

Bibliid: 0350-2953 (2008) 34: 3-4, p. 244- 250
UDK: 631.354

Pregledni rad
Review paper

AUTOMATIZACIJA ŽITNIH KOMBAJNA – STANJE I PERSPEKTIVE
GRAIN COMBINES AUTOMATIZATION – CURRENT STATE AND PERSPECTIVE

Marković D*, Simonović V.**

REZIME

U radu je prikazano trenutno stanje mogućnosti žitnih kombajna i analiza mogućih prednosti najsavremenijih žitnih kombajna pri njihovoj primeni u procesu precizne poljoprivredne proizvodnje, sa posebnim osvrtom na monitoring i merenje prinosa u funkciji njegovog mapiranja. Navedene funkcije moguće je ostvariti opremanjem kombajna adekvatnim mernim uređajima spregnutim sa sistemom globalnog pozicioniranja, tako da su u radu navedene glavne karakteristike senzora za merenje prinosa i samog sistema pozicioniranja.

Ključne reči: žitni kombajn, precizna poljoprivredna proizvodnja, prinos, merni uređaji, GPS

SUMMARY

The paper shows present possibilities and possible advantages of latest generation of grain harvesters in process of precision agricultural production, with focus on monitoring and measurement of yield in function of mapping. Those functions can be realized by equipping harvesters with appropriate measuring units connected with Global Position System (GPS), concerning that in this paper is shown main characteristics of sensors for measuring yield and GPS it self.

Key words: grain harvester, precision agriculture, yield, measurement equipment, GPS

UVOD

Prvi mobilni žitni kombajn konstruisan je 1836. godine u američkoj državi Mičigen u SAD. Prvi samohodni kombajn pogonjen parnom mašinom proizveden je 1871. godine. Masovnija primena i proizvodnja samohodnih kombajna u Americi počinje 1939. godine, a u Evropi tek nakon drugog svetskog rata, i to, pre svega, u Engleskoj, Nemačkoj, Francuskoj, Švedskoj. Današnji kombajni imaju veliku propusnu moć i kapacitet, veliki radni zahvat, vrlo su pokretljivi, laki su i udobni sa stanovišta rukovanja, poseduju visok stepen automatizacije, omogućavaju praćenje prinosa i rada samog kombajna.

* Prof. dr Dragan Marković, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Katedra za poljoprivredno mašinstvo.

** Vojislav Simonović, diplomirani mašinski inženjer, Beograd.

DISKUSIJA

Uloga mernih uređaja u automatizacije kombajna

Merni uređaji u upravljanju kombajnom primenjuju se na tri funkcionalno različita načina. Prvi način podrazumeva primenu specifičnih mernih uređaja za merenje fizikalnih veličina s ciljem njihove registracije odnosno skladištenja podataka. Tipičan primer registracije podataka kod kombajna je skladištenje podataka o prinosu koji se na dalje obradjuju u sprezi sa podacima o poziciji kombajna. Drugi način je primena mernih uređaja u funkciji indikacije (nadgledanja, monitoringa). Instrumenti sa takvom funkcijom daju informaciju koja čoveku (rukovaocu) omogućava da preduzme odgovarajuće upravljačke akcije. Treći način 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 uskladenih, moguće je pratiti rad kombajna i tok žetve, a potom reagovati posredstvom regulatora u cilju otklanjanja poremećaja. Tako se postiže optimalni rad tehnoloških uređaja kombajna i obavlja proces žetve sa najvećim radnim učinkom i najmanjim gubicima, sledstveno.

Klasifikacija mernih uređaja i mernih uređaja i merenja na žitnom kombajnu

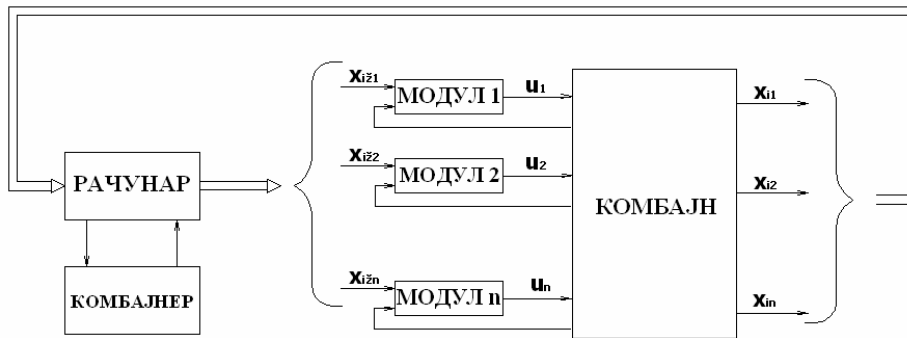
Jedna od mogućih klasifikacija mernih elementa, i to najznačajnijih za rad kombajna i praćenje procesa žetve, te kasnije sumiranje rezultata odnosno prinosa i gubitaka, može se izvesti na sledeći način:

