



UDK: 631.614.86

INFORMATIVNI PREGLED PRIMENA MEHATRONIČKIH SITEMA KOD SAVREMENIH POLJOPRIVREDNIH TRAKTORA

**Predrag Petrović¹, Dragoljub Obradović²,
Zoran Dumanović², Goran Micković³**

¹Institut Kirilo Savić - Beograd

²Institut za kukuruz - Zemun Polje

³Res Trade - Novi Sad

Sadržaj: Trend razvoja poljoprivrednih traktora prati agrotehnički i opšti razvoj tehnike, tako da fundamentalna istraživanja nalaze punu primenu i u svetskoj proizvodnji traktora. Najnovija dostignuća u oblasti elektronike i drugih oblasti istraživanja su primenjiva i na traktorima (primena mehatroničkih i hidrostatičkih sistema, satelitsko praćenje, elektronika, računarske i informacione tehnologije i drugo).

Efekat koji se postiže primenom ovih sistema sagledava se u poboljšanju energetske efikasnosti, komfornosti vozača, zadovoljenju emisije izduvnih gasova i buke, boljoj ekonomičnosti i pouzdanosti i dr.

Ključne reči: traktor, komfornost, razvoj, ergonomija, ekologija, mehatronika.

1. UVOD

Tokom proteklih sto godina od dana prikaza poljoprivrednog traktora, ostvarena su mnoga usavršavanja, poboljšanja i uvođenja novih sistema i njihovih komponenata. Proces razvoja poljoprivrednih traktora posebno je evoluirao u poslednjoj dekadi prošlog veka koji je sublimirao sva najnovija dostignuća u fundamentalnim istraživanjima.

Te faze razvoja novih sistema i njihovih komponenata zasnivala su se na razvoju: motora, transmisije, upravljačkih sistema, hidrauličkih sistema, kočionih sistema, dizajna kabine i kapotaže, ergonomskih zahteva, uvođenja mehatroničkih sistema, novih pneumatika, novih sistema agregiranja oruđa i radnih mašina i dr, a sve u cilju poboljšanja: performansi, ekonomičnosti, komfornosti, racionalnosti, ekoloških i ergonomskih zahteva i drugo.

Primena savremenih rešenja u izvesnom vidu utiče i na povećanje troškova održavanja traktora u eksploataciji, ali istovremeno korišćenjem savremenih oruđa i priključnih mašina, primenom novih pogonskih goriva i maziva, smanjuju se opšti troškovi poljoprivredne proizvodnje, kao i smanjenje zagađenja zemljišta i životne

sredine, što daje za pravo i proizvodnju relativno zdrave hrane. U prilog ovim činjenicama ide opšti intenzivni trend razvija motora u poslednjih desetak godina, koji se zasniva na potpuno novim sistemima za ubrizgavanje goriva i poboljšanim karakteristikama, novim rešenjima izduvnih i usisnih sistema, sistema za smanjenje emisije izduvnih gasova, novih prigušnih sistema, novih konstruktivnih rešenja klipnog sklopa, primene novih materijala, vrsta goriva i maziva i drugih rešenja.

2. PRIKAZ PRIMENE NEKIH TEHNIČKIH REŠENJA NA SAVREMENIM TRAKTORIMA

2.1. Primena common rail (cr) sistema ubrizgavanja goriva dizel motora

Primena sistema Common Rail kod ubrizgavanja goriva dizel motora, danas je skoro desetak godina u primeni. Savremeni dizel motora, skoro se ne mogu ni zamisliti bez primene Common Rail sistema za ubrizgavanje goriva.

Sistem omogućava kontrolu parametara ubrizgavanja, putem zajedničkog voda visokog pritiska i brizgača sa većim brojem otvora i manjih prečnika, sa elektromagnetnim komandovanjem, čime se ostvaruje ubrizgavanje goriva u svaki cilindar.

