasnosti. Pri tome je za ostvarivanje optimalnih efekata ključno elektronsko upravljanje motorom i transmisijom.

Integracija sistema upravljanja motorom i transmisijom otvara, uz odgovarajuću upravljačku strategiju, mogućnosti dalje optimizacije parametara radnog režima. Jedan mogući pristup u formiranju strategije koja omogućava optimizaciju potrošnje goriva, obezbeđujući istovremeno stabilnost radnog režima nezavisno od uslova eksploatacije, opisan je u radu [9]. Integrisano upravljanje motorom i transmisijom omogućava rad motora u području nižih brojeva obrtaja, uz povoljne vrednosti specifične efektivne potrošnje goriva, što odgovara radnoj tački 1, sl. 1. Nizak broj obrtaja, kao i veći obrtni moment koji motor pri tome odaje, istovremeno doprinose povećanju stepena korisnosti transmisije što dalje doprinosi značajnom sveukupnom poboljšanju energetske efikasnosti traktora. Upravljačka strategija koordiniranog delovanja sistema za napajanje motora i podešavanja prenosnog odnosa transmisije, na osnovu povratne informacije o tekućoj veličini radnog otpora, omogućava da se fluktuacije opterećenja kompenzuju regulacijom punjenja motora i prenosnog odnosa transmisije, dok je u fazama ustaljenih vrednosti otpora omogućen trajan rad u povoljnom području na opisan način. Bez ovakvog upravljačkog sistema, motor traktora mora da radi na području visokih obrtaja

(tačka 2 na sl. 1) kako bi imao rezervu snage za savlađivanje špiceva opterećenja, što dovodi do povećanja potrošnje goriva, buke i habanja.



Sl. 1. Školjkasti dijagram traktorskog motora

S obzirom na ulogu i funkciju pogonskih sistema traktora, realno je očekivati njihov dalji tehnološki napredak, uključujući i primenu potpuno novih koncepata. Može se prognozirati da će kao jedan od pravaca razvoja biti obuhvaćen koncept sa upotrebom motora u točku [7]. Za realizaciju ovakvog sistema mogu se koristiti hidrostatički pogonski sistemi, ali se u budućem periodu može očekivati prodor električnih [1] i elektro-hibridnih [2] pogona u traktore što će omogućiti da se upotreba elektro-motora u točku proširi sa istraživačkih okvira na mašine u eksploataciji.

Pogon sa pojedinačnim motorom za svaki točak omogućava, u odnosu na centralizovani pogon, veći broj konstruktivnih i eksploatacionih prednosti. U kontekstu poboljšanja eksploatacionih karakteristika, značajno je navesti sledeće:

- između pojedinačnih pogonskih točkova ne postoji mehanička veza, što omogućava da se za svaki točak pojedinačno odredi optimalni obrtni moment, klizanje i broj obrtaja; na mekim podlogama ovo rezultira optimalnim iskorišćenjem adhezije i poboljšanjem vučnih performansi, smanjenjem potrošnje goriva, boljom zaštitom zemljišta i smanjenjem habanja pneumatika; na tvrdoj podlozi optimiraju se dinamičke performanse i poboljšava aktivna bezbednost vozila, što je od značaja kod savremenih traktora koji se kreću većim brzinama;
- individualna regulacija obrtnih momenata i brojeva obrtaja omogućava poboljšanje upravljivosti i manevarskih sposobnosti traktora.

Za praktičnu realizaciju navedenih prednosti neophodan je adekvatan sistem upravljanja i realizacija odgovarajuće upravljačke strategije. Potrebne vrednosti obrtnih momenata i brojeva obrtaja pojedinih motora određuju se na osnovu upravljačkih komandi vozača i informacija o dinamičkom stanju sistema [7], pri čemu se za komunikaciju između pojedinih upravljačkih, senzorskih i aktuatorskih komponenata koristi CAN-bus magistrala.

