

SENZORI UGAONE BRZINE I NJIHOVA PRIMENA U POLJOPRIVREDNOJ TEHNICI

SENSORS FOR MEASUREMENTS OF ANGULAR VELOCITY AND THEIR APPLICATION IN AGRICULTURAL MACHINES

Vukić, Đ., Oljača, M., Ercegović, Đ., Radičević, B.*

REZIME

Merenje i regulacija ugaone brzine često se sreće u mnogim oblastima industrije, uključujući i poljoprivrednu tehniku. Uređaji za merenje ugaone brzine se dele na mehaničke i električne, pri čemu sve veću primenu imaju električni uređaji zasnovani na primeni odgovarajućih senzora ugaone brzine. U radu su date karakteristike senzora ugaone brzine koji nalaze primenu u poljoprivrednoj tehnici (optoelektronski, kapacitivni, elektromagnetni, senzori na bazi Holovog efekta) i ukazano je na specifičnosti njihove primene u poljoprivrednoj tehnici.

Ključne reči: senzor, tahometar, ugaona brzina, poljoprivredna tehnika

SUMMARY

Measurements and control of angular velocity are encountered in many fields of industry, including in agricultural machines. Devices used for measurements of angular velocity are of mechanical or electrical type. The usage of electrical devices which are based on the application of appropriate sensors of angular velocity becomes greater lately. In this paper are given the characteristics of angular velocity sensors which are applied in agricultural machines (optoelectronic, capacitance and electromagnetic sensors and those sensors which are based on Hall's effect) and their specific qualities are pointed out.

Key words: sensor, tachometer, angular velocity, agricultural machines

UVOD

Senzori ugaone brzine obično se nazivaju tahometrima. Klasifikacija tahometara vrši se prema tipu konverzije energije u primarnom elementu senzora, načinu primene, metodi merenja i vrsti indikatora na kome se vrši očitavanje. Prema tipu konverzije energije u primarnom elementu razlikuju se mehanički, magnetni, elektromehanički i stroboskopski tahometri. Mehanički

* Prof. dr Đukan Vukić, Prof. dr Mićo Oljača, Prof. dr Đuro Ercegović, mr Branko Radičević, Institut za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivredni fakultet Zemun, Nemanjina 6, 11080 Beograd-Zemun

tahometri imaju samo mehaničke pretvaračke elemente (centrifugalni, frikcioni, hidraulični i pneumatski tahometri). Glavni element magnetnih tahometara je indukcioni pretvarač. Elektromehanički tahometri u svojim memim kolima sadrže elektromehaničke pretvarače (tahometarski generatori, tahometri sa brojanjem impulsa). Stroboskopski tahometri rade na principu stroboskopskog efekta, [1]. Po načinu primene razlikuju se stacionarni i prenosni tahometri, dok se prema metodi merenja tahometri dele na kontaktne i beskontaktne. Prema vrsti indikatora na kome se vrši očitavanje razlikuju se uređaji sa digitalnim frekvencimetrima ili tajmerima (instrumenti za merenje perioda) kao i uređaji kod kojih se ugaona brzina, odnosno broj obrtaja, meri voltmetrima.

BLOK ŠEMA UREĐAJA ZA MERENJE UGAONE BRZINE

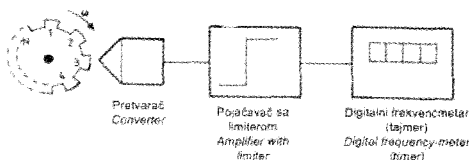
Na slici 1 prikazana je tipična blok šema uređaja za merenje ugaone brzine, odnosno broja obrtaja, na bazi digitalnog frekvencimetra ili tajmera.

Uređaj je realizovan tako da senzor daje periodični izlazni signal pri čemu jednom obrtaju odgovara ceo broj N perioda, dok se amplituda izlznog signala menja u zavisnosti od ugaone brzine.