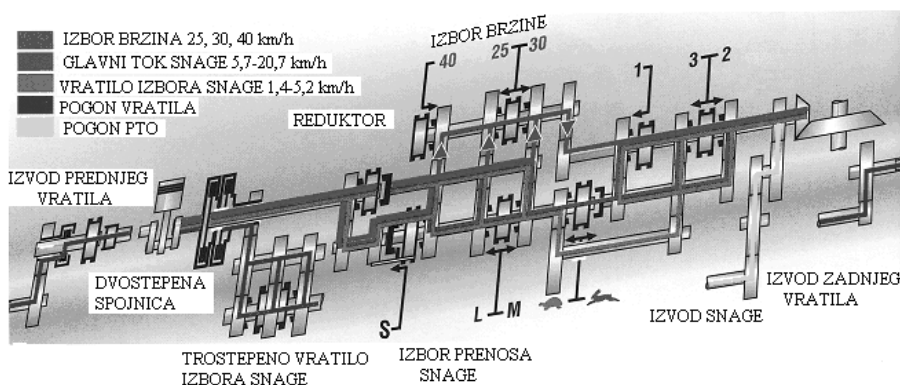
Ubrizgavanje se vrši pod pritiskom i do 2000 bara, čime se ostvaruje bolje raspršivanje goriva u cilindru, a time i bolje formiranje smeše goriva i vazduha. Takvim rešenjima utiče se na smanjenje perioda pritajenog, a naročito neregulisanog sagorevanja.

Hidraulično-mehanički sistemi poseduju ventil za regulaciju pritiska u sabirnom vodu, što omogućava regulaciju hoda igle brizgača, a time i pritiska u samom brizgaču u zavisnosti od režima rada motora. Ovu mogućnost Common Rail sistemu daje mikrokontroler koji kontroliše relevantne veličine rada motora i time ostvaruje regulaciju tih veličina.

S obzirom na već sada široku primenu i tendencije daljih poboljšanja u kvalitativnom i kvantitativnom smislu kod dizel motora, mogu se navesti sledeće prednosti: racionalnija potrošnja goriva, bolje performanse motora odnosno traktora, veći stepen toplotnog iskorišćenja, smanjenje štetnih komponenata emisije izduvnih gasova i buke.

2.2. Pravci razvoja transmisije poljoprivrednih traktora

U poslednjih nekoliko godina razvoj prenosnika snage je doživeo značajne promene. Nakon dugogodišnje primene tzv. stepenastih menjačkih prenosnika, sve veću primenu kod savremenih traktora nalaze bezstepeni prenosnici snage, naprimer jedno od takvih rešenja je dobro poznati POWERSHIFT. Sistem je zasnovan na jednoj ili više grupa planetarnih prenosnika i uz automatsko uključivanje u pogon odgovarajuće grupe putem hidraulički komandnih spojnika, čime se pristupilo sasvim novom konceptu baziranom na hidrostatičkom principu delovanja. Ovakav sistem obezbeđuje kontinualan prenos snage u širokom opsegu optimalnih agrotehničkih brzina (0-40-50 km/h), u zavisnosti od radnih operacija. Na slici 1 dat je šematski prikaz toka snage jednog kontinualnog sistema i rasporedom brzina traktora opsega snage od 40-60 kW, i maksimalnoj brzini od 40 km/h.



Slika 1. Šematski prikaz kontinualnog prenosa snage traktora

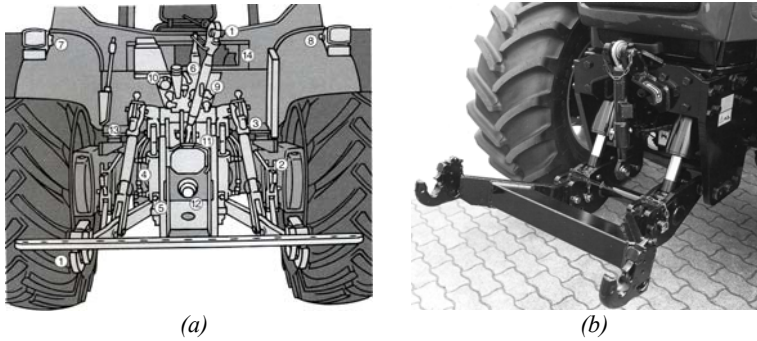
Sistemi POWERSHIFT poseduju više stepene prenose snage, a novi menjači su sa međuvratilima i stalno uzubljenim zupčanicima, sa kontrolom preko namenski kontrolisane jedinice. Pri takvim rešenjima elektronika je preuzela komandnu ulogu, a hidraulika izvršnu. Radom elemenata menjača upravlja se preko FEMA proporcionalnih elektromagnetnih ventila.

