

UDK: 62-232.1:631.372

*Pregledni rad*  
*Review paper*  
doi: 10.5937/PoljTeh1904073B

## KARAKTERISTIKE POWERSHIFT MENJAČA KOD POLJOPRIVREDNIH TRAKTORA

Zlata Bracanović<sup>\*1</sup>, Velimir Petrović<sup>1</sup>, Branka Grozdanić<sup>1</sup>, Đuro Borak<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Institut IMR, Patrijarha Dimitrija 7-13, 11090 Rakovica-Beograd, R. Srbija.

**Sažetak:** Ovaj rad daje prikaz i analizu funkcionisanja jednog od traktorskih sklopova, tačnije transmisije. To se odnosi na tehnološki napredno rešenje menjačkih sklopova kao što je *Full PowerShift*. Ovaj tip menjača je najzastupljeniji trenutno na tržištu jer je menjač bez prekida toka snage. Takođe, biće reči i o proporcionalnom solenoidnom ventilu koji je sastavni deo ove transmisije. Svojom konstrukcijom i funkcijom omogućava specifičnost u promeni stepena prenosa. Promena stepeni prenosa bez prekida toka snage, u transportu nema za posledicu zaustavljanje traktora i promene režima rada motora.

Konkurencija proizvođača za najefikasnijim i najracionalnijim rešenjem uslovlila je danas ponudu izuzetno širokog spektra različitih menjačkih sklopova. Menjački sklopovi sa upotrebom različitih elektronskih elementa daju različite eksploatacione karakteristike. Na taj način formiraju pojedine tipove menjača, koji se u tolikoj meri razlikuju da ih je skoro nemoguće obuhvatiti jednom analizom.

**Ključne reči:** Poljoprivredni traktor, Full PowerShift, Neprekidan tok snage, Solenoidni ventil.

---

\*Autor za korespondenciju. E-mail: zlabracanovic@gmail.com

Projekat: Istraživanje i primenu naprednih tehnologija i sistema za poboljšanje ekoloških, energetskih i bezbedonosnih karakteristika domaćih poljoprivrednih traktora radi povećanja konkurentnosti u EU i drugim zahtevima tržišta. Broj TR-35039. Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## UVOD

Zadatak transmisije je da prenese mehaničku energiju na pogonske točkove. Kao rezultat uzajamnog dejstva točkova i podloge, javlja se tangencijalna sila koja dovodi do kretanja traktora. U transmisiji se vrši transformacija obrtnog momenta i promena brzina izlaznog vratila menjačkog prenosnika.

Naziv *Full PowerShift* transmisije potiče od reči (eng. *full*), što treba da ukaže na vrstu menjačkog prenosnika, kod koga se svi stepeni prenosa mogu menjati pod opterećenjem bez prekida toka snage [4].

To obuhvata opseg od prve do poslednje brzine. Promena stepena prenosa po rang, kod ove vrste menjačkih prenosnika, praktično ne postoji. Stepenn prenosa se bira pomoću dugmadi na ručici. Signal se šalje do računara transmisije, koji putem *CAN bus* mreže vrši kontrolu proticanja fluida sa solenoidnim ventilima za vreme kretanja traktora [2].

Savremeni poljoprivredni traktori su vrlo složeni tehnički sistemi u koje se ugrađuje veliki broj elektronskih komponenti koje kontrolišu i upravljaju sa sklopovima traktora. Na taj način se olakšava rad rukovaoca traktora, obezbeđuje sigurnost u radu traktora, postiže bolji efekat i omogućava duži vek eksploatacije traktora odnosno manje je pojava kvarova [8].

Za postizanje potrebne kontrole stanja i rada sklopova traktora, postoje određene kontrolne jedinice, koje od odgovarajućih senzora dobijaju potrebne informacije o stanju i funkcionisanju sistema, pri čemu se svaka nepravilnost, odnosno odstupanje od propisanog registruje. Sve nepravilnosti se beleže i na odgovarajući način prosleđuju i obaveštavaju rukovaoca traktora. Istovremeno kontrolna jedinica šalje odgovarajuće signale izvršnim kontrolnim jedinicama koje služe za upravljanje i rad samog traktora .

Ugradnjom najnovijih tehničkih dostignuća sa područja motornih vozila poljoprivredni traktor je postao visko sofisticirano vozilo. Traktorski motori opremljeni su *common-rail* sistemom napajanja gorivom a kontinualno-varijabilne transmisije omogućavaju i osiguravaju odabiranje optimalnog stepena prenosa shodno radnim uslovima bez prekida toka snage. Elektro-hidraulički sistem nadzora i upravljanja priključnog mehanizma osim preciznijeg podešavanja omogućuje i veći broj funkcija.