Pojačavač sa ograničavačem ili Šmitovo okodno kolo imaju za cilj da daju povorku impulsa konstantne amplitude, [3]. Frekvencija ovih impulsa iznosi N_f gde je f broj obrtaja u sekundi osovine čija se brzina meri. Ako N_f iznosi 1, 10 ili 100 tada digitalni frekvencmetar neposredno pokazuje broj obrtaja u sekundi. Ukoliko, međutim, N_f iznosi 6 ili 60, digitalni frekvencmetar daje broj obrtaja u minuti. Blok šema uređaja gde se frekvencija očitava voltmetrom, odnosno miliampermetrom prikazana je na slici 2. Senzor daje izlazni signal čija je učestalost srazmerna ugaonoj brzini. Signal se vodi na ograničavač (limiter), a zatim okida jedno monostabilno kolo. Na taj način se generišu pravougaoni impulsi konstantne amplitude U_0 i periode T_0 . Srednji napon povorke impulsa iz monostabilnog multivibratora linerarno je srazmeran brzini obrtanja osovine. Zato se brzina obrtanja može meriti jednosmernim miliampermetrom, bilo direktno, bilo preko pogodnog niskofrekventnog filtra.

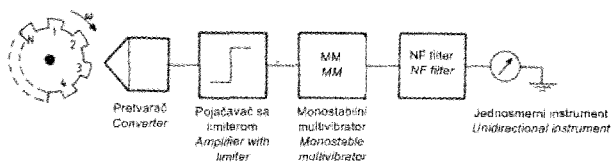
KARAKTERISTIKE SENZORA UGAONE BRZINE KOJI SE PRIMENJUJU U POLJOPRIVREDNOJ TEHNICI

Senzori ugaone brzine u poljoprivrednoj tehnici najčešće nalaze primenu kod poljoprivrednih



Sl. 1. Blok šema uređaja za merenje ugaone brzine osovine na bazi digitalnog frekvencimetra ili tajmera

Fig. 1. Block diagram of the device that measures angular velocity of a shaft, which is based on a digital frequency-meter or a timer



Sl. 2. Blok šema uređaja za merenje ugaone brzine osovine na bazi konverzije učestalosti u napon

Fig. 2. Block diagram of the device that measures angular velocity of a shaft, which is based on the conversion of frequency into voltage

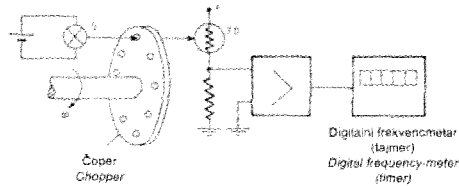
mašina (kombajni i traktori) kako prilikom ispitivanja, tako i u toku njihove eksploatacije radi kontrole, praćenja i realizacije raznih automatizovanih procesa. U tom smislu primenu nalaze optoelektronski senzori, kapacitivni senzori, elektromagnetni (indukcioni) senzori i senzori na bazi Holovog efekta, [4].

Optoelektronski senzori

Optoelektronski senzori ugaone brzine spadaju u grupu senzora sa impulsnim izlaznim signalom čija je frekvencija multipl frekvencije obrtanja osovine. Glavna prednost ove vrste senzora jeste u tome što daju signal velike amplitude koja ne zavisi od ugaone brzine i što ne opterećuju osovinu. Postoji više izvedbi šema merenja sa ovom vrstom senzora, [3]. Na slici 3 prikazana je jedna od šema koja se vrlo često koristi, a to je tzv. šema sa mehaničkim čoperom. Na osovinu je pričvršćen disk, tzv. čoper, koji je po obimu podeljen na providne i neprovidne sektore. Neprovidni sektori presecaju svetlost koja iz sijalice pada na fotoelektrični detektor otpornog ili naponskog tipa.