Sprezanje relevantnih parova zupčanika, inače u stalnoj sprezi, sa vratilima uz pomoć višemelastih spojnica, predstavlja značajan napredak u razvoju menjača. Time se u dijazonu promenljivih radnih otpora omogućava održavanje konstantne tehnološke brzine i vrlo brzo reagovanje na nastale promene u komponentama sistema. Primenom kombinacione izvedbe menjača sa sinhronima i menjača bez prekida toka snage, razvijen je menjač (POWTSYNC ili POWRQUAD sistem) sa udvojenim brojem stepena prenosa, formiranih u dva progresiona reda i konstantnim prenosnim odnosom između njih, sa jasnom podelom na potrebe brzina kretanja u ratarskoj proizvodnji i na brzine kretanja koje više odgovaraju stočarskoj/povrtarskoj proizvodnji, uključivši i umerene transportne brzine. Tako se kod menjača bez prekida toka snage postiže značajno povećanje stepena korisnog dejstva menjača koje se ostvaruje zamenom podmazivanja karterskog tipa, usmerenim mlazovima ulja na višemelastu spojnicu u toku promene stepena prenosa, dok se spregnuti parovi zupčanika po kinematskoj šemi podmazuju na taj način tokom čitavog vremena prenosa momenta. Sistem usmerenog podmazivanja troši energije približno oko 1,5% snage motora, što je svakako manje od snage koja bi se trošila na podmazivanje razbacivanjem ulja po karteru.

Celokupan rad traktora se nadgleda putem kontrolnih jedinica koje rukovaocu signaliziraju trenutne probleme paljenjem lampica, upozoravajućih displejeva ili preko monitora putem dijagnostičkih kodova., čime se postiže apsolutna zaštita traktora od težih havarija.

2.3. Rešenja podizno-hidrauličnih sistema traktora

Kod starijih hidrauličnih sistema interakcija vučnih sila i dubine oranja uglavnom nije bila pod vizuelnom kontrolom rukovaoca traktora. Međutim primenom elektronike kod podizno-hidrauličkih sistema, prilagođeni senzori imaju mogućnost registracije dubine rada, brzine kretanja i klizanja uz vizuelnu kontrolu rukovaoca preko monitora u kabini traktora. Ovakav sistem omogućava permanentno praćenje realizacije agrotehničkih operacija.



Slika 2. Vizuelni prikaz jednog savremenog rešenja (a) i ugrađenog u prednjem delu traktora (b) podizno-hidrauličnog sistema traktora

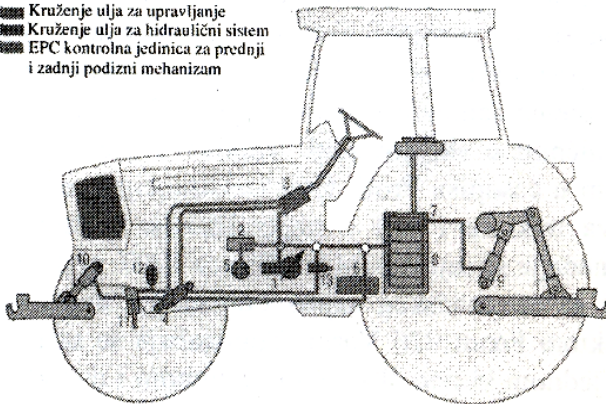
Savremeni traktori imaju hidraulične podizne uređaje sa regulacionim sistemom, kojim se mehaničkog tipa, sve više zamenjuju elektronskim regulacionim sistemom. Poznata su rešenja sa servo-hidrauličnim regulacionim sistemom, kod koga se direktno sa poluge podizača deluje na hidraulični klip, koji odziv sa poluga prenosi na regulacioni sistem podiznog uređaja održavajući programirani položaj radnih organa priključka. Podizno-hidraulični sistem, jednog savremenog rešenja prikazan je na slici 2a.

Pomoću komandno-kontrolne jedinice, ostvaruju se režimi rada predhodno podešenih vrednosti podizanja i spuštanja radnih organa, kao i vremenske i podizne karakteristike uređaja i njihovo usklađivanje sa ostalim podešenim parametrima radnih postupaka, kao što je slučaj dela operacija obrade na uvratinama. Korelacija između interakcije koeficijenta otpora zemljišta, vučnih sila i dubine oranja, nije više van kontrole rukovaoca traktora.

Posebno razvijeni i prilagođeni senzori imaju mogućnost da registruju dubinu radnog zahvata, brzinu kretanja i klizanje i istovremeno prikazu informacije rukovaocu u kabini i na taj način omogući neprekidno praćenje realizacije agrotehničkih operacija.