MOGUĆNOSTI I STANJE RAZVOJA HODNOG I KOČNOG SISTEM TRAKTORA

Jedan od glavnih problema u eksploataciji poljoprivredne mehanizacije uopšte jeste štetno dejstvo normalnih i tangencijalnih sila kojim sistem za kretanje deluje na poljoprivredno zemljište, izazivajući tako njegovo sabijanje, čije prekomerno ispoljavanje ima poznate višestruke štetne efekte. Zaštita zemljišta sa ovog aspekta je već dugo tema brojnih istraživanja. Reč je o kompleksnoj problematici u okviru koje još uvek postoje nerešena pitanja i samim tim potencijal za dalje unapređenje stanja. Mogućnost značajnijeg napretka u ovoj oblasti leži u primeni mehatroničkih sistema za regulaciju parametara hodnog sistema traktora u funkciji parametara zemljišta vezanih za sabijanje. Ovakav razvoj vezan je pre svega za razvoj senzorske tehnike i način upotrebe prikupljenih informacija o ključnim parametrima. Kao jedan od mogućih pravaca sa potencijalom za optimiranje zaštite zemljišta može se posmatrati razvoj mernog sistema za utvrđivanje vlažnosti zemljišta [4] koja predstavlja jedan od ključnih parametara za sabijanje pri radu poljoprivredne mehanizacije. Zajedno sa informacijom o dubini prodiranja pneumatika u podlogu dobijenom putem laserskog senzora [13], koja pruža uvid u stanje opterećenja tla, ovi podaci se mogu koristiti za upravljanje sistemom za automatsku regulaciju pritiska u pneumaticima i njegovu optimizaciju sa aspekta zaštite zemljišta.

S obzirom na uticaj pritiska u pneumaticima na širok spektar eksploatacionih karakteristika pneumatika i samog traktora [3], integracija sistema za automatsku regulaciju pritiska u upravljački sistem i senzoriku traktora može, osim zaštititi zemljišta, takođe doprineti:

- poboljšanju energetske efikasnosti i realizacije vučnih sila putem prilagođavanja vučnih karakteristika pneumatika aktuelnim parametrima poljoprivrednog zemljišta,
- poboljšanju komfora rukovaoca kroz uticaj na oscilatorne karakteristike,
- povećanju aktivne bezbednosti traktora u javnom saobraćaju kroz uticaj na dinamičke performanse pneumatika na tvrdoj podlozi,
- smanjenju mogućnosti oštećenja i smanjenju habanja pneumatika, itd.

U okviru sistema za kretanje sa guseničnim mehanizmom, potencijal za unapređenje postoji npr. u okviru optimizacije zakona raspodele vertikalnog opterećenja između gusenice i tla u funkciji svojstava zemljišta i režima rada. U radu [6] je predstavljen koncept guseničnog mehanizma sa aktivnom regulacijom oslanjanja točkova. Reč je o inovativnom konceptu mehaničke konfiguracije i hidrauličnog upravljanja potpomognutog upravljačkim sistemom koji obezbeđuje optimalno naleganje gusenice na tlo u režimu obrade zemljišta kao i poboljšane manevarske sposobnosti pri krivolinijskoj trajektoriji traktora.

Kočni sistem traktora je kod novijih generacija traktora, zbog povećanih brzina kretanja, doživeo značajne konstruktivne izmene. Ipak, uvođenje upravljačkih sistema kao što je npr. ABS u drumskim vozilima, u slučaju traktora je zasad u fazi istraživanja i izrade konceptnih rešenja. Koncept automatskog upravljanja kočnim sistemom kod traktora, međutim, nalazi primenu kao sistem asistencije vozaču pri polasku na uzbrdici, ali i pri vožnji nizbrdo kako bi se umanjila opasnost od destabilizacije vučnog voza (eng.