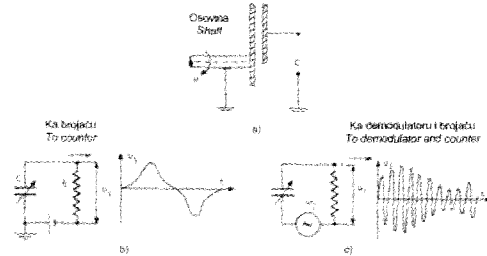
Kapacitivni senzori

Postoji veliki broj kapacitivnih senzora ugaone brzine od kojih je jedna tipična varijanta prikazana na slici 4.a. Senzor se sastoji od ekscentrične ploče koja se obrće sa osovinom i od jedne stacionarne ploče. Prilikom obrtanja dolazi do periodične promene aktivne površine ploče, a time i do promene kapacitivnosti senzora. Za merenje se može primeniti ili kolo sa jednosmernim napajanjem (slika 4, b)



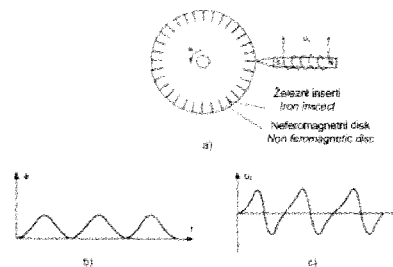
Sl. 3. Optoelektronski metod za merenje ugaone brzine sa mehaničkim čoperom

Fig. 3. Optoelectronic method for the measurements of angular velocity by means of a mechanical chopper



Sl. 4. Merenje ugaone brzine pomoću kapacitivnih pretvarača: a) kapacitivni pretvarač, b) kolo sa jednosmernim napajanjem, c) kolo sa naizmeničnim napajanjem

Fig. 4. Measurements of angular velocity by means of: a) capacitance transducers, b) DC supplied circuit and c) AC supplied circuit



Sl. 5. Elektromagnetni senzor ugaone brzine indukcionog tipa: a) principijelna šema, b) vremenska promena magnetnog fluksa, c) promena izlaznog napona sa brzinom obrtanja

Fig. 5. The inductive type electromagnetic sensor of angular velocity: a) basic principles diagram, b) time variations of magnetic flux, c) output voltage as a function of rotation velocity.

ili kolo sa naizmjeničnim napajanjem (slika 4, c), [3].

Elektromagnetni (indukcioni) senzori

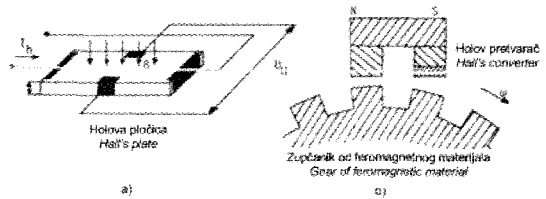
Elektromagnetni (indukcioni) senzori ugaone brzine rade na principu promene otpornosti magnetnog kola usled prolaza gvozdrenih zubaca diska koji je montiran na rotirajućoj osovini. Ovi senzori se izrađuju u velikom broju varijacija i konstrukcija, [5]. Jedna od tipičnih izvedbi prikazana je na slici 5.a.

Ovaj senzor se dakle sastoji iz dva dela. Prvi deo je postavljen na osovini. Izrađen je u obliku diska od neferomagnetnog materijala po čijem se obimu nalaze pravilno raspoređeni inserti od gvožđa. U neposrednoj blizini rotirajućeg dela, na rastojanju od oko 0,5 mm fiksiran je indukcioni detektor pomeraja. Zbog naizmjeničnog prolaska magnetnog i nemagnetnog dela diska pored indukcionog detektora pomeraja menja se magnetna otpornost zbog čega se menja i magnetni fluks (slika 5.b). Usled te promene fluksa indukuje se elektromotorna sila koja postavlja izlazni napon (slika 5.c). Ako je izlazna informacija amplituda onda se očitavanjem ugaone brzine, odnosno broja obrtaja, vrši pomoću voltmetra, a ako je frekvencija onda pomoću frekvencmetra.