Danas se kod savremenih traktora, u cilju poboljšanja rentabilnosti rada, sve više koriste podizno-hidraulični sistemi ugrađeni na prednjem delu traktora (sl. 2b). Traktori srednje kategorije, sa kontinualnim prenosom snage, opremljeni su sa potpuno elektro-hidrauličnom kontrolom i daljinskim upravljanjem, kao što je prikazano na slici 3.

- ▨ Kruženje ulja za upravljanje
- ▨ Kruženje ulja za hidraulični sistem
- ▨ EPC kontrolna jedinica za prednji i zadnji podizni mehanizam



- 1-podesiva klipna pumpa,
- 2-ventil za hidroupravljanje,
- 3-razvodnik za upravljanje,
- 4-upravljajući cilindri,
- 5-pumpa za upravljanje,
- 6-upravljajuće-kontrolna jedinica za prednji podizni sistem,
- 7-upravljajuće-kontrolna jedinica za zadnji podizni sistem,
- 8-pomoćna kontrolna jedinica,
- 9-zadnji podizni cilindri,
- 10-prednji podizni cilindri,
- 11-hidraulični cilindri za prednju osovinu,
- 12-jedinica za održavanje nivoa,
- 13-ventil sigurnosti

Slika 3. Podizni mehanizam sa elektro-hidrauličnom kontrolom

2.4. Tendencije razvoja pogona priključnog vratila

Savremena rešenja prenosnika omogućavaju zahvaljujući primeni višamelastih spojnice potopljenih u ulju i elektrohidrauličnog aktiviranja, omogućavaju promenu smera kretanja bez prethodnog zaustavljanja. To je posebno značajno pri operacijama koje zahtevaju česte promene smera kretanja i pri visoko sofisticiranim rešenjima traktora koja istovremeno ili parcijalno obavljaju operacije preko prednjih i zadnjih PTO vratila.

Kod traktora postoji nekoliko različitih rešenja izvođenja prenosa snage na priključna vratila, a neka su:

1. Pogon preko prenosnika snage traktora, samo kada je uključena glavna spojnica,
2. Mogućnost pogona preko dodatnog prenosnika zadnjeg pogonskog mosta i u zavisnosti je od broja obrtaja točkova,
3. Nezavisno uključivanje PTO, bez obzira da li je uključen pogon kretanja,
4. Savremeno rešenje sa nezavisnim prenosnikom i višamelnom spojnicom, sa automatskom kočnicom, a za najveće traktore hidrostatički pogonjeno PTO.

Kod savremenih traktora u upotrebi su uglavnom treće i četvrto rešenje, sa izvođenjem i na prednjem delu traktora.

2.5. Razvoj prednjih pogonskih i upravljačkih mostova

Prednji pogonski mostovi, istovremeno i kao upravljački mostovi, imaju povećane uglove zaokretanja upravljačkih točkova (i do 52°), čime se postiže poboljšanje manevarke sposobnosti, koje se još dodatno povećavaju isključenjem prednjeg pogona samo pritiskom na pedalu kočnice.

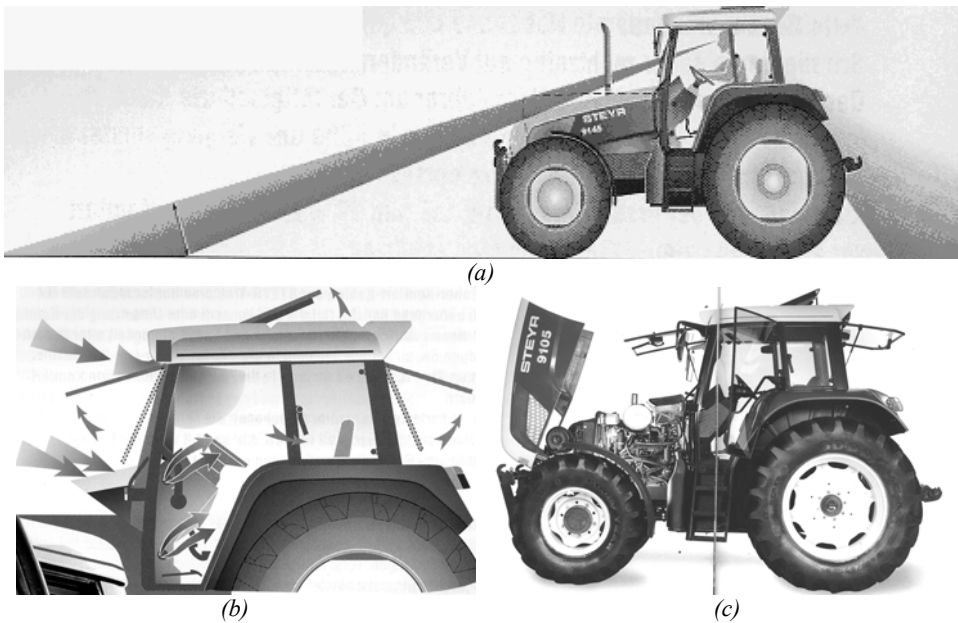
Sistem sa zupčastom letvom omogućava montažu udvajanja točkova na prednjem i/ili zadnjem mostu u zavisnosti od vrste rada.