- Navigaciono-nivelaciona merenja
- Merenja rastojanja
- Merenja broja obrtaja i obrtnog momenta
- Merenja prinosa zrna
- Merenje gubitka zrna
- Merenja količine
- Merenja na hidrauličnoj instalaciji

Model automatizacije žitnog kombajna

Dominantan tip upravljanja kombajnama je modularno upravljanje čiji je blok dijagram prikazan na slici 1. Ono je po svojoj prirodi hijerarhijsko, pri čemu su upravljački sistemi na prvom, a procesni računar na drugom, višem, hijerarhijskom nivou. Pojedinačni upravljački sistemi na kombajnama nazivaju se moduli i po svojoj prirodi su programibilni logički kontroleri (PLC) industrijskog tipa, i smešteni su u delu za centralnu elektriku kombajna, dok je rukovodeći računar on – board tipa zadužen za njihovo povezivanje i uskladjivanje, a nalazi se u kabini sa kompletnim korisničkim interfejsom namenjenim rukovaocu kako bi ovaj mogao da prati i kontroliše sve procese i upravljanja.

Rukovaocu u odredjenom procesu je potrebna informacija da bi mogao tačno da izvrši postavljene mu zadatke. Regulatoru je takodje neophodno dovesti informaciju o regulisanoj veličini. Iz svega navedenog proizilazi da je informacija, tačna i pravovremena, apsolutno neophodna za ostvarivanje dobrog upravljanja procesom odnosno za njegovu automatizaciju. Ovakva suštinska uloga informacije u ostvarenju upravljanja dovodi do korišćenja računara pri automatizaciji kao logičkog rešenja, imajući u vidu njegove karakteristike u pogledu prijema, zadržavanja, i raspodele informacija i to sve sa velikom brzinom, tačnošću i fleksibilnošću.



Sl. 1 Modularno upravljanje kombajnom

Fig. 1 Grain harvester control modul

Realizacija komunikacije u decentralizovanom sistemu automatizacije na kombajnim vrši se takozvanim CAN bus sistemom i to po ISO 11783 u svetu definisanom univerzalnom standardu za poljoprivredne mašine. CAN bus skraćenica znači:

C – kontroler (Controller)

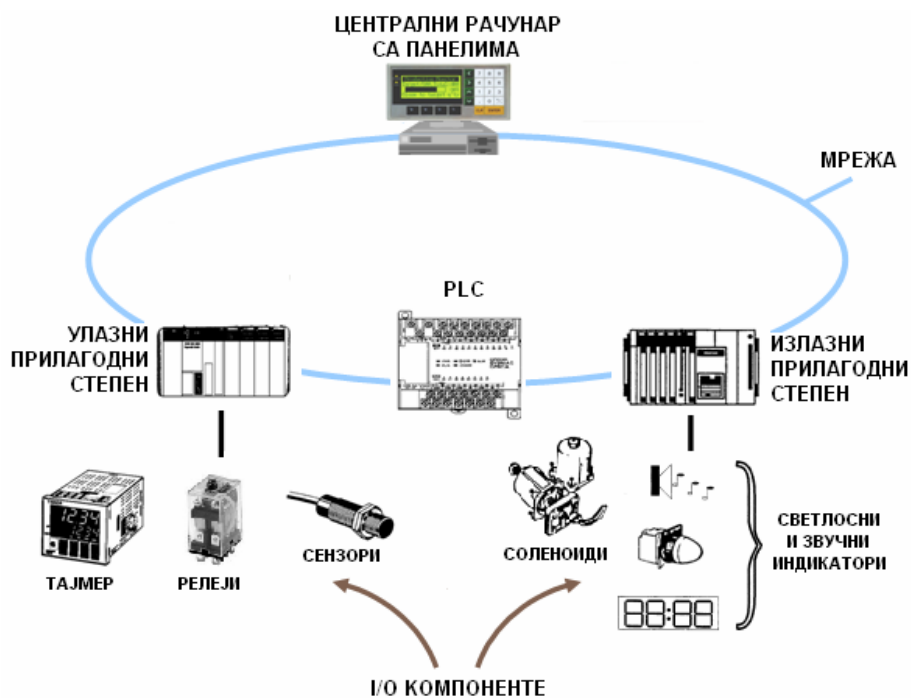
A – oblast (Area)

N – mreža (Network)

bus – binarna sistemska jedinica (Binar Unit System).