"*jack-knifing*", pojava naglog i nekontrolisanog povećavanja uzdužnog ugla između vučnog i priključnog vozila koja dovodi do gubitka upravljivosti a može izazvati i bočno prevrtanje). Ovakva mogućnost dolazi do izražaja kada rukovalac, bez angažovanja pedale kočnice, koči vučni voz isključivo dejstvom motora i transmisije. Opasnost od ove pojave naročito je izražena kod danas široko prihvaćenih pogonskih sistema sa kontinualno-varijabilnom transmisijom, usled mogućnosti brzog i velikog porasta kočnog momenta motora i transmisije, što može dovesti do porasta klizanja točkova do mere u kojoj se gubi bočno prijanjanje [15]. Automatsko upravljanje kočnim sistemom, aktivirajući kočnice priključnog vozila, smanjuje mogućnost ovog nepovoljnog ishoda. Upravljačka jedinica mora da identifikuje kinematičke i dinamičke parametre vučnog voza i komandi na osnovu čijih veličina se donosi odluka o aktiviranju sistema asistencije.

AUTOMATIZACIJA VOĐENJA TRAKTORA I UPRAVLJANJA RADNIM UREĐAJEM

Automatizacija vođenja traktora i izvođenja radnih operacija je područje gde je u novije vreme došlo do najintenzivnijeg upliva mehatronike i automatskog upravljanja, što je rezultiralo najintenzivnijim nivoom napretka u ovoj oblasti tehnologije traktora. Posmatrajući spregu traktora i priključnog uređaja, sistemi koji kompletno automatizuju rad u polju su današnje stanje tehnike, a na tržištu su prisutni i sistemi sa mogućnošću naknadne nadogradnje na traktore ranijih generacija, npr. u slučaju automatskog vođenja traktora. Ovakvo stanje omogućeno je širokom primenom sistema automatskog upravljanja na različitim sistemima traktora, njihovim umrežavanjem, upotrebom različitih navigacionih sistema, kao i razvojem softverskih rešenja koja omogućavaju implementaciju tehnologija za eksploataciju tehničkih potencijala. Za slučaj kada traktor radi u području slabog prijema satelitskih signala, ili, naročito, kada je potrebno vođenje traktora u skladu sa biljnom konfiguracijom (kao što je slučaj u voćarstvu), za navigaciju se mogu koristiti laserski i ultrazvučni senzori koji detektuju položaj listova odnosno stabla biljke [11]. Dalje unapređenje ovog koncepta treba da omogući mehanički tretman u suzbijanju korovskih biljaka.

U razvoju sistema za automatizaciju rada sa traktorom neophodno je obezbediti da oni budu korisnički orijentisani, da bi korisniku bilo lako dostupno korišćenje svih njihovih potencijala, kao i da bi se izbegao otpor korisnika eventualnoj potrebi za složenim do-obučavanjem radi upotrebe sistema.

Rad traktora u polju karakterišu postupci koji se periodično ponavljaju, kao što je na primer slučaj pri okretanju traktora na kraju njive pri oranju – podizanje, okretanje i spuštanje pluga, isključivanje i uključivanje kardanskog vratila, pogona na sva 4 točka i blokade diferencijala, upravljanje motorom i transmisijom radi prilagođavanja brzine kretanja itd. U funkciji rasterećenja rukovaoca i posledičnog podizanja produktivnosti i kvaliteta rada, elektronski upravljački sistem savremenih traktora poseduje mogućnost programiranja i automatskog izvršavanja ovakvih postupaka. Umrežavanje motora, transmisije i radne hidraulike i zajedničko upravljanje ovim sistemima omogućava njihovo potpuno automatsko izvršavanje na osnovu programiranog upravljačkog algoritma kog izvršava centralna upravljačka jedinica. Pored ovih postupaka, obrada podataka dobijenih od navigacionog sistema omogućava i automatsko okretanje traktora

na kraju parcele. Korišćenje preciznih podataka navigacionog sistema je takođe osnova za automatsko vođenje traktora po zadatom tragu, što se odlikuje višestrukim prednostima kao što su automatsko precizno postavljanje traktora sa agregatom u položaj za sledeći prolaz, smanjenje preklapanja, rasterećenje rukovaoca, smanjenje potrebe za obukom i redukcija mogućnosti ljudske greške itd. [16]. Rezultat je ušteda goriva i ostalih radnih sredstava, kao i povećanje produktivnosti i podizanje kvaliteta rada.