2.6. Ergonomski zahtevi savremenih poljoprivrednih traktora

Kod savremenih traktora velika pažnja se posvećuje ergonomskim zahtevima i do danas u tom pogledu učinjeno je veoma mnogo, kroz širu primenu elektronike i savremenih informacionih sistema, u cilju automatskog upravljanja režimima rada traktora, kao i priključnih mašina i oruđa.

Ergonomski zahtevi obuhvataju sledeće: buku, vibracije, mikroklimu, aeroxagađenje, temperature, pristup kabini, lakoću rukovanja i pristup komandama, vidljivosti, psiho-fizički zamor i dr.

Danas se kabine izrađuju sa veoma modernim dizajnom, savršeno ispunjenim ergonomskim zahtevima, lakim upravljanjem i dobrim rešenjima grejanja i klimatizacije. Zaobljena stakla na kabini traktora stvaraju povoljniji vizuelni pregled, uz povećanje zapreminskog prostora same kabine. Ako bi se iz svih ergonomskih zahteva, izdvojila dva, preglednost i aeroxagađenje i tome dodao zahtev pogodnosti održavanja traktora, na slici 4 se mogu videti primeri nekih rešenja postavljenih zahteva.



Slika 4. Primer ergonomskih zahteva u pogledu vidljivosti, provetravanja kabine i pogodnosti održavanja traktora, a) vidljivost, b) provetravanje, c) pogodnost održavanja

2.7. Osnovi ekoloških zahteva savremenih poljoprivrednih traktora

U poslednjih nekoliko godina svedoci smo sve većih aktivnosti u očuvanju čovekove životne i radne sredine, ne samo u oblasti saobraćaja, već i poljoprivrede. Kada su u pitanju traktori, oni emituju čad i druge otrovne sastojke pa time i doprinose samoj degradaciji zemljišta, koja u kasnijim fazama utiče i na sam kvalitet poljoprivrednih proizvoda.

Ekologija je veoma kompleksan problem i proizvođači čine velike napore kako bi se unapredio ekološki aspekt prilikom eksploatacije traktora.

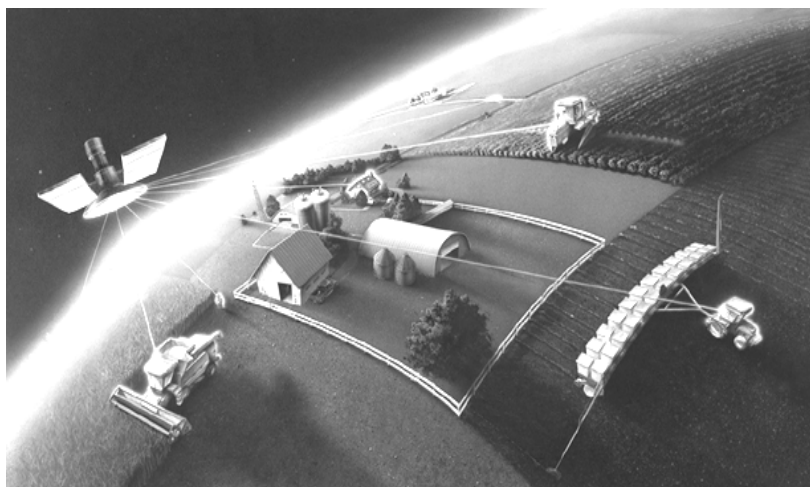
Savremeni traktori zahtevaju pouzdane i ekološki čiste pogonske agregate, koji podrazumevaju redukciju emisija čestica, dima, azotnih oksida, ugljenmonoksida i ugljovodonika, prema standardu ECE R96.