## MATERIJAL I METODE RADA

Pri izvođenju radova na njivi ili u transportu, rukovaoc traktora za obavljanje pojedinih tehnoloških operacije mora izvršiti više postupaka, što za posledicu ima veći zamor vozača, smanjenu efikasnost u radu i često lošiji kvalitet rada [3]. Zbog mogućih navedenih negativnosti, savremeni traktori a posebno traktori više klase, opremljeni su sistemom upravljanja priključcima odnosno priključnim radnim mašinama [10]. Aktiviranjem ovog sistema automatski se izvršavaju neki postupci u određenoj sekciji odnosno području.

Osnovne funkcije koje se mogu programirati i kojima se može upravljati su:

- podizne poluge dizanje/spuštanje

- kontrola dubine brazde (gore/dole)
- izbor stepen prenosa (više/nije)
- automatski *PowerShift* (*APS* – aktiviranje/deaktiviranje)
- spoljni izvodi hidraulika (*SCV* - izvlačenje/uvlačenje, aktiviranje plivajućeg položaja i otkazivanje)
- pogon prednjeg mosta (uključeno/isključeno/auto)
- priključno vratilo za pogon pomoćnih agregata (*PTO*- isključeno/uključeno)
- blokada diferencijala- uključeno/isključeno.

Traktori uglavnom pored opisane funkcije elektronske kontrole *ELC*, imaju ugrađene i neke dodatne funkcije koje zavise od proizvođača. Kao bi se realizovale dodatne funkcija primenjuje se monitor performansi *Datatronik* koji je povezan sa *ELC*. Za rad sa transportnim sredstvima primenjena je aktivna kontrola transporta *ATC-Active Transport Control*, kojim se apsorbuju udarci pri transportu i neutrališu pojave "skakutanja".

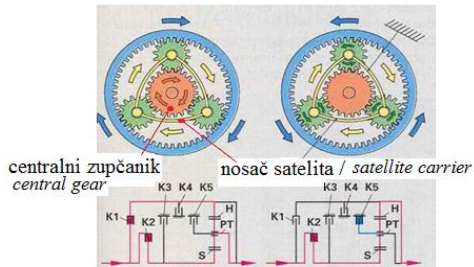
Da bi se održale ravnomerne dubine oranja sa polunošenim plugovima na traktorima, ugrađena je dvojnja kontrola (*Dual Control*) kojom se automatski kontroliše ulazak i izlazak plužnih tela iz brazde. Time se održava ravnomerna dubina i na neravnoj površini zemljišta [14]. Dodatna funkcija *Draft Control* kontrola vuče obezbeđuje da plug pri podizanju održava položaj paralelan sa površinom zemljišta [7].

Kod rada sa priključenim vučenim mašinama, primenjuje se sistem odnosno funkcija kontrole vučenih mašina *TIC* (*Trailed Implement Control*) [15]. Pomoću podataka o vučnoj sili, visini mašine i klizanja točkova, dobijenih od određenih senzora, automatski se reguliše dubina rada preko elektronski kontrolisanih elektromagnetnih ventila.

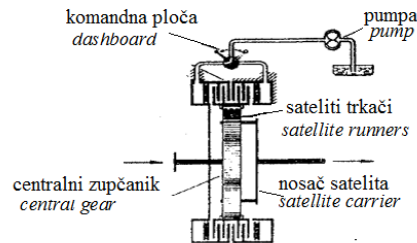
Kontrola protoka ulja na spoljnim izvodima vrši se posebnim sistemom upravljanja solenoidnim ventilima *SMS* (*Spool Valve Management System*). Ako se veza uspostavi preko *Datatronik* sistema, može se podesiti i vreme obavljanja određene funkcije [16].

**Menjački prenosnik bez prekida toka snage** predstavlja osnovni i najznačajniji sklop prenosnika snage. Osnovni zadatak menjača je da pri prenosu snage od motora na pogonske točkove izvrši promenu njegovih parametara: obrtnog momenta i broja obrtaja odnosno ugaone brzine [5]. Osim osnovnog zadatka menjač omogućava kretanje traktora napred/nazad što se postiže sa i bez prekida toka snage [18]. Menjački prenosnici bez prekida toka snage sa promenom stepena prenosa pod opterećenjem, mogu biti kao:

- *Semi PowerShift* - pojedini stepeni prenosa se uključuju pod opterećenjem.
- *Full PowerShift* - svi stepeni prenosa se uključuju pod opterećenjem.
- *CVT* - imaju kontinualnu promenu prenosa.