Senzori na bazi Holovog efekta

Holov efekat nastaje kada se poluprovodnik kroz koji protiče struja unese u magnetno polje, [1]. Senzor ugaone brzine na bazi Holovog efekta sastoji se od stalnog magneta i magnetnog kola čija se magnetna otpornost periodično menja pri obrtanju osovine (slika 6).

Holov senzor se nalazi u vazdušnom procepu tako da prilikom rotacije dolazi do periodične promene magnetne indukcije čime se generišu, na osnovu Faradejevog zakona elektromagnetne indukcije, naponski impulsi. Učestalost ovih impulsa direktno je srazmerna ugaonoj brzini. Zahvaljujući otkriću novih poluprovodničkih materijala senzori na bazi Holovog efekta imaju sve veću primenu, [2].



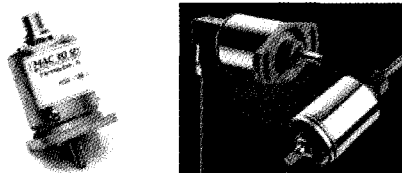
Sl. 6. Merenje ugaone brzine pomoću Holovog pretvarača: a) izgled Holove pločice, b) pretvarač za merenje ugaone brzine ili malih ugaonih pomeranja
Fig. 6. Measurements of angular velocity with Hall's converter: a) outward appearance of Hall's plate, b) converter that measures angular velocity and small angular displacements.

PRIMERI TIPOVA UREĐAJA ZA MERENJE BROJA OBRTAJA NA SAMOHODNIM POLJOPRIVREDNIM KOMBAJNIMA

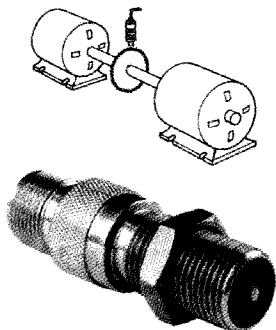
Generalno merni uređaji u upravljanju radnim procesima na kombajnu, primenjuju se na tri funkcionalno različita načina, [6]. Prvi način podrazumeva primenu specifičnih mernih uređaja za merenje fizičkih parametara i veličina sa njihovom registracijom i skladištenjem izmerenih podataka. Tipičan primer registracije podataka kod kombajna je skladištenje podataka o prinosu poljoprivredne kulture, koji se dalje obrađuju u sprezi sa podacima o poziciji kombajna, [6]. Drugi način [6], je primena mernih uređaja u funkciji indikacije (nadgledanje ili monitoring). Instrumenti sa takvom funkcijom daju informaciju koja rukovaocu mašinom omogućava da preduzme odgovarajuće upravljačke akcije. Treći način [6], odnosi se na primenu mernih uređaja pri upravljanju u okviru sistema automatskog upravljanja čija struktura

može biti različita. Samo pomoću adekvatnih mernih instrumenata, pravilno postavljenih i uskladjениh, moguće je pratiti rad kombajna i tok žetve, a potom reagovati pomoću regulatora zbog otklanjanja poremećaja u toku rada. Na ovaj način se postiže optimalni rad tehnoloških uređaja kombajna i obavlja proces ubiranja useva sa najvećim radnim učinkom i najmanjim gubicima.

Merenje ugaone brzine, odnosno broja obrtaja rotirajućih elemenata, na samohodnim poljoprivrednim kombajnim obavlja se pomoću induktivnih, optoelektronskih, kapacitivnih i elektrodinamičkih tipova senzora. Obično se mere i kontrolišu brojevi obrtaja: vratila bubnja, elevatora hedera, kolenastog vratila slamotresa i vratila elevatora zrna. Ukoliko u radu dođe do preopterećenja pojedinih vratila na ekranu kontrolnog monitora se pojavljuje odgovarajući zvučni i optički signal. Broj obrtaja vratila bubnja kombajna može biti kontrolisan sa senzorom tipa [13], (slika 7), koji je označen kao RSE 1500 - Series Rotary RVDT Position Sensors.