SISTEM OSLANJANJA I VIBROIZOLACIJA

Iako je kod savremenih traktora izražena tendencija za širom primenom sistema elastičnog oslanjanja točkova, u oblasti zaštite rukovaoca od štetnog dejstva vibracija (propisane evropskom direktivom 2002/44/EEC) prevashodna pažnja se poklanja sistemima oslanjanja kabine i sedišta. U tom kontekstu, značajnu ulogu ima razvoj poluaktivnih i aktivnih sistema oslanjanja. Kod poluaktivnih sistema vrši se upravljanje prigušenjem, što se obično realizuje električnim upravljanjem prigušnim ventilima i promenom protočnog preseka, odnosno magnetnim poljem primenom magnetoreoloških hidrauličnih tečnosti. Aktivni sistemi podrazumevaju primenu aktuatora koji intenzitet sile ili veličinu pomeranja u toku vremena neprekidno prilagođavaju zadatku poništavanja odnosno redukcije oscilacija oslonjenog objekta. Ova podela se može ilustrovati diferencijalnom jednačinom oscilatornog sistema (1) i tabelom 1, prema [10]:

$$m \cdot \ddot{x} + k \cdot \dot{x} + c \cdot x = F(t) + F_{AKT} \quad (1)$$

gde je: x – pomeranje, m – masa oscilujućeg objekta, k – koeficijent prigušenja, c – krutost opružnog elementa, $F(t)$ – spoljna sila koja sistem pobuđuje na oscilovanje, i F_{AKT} – sila aktuatora.

Tab. 1. Vid oscilatornog sistema u zavisnosti od parametara jednačine (1)

Pasivno oslonjen sistem	k i c nepodesivi, $F_{AKT} = 0$
Poluaktivno oslonjen sistem	k i/ili c podesivi, $F_{AKT} = 0$
Aktivno oslonjen sistem	k i/ili c podesivi, $F_{AKT} \neq 0$

U istom radu prikazan je i koncept aktivno oslonjenog sedišta sa pneumatskim aktuatorom. Sistem je projektovan tako da koristi što manje energije za rad, što je važna osobina koja doprinosi mogućnosti primene aktivnog oslanjanja [14]. Takođe, ovo omogućava sistemu da se napaja sopstvenom energijom, što omogućava naknadnu ugradnju u proizvoljni model traktora. Za određivanje oscilatornog stanja sedišta koriste se davači položaja i ubrzanja. Krutost sistema se podešava pomoću elektro-pneumatskog ventila za regulaciju zapremine vazduha u aktivnom delu pneumatskog sistema putem kog je ovaj spregnut sa dodatnom zapreminom. Pri definisanju upravljačkog algoritma uzeto je u obzir da je frekventni spektar pobudnih dejstava kontinualan, što usložnjava ovaj zadatak.

OSTALI SISTEMI

Pored mehatroničkih sistema traktora kao motornog vozila, kojima se ovaj rad prevashodno bavi, ukratko treba pomenuti i ostale mehatroničke sisteme vezane za traktore i njihovu primenu uopšte, od kojih su neki ukratko pomenuti u okviru uvoda.

Jedna od ključnih uloga u ostvarivanju funkcija mehatroničkih sistema svakako pripada različitim sistemima za komunikaciju i prenos podataka. Savremeni traktori raspolazu CAN-bus magistralom za digitalni prenos podataka između različitih komponenata elektronskog sistema, što omogućava umrežavanje upravljačkih jedinica i generalni menadžment traktora. Komunikacija traktora i priključnog uređaja putem CAN-bus sistema, preko ISO-bus priključka, daje mogućnost automatizacije i optimizacije upravljanja traktorom sa aspekta poboljšanja radnog procesa na osnovu signala sa radnog uređaja [5].