Ovaj sistem sastoji se samo iz četiri žice – ulaz, izlaz, struja i uzemljenje. Ove četiri žice predstavljaju glavni snop električnih instalacija i moduli su povezani sa ovim snopom. Svaki modul upravlja određenim delom sistema, kao na primer motor, i svi moduli mogu komunicirati kako međusobno tako i sa dodacima sa kojima su povezani. Danas se svi moduli, signali i funkcije kontrolišu preko sistema CAN bus prikazanog na slici 2, tako da se više podataka može razmeniti u isto vreme, i tako optimizirati kombajn za bolje performanse i upravljanje prikupljenim podacima. Kooperativnost, u terminologiji CANbus komunikacija podrazumeva da različiti uređaji poput procesorskih (upravljačkih) modula, I/O modula i operator displej/terminali razmenjuju podatke preko zajedničke sabirnice podataka na koju su povezani, takozvane CAN magistrale koja predstavlja kombinaciju četvorožičnog prenosnog medijuma i multi-masterskog protokola prenosa podatka otpornog na uticaj elektromagnetnih smetnji, sa ugrađenim mehanizmom korekcije greške prenosa. Osobine samog protokola CAN komunikacije su sledeće:

- multi—master arhitektura,
- prioritet pristupa sabirnici definiše identifikator poruke koja se šalje,
- moguće je definisati 2032 identifikatora poruka,
- garantovano maksimalno vreme čekanja (latency time) od 1ms (vreme koje protekne od trenutka definisanja zahteva za slanje do početka slanja poruke) za poruke visokog prioriteta,
- veličina poruke od 0 do 8 bajtova,
- programabilna brzina prenosa (1Mbit/sec maksimalno)
- mehanizam detektovanja i otklanjanja grešaka prenosa,
- moguće je izvršiti sinhronizaciju uređaja priključenih na CAN magistralu s obzirom na činjenicu da svi čvorovi CAN magistrale istovremeno primaju poslatu poruku.

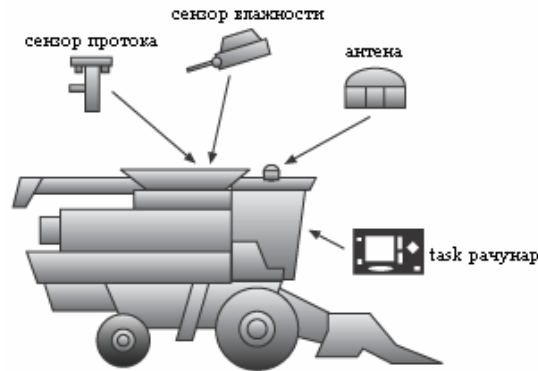


Sl. 2 Upravljačka mreža kombajna
 Fig. 2 Controlnet of grain harvester

Monitoring i upravljenje prinomom

Danas se pod pojmom monitoringa podrazumeva ono što se nekada podrazumevalo pod pojmom indikacije. Oba ova pojma suštinski podrazumevaju kvantitativno i kvalitativno praćenje rada kombajna i žitne mase odnosno samog procesa žetve u cilju adekvatnog reagovanja od strane rukovaoca po pitanju regulisanja raznih paramtera koji nisu regulisani automatski. Monitoring se takodje može shvatiti kao nadzor i nadgledanje samog kombajna i žitne mase, i to sa jednog mesta, iz kabine kombajna, posredstvom jednog ili više monitora, po kome je i sam proces monitoringa dobio ime. Adekvatna reagovanja rukovaoca su u mogućnosti da se ostvare sa istog mesta, iz kabine, praktično, i to pomoću različitih komandi koje centralni računar prima posredstvom tastera, prekidača ili džojstika kojima rukovaoc rukuje u skladu sa svojim odlukama i željama.