Sl. 7. Senzori kontrole položaja i broja obrtaja vratila bubnja kombajna, [13], [14]
Fig. 7. Sensors for the control of location and number of revolutions of combine harvester's drum shaft, [13], [14]



Sl. 8. Senzor za kontrolu broja obrtaja hedera kombajna, [17]

Fig. 8. Sensor for the control of the number of revolutions of combine harvester's header, [17]

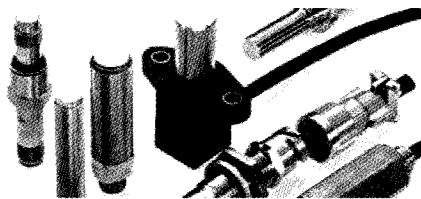
Broj obrtaja vratila hedera kombajna, kontroliše se na različite načine kod pojedinih tipova konstrukcija i modela kombajna. Jedan od primera ugrađenih senzora sa magnetnom indukcijom, prikazan je na slici 8.

Primena ugradnje prikazanih tipova senzora (slika 9 i 10), je uobičajena i kod: komunalnih i poljoprivrednih mašina, vozila vatrogasnih službi, elektro viljuškara, radnih mašina za gradnju puteva, dizalica i slično.



Sl. 9. Kontaktno magnetni senzor AS5030 kontrole broja obrtaja vratila hedera kombajna, [15]

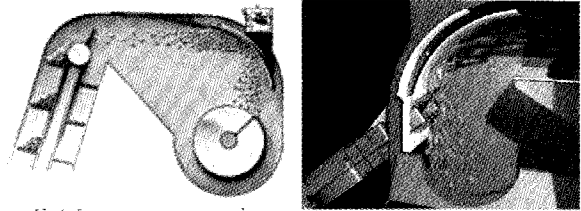
Fig. 9. Contact magnetic sensor AS5030 for the control of the number of revolutions of combine harvester's header shaft, [15]



Sl. 10. Senzori za merenje brzine rotiranja obrtnih elemenata, [18]

Fig. 10. Sensors for the measurements of rotation velocity of rotating elements, [18]

Jedna od mogućih tipova posebnih senzora za protok mase zrna, (slika 11) je specijalna višeslojna zakrivljena udarna ploča smeštena na vrhu elevatora za očišćeno zrno, gde meri stvarni protok. Kada zrno udari u ploču, sensor registruje njegov pokret i udar. Dobijena vrednost merenja, zajedno sa ugaonom brzinom vratila elevatora za zrno (vrednost dobija od nekog tipa senzora sa slike 8 ili 9), kasnije se koristi za određivanje vrednosti stvarnog protoka ovršenog zrna, i automatski se preračunava u vrednost prinosa. Konstrukcija senzora obezbeđuje veliki stepen pouzdanosti i tačnosti. Da bi se povećala i osigurala tačnost ovog senzora, koristi se i dodatni PC softver tipa Auto Zeroing Sistem (Class kombajni) koji se nalazi u upravljačko-modularnom sistemu kombajna.



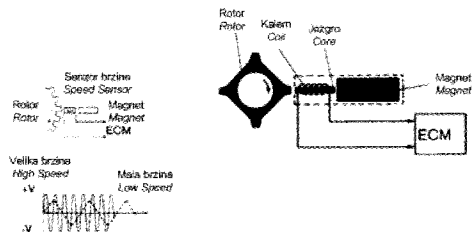
Sl. 11. Senzor protoka mase zrna, [6]
Fig. 11. Sensors for the flow of mass of grains, [6]

MERENJE I KONTROLA BROJA OBRTAJA ROTACIONIH ELEMENATA NA POLJOPRIVREDNIM TRAKTORIMA

Na poljoprivrednim traktorima, kao i na većini ostalih motornih vozila računarska jedinica ima funkciju kontrole i upravljanja radom pogonskog motora i transmisije, [9]. Da bi se obezbedile precizne i tačne izlazne upravljačke veličine, neophodno je računarskoj jedinici obezbediti ulazne parametre, koje će ona obraditi. Jedan od osnovnih ulaznih parametara neophodnih za rad centralne računarske jedinice su brzine pojedinih rotirajućih elemenata, [6]. U okviru sklopka pogonskog motora, a zbog obezbeđenja dobijanja odgovarajućih upravljačkih parametara, neophodno je obezbediti kontrolu brzine rotiranja (min^{-1}): bregastog vratila i kolenastog vratila.