U okviru bežičnog prenosa podataka na daljinu, od značaja je pomenuti teleservis. Njegova uloga je prenos podataka o dijagnostičkim parametrima mašine do udaljenog računara pomoću kog se sprovede postupci održavanja po stanju, kako bi isti mogli biti sprovedeni pravovremeno i na optimalan način i time bilo predupređeno nastajanje stanja otkaza koja, posebno u slučaju specijalizovane visokopacitetne mehanizacije, mogu imati veoma kompleksne i skupe posledice [8]. Osnova za to predstavlja automatizovano prikupljanje i prenos relevantnih podataka vezanih za samu mašinu i njen radni proces. Da bi se pravovremeno identifikovala stanja koja zahtevaju intervenciju, potreban je inteligentan sistem analize i vrednovanja podataka. U procesu prenosa podataka u funkciji teleservisa do izražaja dolazi tehničko korišćenje internet – servisa [12]. Dalje, sistem za prikupljanje podataka o radu traktora i priključnog oruđa takođe se koristi za prikaz stanja rukovaocu kako bi imao uvid u radne parametre, kao i za formiranje dokumentacije o radnom postupku.

Uloga mehatronike u hidrauličkom sistemu traktora je takođe izuzetno značajna, s obzirom na važnost i raznovrsnost funkcija za koje se on koristi. Široka automatizacija postupaka, o kojoj je bilo reči, ne može se realizovati bez aktivne uloge hidrauličkog sistema traktora.

ZAKLJUČAK

U radu je, na osnovu istraživanja aktuelne literature, prikazano stanje i očekivani budući trendovi razvoja u primeni mehatroničkih sistema na poljoprivrednim traktorima. Pri tome je, zbog opširnosti i raznovrsnosti ovakve teme, u okviru ovog rada pažnja posvećena pre svega onim sistemima koji traktor čine mobilnom mašinom odnosno vozilom. Stoga je izostao prikaz ostalih sistema koji se pre svega odnose na vršenje samih agrotehničkih operacija, postupke održavanja itd. Iz istog razloga nije dat detaljniji funkcionalni i konstrukcioni opisi sistema o kojima je bilo reči.

Na osnovu navedenog može se doneti zaključak o visokom nivou tehnološkog napretka kod poljoprivrednih traktora zahvaljujući primeni mehatroničkih sistema, što je opšti trend u celokupnoj savremenoj poljoprivredi kao i mnogim drugim područjima ljudske delatnosti. Optimalna integracija elektronskih, hidrauličnih i mehaničkih komponenata omogućava egzaktnije upravljanje procesima, što je osnova za prednosti

koje se ovim putem mogu realizovati, a koje se ogledaju u uštedi proizvodnih sredstava, smanjenju troškova, poboljšavanju produktivnosti, kvaliteta, i uslova rada, većoj zaštiti okoline itd.

Kao osnovne karakteristike trendova budućeg razvoja može se predvideti pre svega dalji razvoj sensorike i inteligentnih sistema za prikupljanje podataka, kao što je obrada slike, akvizicija podataka o elektroprovodljivosti ili vlažnosti zemljišta i njihova upotreba za on-line identifikaciju vitalnih parametara, identifikacija karakteristika samih biljaka i plodova itd. Ovakav razvoj je u funkciji precizne poljoprivrede, s obzirom na mogućnost prilagođavanja procesa rada lokalnim specifičnostima, korišćenja prikupljenih podataka u funkciji dokumentovanja sprovođenja postupaka obezbeđivanja kvaliteta itd.