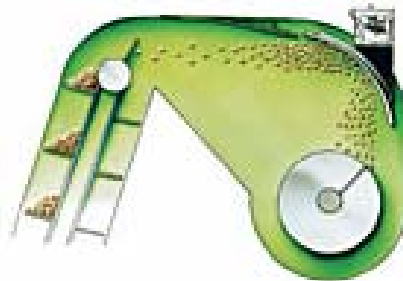
Najznačajniju stavku u monitoringu pri procesu žetve predstavlja monitoring prinosa. Celokupan sistem za praćenje odnosno monitoring prinosa na kombajnu obuhvata kao najznačajnije segmente merače protoka očišćenog zrna i merač vlažnosti, neki od sistema pozicioniranja i sam računar odnosno kontroler, a takodje se koriste i podaci o visini rezanja, širini zahvata hedera i brzini kretanja. Na slici 3. je prikazano njihovo objedinjavanje u jedinstven informacioni sistem za monitoring prinosa iz koga proizilaze i same mape prinosa.



Sl. 3 Komponente sistema za monitoring i mapiranje prinosa
Fig. 3 Yield monitoring and mapping components

Ocena mogućnosti koje pruža precizna poljoprivreda u proizvodnji žitarica se sprovodi kroz ocenu komponenti za mapiranje prinosa (sistem za pozicioniranje, merenje protoka zrna i vlažnosti zrna, softver za mapiranje), poredjenje mapa prinosa sa iste parcele u nekoliko godina, istraživanje mogućih uzroka smanjenja prinosa na pojedinim lokacijama i istraživanja potencijalnog povećanja profitabilnosti primene pojedinih metoda zaštite posmatranih useva.

Jedna od mogućih izvedbi senzora masenog protoka prikazana je na slici 4. Zakrivljena udarna ploča smeštena na vrhu elevatora za očišćeno zрно koji meri stvarni maseni protok. Kada zрно udari u ploču, senzor meri najmanji pokret ili udar. Ovo merenje, zajedno sa brzinom elevatora za zрно, koristi se za određivanje masenog protoka ovršenog zrna, koja se automatski preračunava u prinos. Konstrukcija senzora obezbeđuje veliki stepen pouzdanosti i tačnosti u poredjenju sa drugim tehnologijama za merenje. Automatsko postavljanje na nulu eliminiše potrebu da se kombajn zaustavi nekoliko puta tokom svakog radnog dana. Da bi se povećala tačnost ovog senzora, koristi se softver Auto Zeroing sistem. Ovaj sistem dovodi na nulu protok zrna da bi se unapred predvidela svaka razlika od uobičajenog ponašanja kombajna. U suštini on postavlja na nulu protok pri svakom punom obrtu lanca elevatora ovršenog zrna.



Sl. 4. Senzor masenog protoka
Fig. 4 Flow sensor

Nosioci informacionog sistema za upravljanje i vrednovanje koji treba da pruži podršku realizaciji procesa precizne poljoprivredne proizvodnje su:

sistemi pozicioniranje GPS i DGPS, koji potpomažu merni sistem kombajna u prikupljanju podataka pri žetvi, kao i pri uzorkovanju zemljišta, a sve u okviru prve faze precizne poljoprivredne proizvodnje, odnosno primenjivanju podataka pri aplikativnim zahtevima na zemljištu u okviru treće faze precizne poljoprivredne proizvodnje,

memorijske kartice PCMCIA, koje su glavno sredstvo za prenos podataka izmedju raznih komponenti informacionog sistema,

geografski informacioni sistem GIS, koji je glavna alatka pri obradi podataka, a u okviru druge faze precizne poljoprivredne proizvodnje,

kontroler CAN bus, koji je najznačajni podsistem u procesu kontrole, uskladjivanja i primene podataka, a u okviru treće faze precizne poljoprivredne proizvodnje.

Zadatak mapiranja prinosa je da se rezultati predstave na način koji će korisnici lako razumeti. Zbog toga se izračunate vrednosti prinosa razvrstavaju po klasama prinosa i prikazuju bojama ili izolinijama.