Mernje brzine, odnosno broja obrtaja pomenutih elemenata u sklopu motora uvek se meri sensorima elektromagnetnog (induktivnog) tipa. Upotreba ovog tipa senzora je najpogodnija zbog teških uslova eksploatacije u pogledu visoke radne temperature i često u okruženju sa dosta nečistoća.

Princip rada ovih senzora (opisan prethodno u poglavlju o sensorima za merenje ugaone brzine), kao i veličina i tip izlaznog signala, i njegove fizičke dimenzije

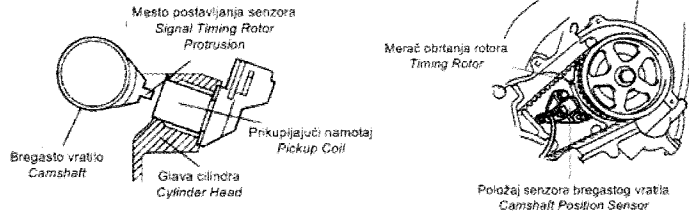


Sl. 12. Šematski prikaz elektromagnetnog (induktivnog) senzora, [12]

Fig. 12. Schematic presentation of electromagnetic (inductive) sensor, [12]

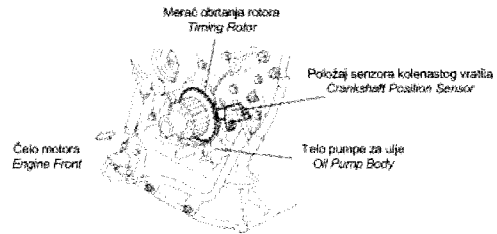
omogućavaju jednostavnu primenu u funkciji kontrole. Izlazne veličine sa ova dva senzora, to jest brzine kolenastog i bregastog vratila su u funkciji određivanja upravljačkog signala za rad elektromagnetnih brizgaljki u slučaju DIESEL motora i indukcionih kalemova i elektromagnetnih brizgaljki u slučaju OTO-motora. Na slici 12 je dat šematski prikaz korišćenog senzora elektromagnetnog (induktivnog) tipa. Pozicija ovih senzora bez izuzetka je ista kod svih konstrukcija motora, jer se oni nalaze uvek u neposrednoj blizini mernog mesta.

U slučaju senzora za merenje brzine bregastog vratila (slika 13), kada se vratilo nalazi u glavi motora, smešten je na boku glave motora, neposredno uz remenicu, lančanik ili zupčanik za pogon vratila. Pošto kod nekih konstrukcija bregasto vratilo može biti smešteno i u bloku motora, ovaj senzor se tada nalazi u neposrednoj blizini pogonskog elementa vratila. Pozicija senzora za merenje brzine bregastog vratila u slučaju kada se ono nalazi na glavi motora prikazana je na slici 13.



Sl. 13. Pozicija senzora za merenje brzine rotiranja bregastog vratila, [12]

Fig. 13. Position of the sensor for the measurements of the velocity of rotation of camshaft, [12]



Sl. 14. Pozicija senzora za merenje brzine kolenastog vratila, [12]

Fig. 14. Position of the sensor for the measurements of the velocity of crankshaft, [12]

Pozicija senzora za merenje brzine rotiranja kolenastog vratila može biti: sa strane razvoda ili prema spojnici, zavisno od tipa i konstrukcije motora. Senzor se nalazi neposredno uz samo vratilo, a pričvršćen je uz bok bloka motora. Primer pozicioniranja senzora za merenje brzine rotiranja kolenastog vratila, prikazan je na slici 14.