2.8. Primena satelitskog navođenja traktora

Danas se u svetu sve više primenjuju funkcije koje omogućavaju kontrolu i upravljanje traktora i drugih mašina pomoću satelitskog navođenja. Jedan od više mogućih je AMS (Agricultural Management Solutions) sistem, koji omogućava ostvarivanje sledećih funkcija: upravljanje proizvodnjom, upravljanje poljoprivrednim mašinama, prikupljanje, obradu i arhiviranje podataka, upravljanje poslovanjem i dr. Pozicioniranje traktora primenjuje se pojavom GPS-a (Global Positioning System), da bi danas neki sistemi i formirane mreže zemaljskih stanica pokrili celu zemaljsku kuglu do nivoa 75⁰ severne i južne geografske širine.

Tavi sistemi mogu ostvariti tačnost i do ± 30 cm, što omogućava zadovoljenje nekih agrotehničkih operacija pri obradi zemljišta, dok neki sistemi imaju još veću tačnost koja može biti i do ± 10 cm što zadovoljava većinu agrotehničkih zahteva, da bi neki sistemi imali još veću tačnost, čak i do ± 2 cm. Pomoću mobilnog procesora prihvataju se podaci od prijemnika ili senzora, koji je u vezi sa elektronskom upravljačkom jedinicom traktora, koja obrađuje podatke i daje naredbu za izvršenje.

Na slici 5a. dat je sistemski prikaz satelitskog navođenja. Pomoću prijemnika/odašiljača sa integrisanim uređajem (slika 5c), za kompenzaciju nagiba vrši se korekcija svih proračuna pozicije i prilagođava signal neravnom terenu i padinama. Na slici 5b prikazan je monitor za praćenje rada traktora koji pokazuje: trenutnu brzinu kretanja, procenat klizanja točkova, brzinu okretanja PTO vratila, potrošnju goriva, obrađenu površinu (dužina i širina zahvata), broj obrtaja motora i druge parametre.



a)



b)

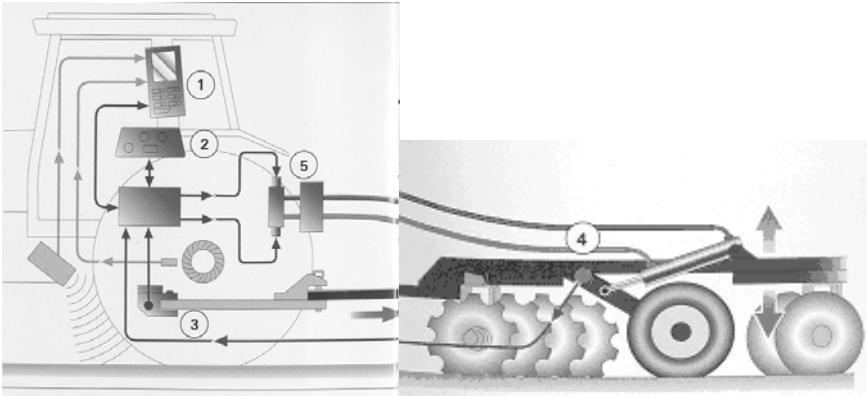


c)

Slika 5. (a) Satelitski sistem za navođenje u poljoprivredi; (b) monitor za praćenje parametara rada traktora; (c) prijemnik/odašiljač sa integrisanim uređajem za kompenzaciju parametara

2.9. Mehatronički sistem za kontrolu parametara rada traktora

Pri eksploataciji traktora u zavisnosti od vrste rada, a naročito pri oranju neophodno je da parametri rada u zavisnosti od vrste rada budu što bliži optimalnim.