U poljoprivredi, najniži zahtevi se postavljaju kada se radi upravljanja vozilima lociraju mašine, vozila ili grupe vozila koje rade na udaljenim parcelama. Zahtevi su veći ako GPS treba da se koristi za dobijanje informacija i formiranje dokumentacije radi upravljanja konkretnim aktivnostima mašine, a još su veći u slučajevima kada se želi upravljati vozilom. Najveći zahtevi postavljaju se za vođenje orudja i radnih organa, na primer, ako se GPS signali koriste za obradu zemljišta oko biljaka tj. mehaničko uništavanje korova, čime se izbegava korišćenje hemijskih sredstava (tabela 1). Ovi poslednji zahtevi tačnosti za potrebe poljoprivrede postižu se korišćenjem diferencijalnog sistema za satelitsko pozicioniranje (DGPS). Preciznost koju je postigao DGPS zadovoljava sve današnje zahteve za vođenje dokumentacije, upravljanje procesima u poljoprivredi i upravljanje transportnim radovima, a omogućava i navigaciju pojedinim vozilima.

Teb. 1 Stepen preciznosti merenja pri upotrebi DGPS

Tab. 1 Precision level for using DGPS

Potrebna tačnost	Zadatak	Primer primene
10 m	Navigacija	Pretraživanje parcela (rad sa mašinama na više gazdinstava)
1 m	Obavljanje radova Informacije Dokumentacija	Radovi u polju <ul style="list-style-type: none"> ▪ Odredjivanje prinosa ▪ Djubrenje ▪ Zaštita bilja <ul style="list-style-type: none"> ▪ Uzimanje uzoraka zemljišta za ispitivanje svojstava ▪ Mere raznih zaštita Automatizovano snimanje podataka
10 cm	Vodjenje vozila po pravcu	Povezivanje susednih prohoda po polju sa mašinama velikog radnog zahvata Kombajniranje žita
1 cm	Vodjenje radnih organa mašina	Mehaničko uništavanje korova

ZAKLJUČAK

Pravci daljeg razvoja merne tehnike uopšte, pa i one koja se najdirektnije tiče samohodnih žitnih kombajna, svakako treba da budu usmereni ka povećavanju tačnosti merenja čime će se značajno doprineti i održavanju samog koncepta precizne poljoprivredne proizvodnje. Najoptimalniji razvojni put kombajna u pogledu automatizacije, ali i uopšteno, je onaj koji vodi do potpunog izčežavanja potrebe za rukovaocem mašinom odnosno onaj put koji vodi ka potpunoj automatizaciji i autonomiji kombajna. I svaki novi projekat na polju unapredjenja kombajna moći će se smatrati istinski naprednim, jedino ako zadovoljava ovaj kurs. U tom smislu, najznačajniji je razvoj senzora koji će u budućem konceptu potpune automatizacije kombajna zameniti receptorni sistem rukovaoca, dok je upravljački deo kombajna koji donosi pravilne odluke umesto rukovaoca, već sada razvijen u zadovoljavajućoj meri.

LITERATURA

1. Atlas IX sajamskog savetovanja Precision Farming, Novi Sad, 2002.
2. Bučevac Z. 2000. Procesni računari i automatizacija, Mašinski fakultet, Beograd.
3. Getreideernte – sauber, sicher, schnell, DLG – Verlags – GmbH, Frankfurt am Main, 2005.
4. Krejić, Z. 2005. Optimizacija rešenja samohodnih poljoprivrednih kombajna, magistarski rad, Beograd.
5. Marković D. 2001. Poljoprivredne mašine – pisana predavanja, Mašinski fakultet, Beograd,
6. Marković D. 1997. Transport u poljoprivredi, Mašinski fakultet, Beograd,
7. Novaković V, Marković D, Krivokapić I, Čebela Ž. 1995. Automatsko regulisanje režima rada kombajna, IV Naučno stručni skup: Merenja i automatizacija u poljoprivredi, Zbornik radova, str. 387-393, Novi Sad, Poljoprivredni fakultet.
8. PKB korporacija: Istraživačko-opservatorska dokumentacija, 2006
9. Popović, M. 2004. Semzori i merenja, Zavod za udzbenike i nastavna sredstva, Srpsko Sarajevo.
10. Shearer S.A, Fulton J.P, McNeil S.G, Higgins S.F, Mueller T.G. 2006. Elements of Precision Agriculture: Basics of Yield Monitor Installation and Operation, College of Agriculture, University of Kentucky.
11. Tehnička dokumentacija: Claas

Primljeno: 21.01.2008.

Prihvaćeno: 22.01.2008.