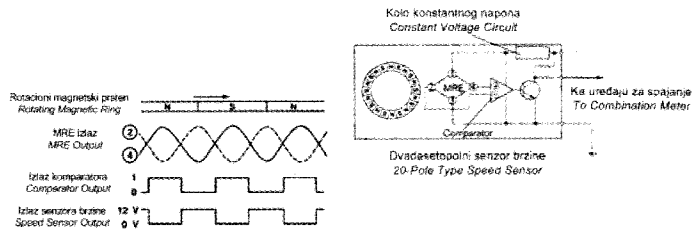
U okviru sklopa transmisije traktora ili samohodnih poljoprivrednih vozila (kombajni), [6], najčešće se mere brzine rotiranja: priključnog vratila, poluvratila pogonskih točkova.

Za merenje brzine priključnog vratila koriste se identični senzori prethodno pomenutim za merenje brzina bregastog i kolenastog vratila. Princip merenja je identičan kao i položaj senzora u sklopu i to iz zato što se radi o sličnim konstruktivnim elementima. Merenje brzine (broja obrtaja) pogonskih točkova izvodi se pomoću senzora koji su prilagođeni ovoj nameni u smislu da se radi o znatno manjem broju obrtaja. U upotrebi su takođe elektromagnetni (induktivni) senzori, samo je njihova konstrukcija prilagođena potrebama i položaju montaže u sklopu.

Zbog prethodno navedenih činjenica u upotrebi su dva tipa senzora, čije konstruktivne karakteristike i oblik određuje mesto postavljanja u sklopu. Prvi tip senzora se nalazi u sklopu

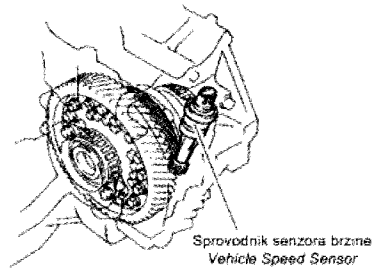
diferencijala i karakterističan je po tome što se ne meri direktno brzina obrtnog elementa transmisije već se merenje vrši indirektno preko obrtnog elementa senzora koji se nalazi u njegovoj unutrašnjosti. Na ovaj način je funkcija rotora sa glavnog obrtnog elementa, čija brzina treba da se registruje, prenosi kao vrednost u unutrašnjost senzora. Uz prethodno poznati prenosni odnos, računarska jedinica izračunava broj obrtaja pogonskih točkova. Ovakav tip elektromagnetnih senzora (slika 15), ima naziv MRE (Magnetic Resistant Element) senzor.

Ovaj tip senzora se nalazi u sklopu diferencijala i njegov pogonski zupčanik uzpučen je sa glavnim prenosnikom diferencijala. Pozicija ovog senzora u sklopu vidi se na slici 16.



Sl. 15. Konstruktivna šema i izgled MRE senzora, [12]
Fig. 15. Scheme of the construction and the appearance of MRE sensor, [12]

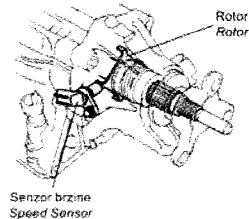
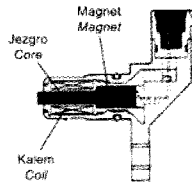
Drugi tip senzora koji se koristi za određivanje brzine rotiranja poluvratila pogonskih točkova je elektromagnetni senzor čija je konstrukcija identična sensorima za merenje brzina kolenstog, bregastog i priključnog vratila. Razlika između navedenih tipova senzora je u tome što je senzor na slici 17 prilagođen merenju znatno manjeg broja obrtaja točkova (primer kod klizanja). Pozicioniran je najčešće uz poluvratilo pogonskog mosta, a rotor je montiran na samo poluvratilo.