Takođe trendovi ukazuju na težnje u pravcu dalje automatizacije rada, smanjenje uloge rukovaoca, sve do izraženih tendencija za uvođenjem autonomnih robotizovanih vozila u poljoprivrednu proizvodnju. Predmet razvoja su i sistemi daljinskog prenosa podataka i njihovo uključivanje u automatizovane ekspertske sisteme radi optimizacije održavanja i logistike, gde se takođe ogleda težnja za smanjenjem uloge ljudskog operatera.

LITERATURA

- [1] Aumer W., Lindner M., Geißler M., Herlitzius T.: Elektrischer Traktor: Vision oder Zukunft?, Landtechnik 1/2008, s.14–15
- [2] Časnji F., Stojić B.: Razvoj hibridnih elektro–dizel traktora, Traktori i pogonske mašine 13(2008)4, str. 43–48
- [3] Časnji F., Torović T., Muzikravić V.: Energetska efikasnost traktora, Monografija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2009.
- [4] Drücker H., Zeng Q., Sun Z., Roller O., Schulze Lammers P., Hartung E.: Bodenbearbeitung mit sensorischer Erfassung der oberflächennahen Bodenfeuchtigkeit, Landtechnik 4/2009, s.272–275
- [5] Freimann R.: Gerät steuert Traktor, Landtechnik 3/2003, s.166–167
- [6] Geischer R., Rainer J., Haller C.: Aktiv gefedertes Gummigurtbandlaufwerk mit automatischer Auflagekraftoptimierung, Landtechnik 3/2010, s.170–173
- [7] Geissler M.: Entwicklung, Implementierung und Verifizierung der Steuerung und Regelung für einen elektrischen Einzelradantrieb, diplomski rad, TU Dresden, 2010.
- [8] Göres T., Harms H.–H.: Datenmanagementsystem für den Teleservice bei mobilen Arbeitsmaschinen, Landtechnik 5/2007, s.328–329
- [9] Harms H.–H.: Potenziale integrierter Motor– und Getriebesteuerungen, Landtechnik 3/2010, s.164–166
- [10] Himmelhuber F.: Die aktiv geregelte Luftfederung für den Traktorsitz – Ein Mikroprozessor steuert die Kennlinienanpassung in Fahrersitzen, Landtechnik 3/2006, s.132–133
- [11] Holpp M.: Automatisches Lenksystem für Traktoren im Obstbau, Landtechnik 3/2008, s.148–149
- [12] Scheuffler B.: Intelligente Technologien im Landmaschinenbau, Landtechnik 6/2001, s.396–397

- [13] Sommer C., Lebert M., Jaklinski L., Jasinski B.: Bodenschadverdichtung – Strategien und Techniken zum physikalischen Bodenschutz, Landtechnik 2/2003., s.94–95
- [14] Stojić B., Časnji F., Poznanović N.: „Potencijali mehatroničkih sistema oslanjanja za poboljšanje efekata rada poljoprivrednih traktora“, Traktori i pogonske mašine 14(2009)2/3, str. 29-36
- [15] Wiegandt M., Harms H.–H.: Traktoren automatisch bremsen, Landtechnik 4/2003, s. 248–249
- [16] www.deere.com, septembar 2010.

TRACTOR MECHATRONIC SYSTEMS IN SERVICE OF A CONTEMPORARY AGRICULTURAL PRODUCTION

Stojić B., Časnji F., Poznić A.

Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Abstract: In past few decades significant changes happened in the field of technological development of agricultural tractors, leading to great improvements in different aspects of their operation. This is enabled, above all, by introducing of electronic control systems and their wide application in different systems of the tractor. Due to these changes, agricultural tractor has evolved from rough and robust heavy duty machine to high-tech system capable of executing fully new functions and achieving much higher level of overall working results. A several main examples can be named, such as greater energy efficiency, lower emission, greater quality of agro-technical operations, better soil protection and enhanced working conditions for human operator. New technologies, whose application has led to achieved results, are mostly based on mechatronic systems. This paper will give a basic overview of current achievements and discuss possibilities for future development, mainly focused on the tractor as mobile machine i.e. vehicle.

Key words: *agricultural tractor, mechatronics*