Slika 6. Sistem za kontrolu parametara rada traktora

Jedan mehatronički sistem za kontrolu rada traktora prikazan je na slici 6. Sastoji se iz sledećih komponentata: 1- displeja koji ima mogućnost pregleda preko dvadeset parametara rada traktora, 2 - ELC kontrolera i procesora, 3 - vučne poluge na koju se ugrađuje senzor/davač sile, 4 - oruđa sa ugrađenim senzorom, 5 - električnog kalema. Ovaj sistem omogućava kontrolu parametara rada traktora navedenih u prethodnom poglavlju, koji utiču na povećanje produktivnosti i smanjenja troškova pri agrotehničkim radovima.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog može se zaključiti, da je dostignuti nivo primene mehatroničkih i drugih sistema kod savremenih traktora dostigao jedan zavidan nivo. Dostignuti visoki tehnološki razvoj

traktora doneo je i znatna poboljšanja u pogledu: ekonomičnosti, racionalnosti, povećanja stepena iskorišćenja traktora, poboljšanju komfora (buka, vibracije, rukovanje, aerozagađenje i dr.), smanjenju emisije izduvnih gasova, poboljšanju pogodnosti održavanja i dr.

Međutim, treba imati u vidu da proizvodnja traktora u Evropi ne bazira apsolutno na svim ili delimičnim rešenjima savremenih traktora posmatranim u ovom radu, naprotiv mnogi proizvođači nisu dostigli taj nivo, ili to tržišta ne uslovljavaju, pa se i dalje proizvodi znatan broj konvencionalnih traktora različitih tipova.

Te i druge okolnosti su znatno pogodile i naše proizvođače traktora, koji zbog nedostatka potrebnih kadrova, kao i materijalnih sredstava nisu bili u mogućnosti da barem u izvesnoj meri prate savremeni trend razvoja traktora, pa je zaostatak za njima sve veći.

Međutim, realno je očekivati da se eventualnom transformacijom vlasništva domaćih proizvođača, odnosno dolaskom nekih od evropskih proizvođača traktora i proizvodnjom novih tipova, taj zaostatak može delimično smanjiti.

LITERATURA

- [1] Petrović P. i dr.: Istraživanje, projektovanje i razvoj nove generacije savremenih traktora koji zadovoljavaju ekološke i druge svetske propise, Projekat: Industrija motora Rakovica-Mašinski fakultet-Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine RS (EVB:TP-6307-B) u periodu 2005-2007g. - Studija "Razvoj traktora, transmisija i oruđa savremenih traktora".
- [2] Obradović D., Petrović P., Dumanović Z., Micković G.: Primena naučnih saznanja u oblasti eksploatacije traktora korišćenjem elektronske opreme, XIV Naučni skup "Pravci razvoja traktora i mobilnih sistema" Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 24.11.2007.g.
- [3] Obradović D., Petrović P.: Naučne osnove konstrukcije novih traktora IMR.a, Rakovica-65 12 BS DV i Rakovica -75 12 BS DV, IX Naučni skup sa Međunarodnim učešćem: "Pravci razvoja traktora i mobilnih mašina", 05.12.2003g., Novi Sad, br.4, Vol.8, Novi Sad, Rad štampan u stručnom časopisu JUMTO "Traktori i pogonske mašine", Naučni rad, str.64-69.
- [4] Petrović P.: Opšti pristup rešavanju problematike buke traktora, "Traktori i pogonske mašine", br. 4/2005g, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- [5] Petrović S. Radojević N. i dr.: Trend razvoja dizel motora za pogon teških teretnih vozila, časopis "Traktori i pogonske mašine", br. 3, 1998. g., Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- [6] Prospektni materijali proizvođača traktora (MASSEY FERGUSON, SAME, JOHN DEERE, DEUTZ-FAHR, VALTRA, PASQUALI, STEYR, CASE IH, NEW HOLLAND, FENDT, MAHINDRA, TAFFE, ZETOR, UNIVERZAL, LANDINI, IMT, BELARUS, IMR, LANDINI) i dr.

INFORMATION REVIEW APPLICATION THE MECHATRONIC SYSTEMS FOR CONTEMPORARY AGRICULTURAL TRACTORS

**Predrag Petrović¹, Dragoljub Obradović²,
Zoran Dumanović², Goran Micković³**

¹*Institut Kirilo Savić - Beograd*

²*Institut za kukuruz - Zemun Polje*

³*Res Trade - Novi Sad*

Abstract: Trend development of agricultural tractors, follows agrotechnique and to the general development of technique, that fundamental investigations find their full application in the world manufacturing of tractors also.

The newest achievements in fields of investigations are applied in the tractors too applying mechatronics and hydrostatics systems, electronics, satellite surveying of machine work, informations and computer technology etc. The main improvements related to the application of systems is better energy efficiency, conforms drivers, respecting exhaust gases emission and noise, better economy and reliable etc.

Key words: tractor, conforms, development, ergonomy, emission, mechatronics.