Sl. 16. Pozicija MRE senzora u sklopu, [12]
Fig. 16. Position of MRE sensor in a composite, [12]

ZAKLJUČAK

Senzori za merenje ugaone brzine imaju veliku primenu u mnogim oblastima industrije, uključujući i poljoprivrednu tehniku. Ovi senzori u poljoprivrednoj tehnici najčešće nalaze primenu kod poljoprivrednih mašina (kombajni i traktori) kako prilikom ispitivanja, tako i u toku njihove eksploatacije radi kontrole, praćenja i realizacije raznih automatizovanih procesa. U



Sl. 17. Izgled elektromagnetnog senzora za merenje brzine rotiranja poluvratila pogonskih točkova, sa prikazom položaja senzora u sklopu [12]
Fig. 17. The appearance of electromagnetic sensor used for the measurements of the rotation velocity of driving wheel's half-shaft, with the presentation of the position of the sensor, [12]

tom smislu, primenu nalaze optoelektronski senzori, kapacitivni senzori, elektromagnetni (indukcioni) senzori i senzori na bazi Holovog efekta. U ovom radu su date, kako osnovne karakteristike tih senzora, tako i konkretni prikazi i savremena rešenja merenja i kontrole obrtaja rotacionih elemenata na samohodnim poljoprivrednim kombajnima i poljoprivrednim traktorima.

LITERATURA

- [1] Webster J.: Instrumentation and Sensors Handbook, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA, 1998.
- [2] Popović M.: Senzori i merenja, Zavod za udžbenke i nastavna sredstva, Beograd, 2004.
- [3] Stanković D.: Fizičko-tehnička merenja, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1997.
- [4] Vukić Đ.: Osnovi elektrotehnike i električnih merenja, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2004.
- [5] Clarence W. de Silva: Sensors and Actuators: Control System Instrumentation, CRC, 2007
- [6] Marković D., Simonović V.: Autmatizacija žitnih kombajna, Savremena polj. tehnika Vol. 34: 3-4, p.p. 244-250, Novi Sad, 2008.
- [7] Nikolić R., i saradnici: Opremanje poljoprivrede mehanizacijom, Traktori i pogonske mašine, Časopis Jugoslovenskog društva za pogonske mašine, traktore i održavanje, vol 8, No 5, pp. 7-23., Novi Sad, 2003
- [8] Pešić V., Veinović S., Pavlović R., Mrđa J., Petković S.: Novi pravci u razvoju vozila, Traktori i pogonske mašine, Časopis Jugoslovenskog društva za pogonske mašine, traktore i održavanje, vol 4, No 4, pp. 32-41, Novi Sad, 1999.
- [9] Oljača M., Gligorević K., Branković M., Dimitrovski Z., Tanevski D.: Primena elektronskih komponenti na traktorima i radnim mašinama u funkciji povećanja kontrole sigurnosti i eksploatacije, Poljoprivredna tehnika, N01, p.p. 107-118, Beograd, 2005.
- [10] Savin L., Nikolić R., Furman T., Tomić M., Simikić M.: Ispitivanje karakteristika traktora Massey Ferguson, Traktori i pogonske mašine, Časopis Jug. društva za pogonske mašine, traktore i održavanje, Vol. 8, No 4, pp. 21-27, Novi Sad, 2003.
- [11] www.vdo/siemens.com
- [12] <http://www.autoshop101.com/forms/h36.pdf>
- [13] http://www.macrosensors.com/rotary_position_sensors/
- [14] http://www.everightsensors.com/everight_positek/sensors/rotary_tilt/index.shtml
- [15] <http://www.austriamicrosystems.com/>
- [16] www.caterpillar.com
- [17] <http://www.daytronic.com/products/trans/t-magpickup.htm>
- [18] <http://www.rheintacho.com/products/sensors.htm>

Ovaj rad je rezultat istraživanja koja se sprovode u okviru realizacije projekta „Efekti primene i optimizacije novih tehnologija, oruđa i mašina za uređenje i obradu zemljišta u biljnoj proizvodnji“, evidencionog broja TR 20092, koga finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Rad primljen: 18.10.2008.

Rad prihvaćen: 06.11.2008.