Slika 1. Planetarni prenosnik, [6]  
Figure 1. Planetary gearbox, [6]



Slika 2. Šema rada Powershift menjača, [6]  
Figure 2. Power Shift transmission scheme, [14]

Prvi prenosnici snage, (*Semi Powershift* grupa menjača), bili su planetarni zupčanici kod kojih se kočenjem jednog zupčanika dobijao pojedini stepen prenosa i obavljao prenos snage. Planetarni set zupčanika sastoji se od centralnog zupčanika (sunčanik), planeta-satelit zupčanika sa njihovim nosečem i nazubljenog venca, (slika 1.)

Kočenje se vrši tako što se nazubljeni venac planetarnog zupčanika po svom spoljnom obodu ima čvrsto spojene lamele, među koje ulazi set frikcionih lamela čvrsto spojenih sa kućištem menjača [15]. Na ove lamele utiče klip potiskivan pritiskom ulja tako da on vrši kočenje nazubljenog venca. Usporavanjem nazubljenog venca ubrzavao se nosač planetarnog zupčanika i dobijao se jedan stepen prenosa bez zaustavljanja traktora, koji može da se uključi pri različitom broju obrtaja kolenastog vratila motora [17]. Kombinacijom više takvih planetarnih prenosnika u liniju, dobija se menjač bez prkida toka snage, tzv. *Full Powershift* menjač čija je šema data na slici 2.

Na taj način su poboljšani uslovi rada zbog jedinstvenog i udobnog rukovanja, samim tim je povećana ekonomičnost i produktivnost traktorskog agregata, ali postoje i izvesni transmisioni gubici snage. Ovakve konstrukcije se najčešće susreću kod traktora kategorije 30-60 kW i 60-90 kW.

Traktori kategorije preko 120 kW imaju ugrađene menjačke prenosnike kod kojih se svi stepeni prenosa uključuju pod opterećenjem u okviru jedne grupe brzina [7]. Zbog smanjenja transmisionih gubitaka vratila menjača su poredana po visini kako zupčanici ne bi bili u dodiru sa uljem. Zupčanici u menjaču su sa pravim zupcima, kao bi se eliminisale aksijalne sile i smanjili gubici. Radi ravnomernog prenosa snage dubina zubaca je povećana tako da su uvek tri para zubaca spregnuta [11]. Kontrola i upravljanje na starijim konstrukcijama traktora je hidraulično, dok je kod novih menjača elektro-hidraulično [9]. Na osnovu komande rukovaoca, računar šalje signale za uključivanje spojnice ka solenoidnom ventilu koji otvaraju tok ulja ka spojnici [10]. Danas se koriste različite vrste solenoidnih ventila od koji su neki prikazani na slici 3.



Slika 3. Solenoidni ventili, [14]  
Figure 3. Solenoid valves, [14]

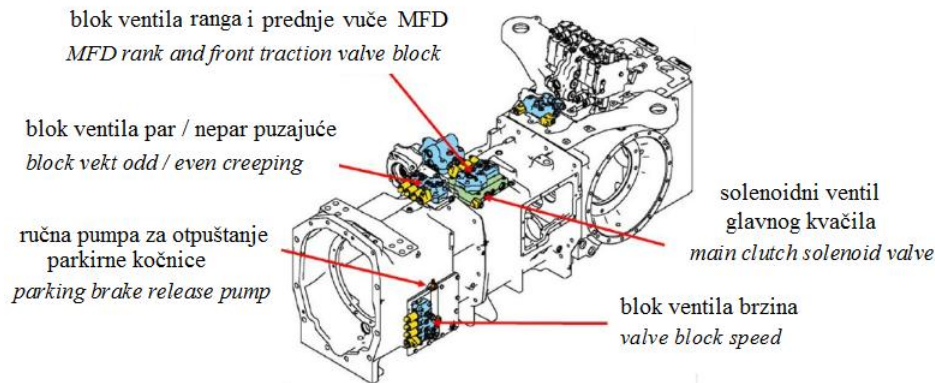
Postoji *PowerShift* transmisija (sa 16+5 stepeni prenosa), sa zupčanicima u stalnom zahvatu i elektronskim upravljanjem uz pomoć proporcionalnih elektromagnetskih ventila sa daljinskim komandama. Drugo, opciono, izvođenje je transmisija *PowerShift* (sa 12+2 stepeni prenosa), sa elektronskim upravljanjem pomoću proporcionalnih elektromagnetskih ventila. Kao ulazni parametar za automatsko upravljanje transmisijom koristi se obrtni moment motora, pa se na taj način ostvaruje postepena i komforna promena stepena prenosa [20].

Treća varijanta transmisije je (sa 24-stepena prenosa) *Power Sunc* transmisija kod koje je kombinovana *PowerShift* i sinhro-tehnologija.

Hidrostatički prenosnici snage u transmisiji traktora obezbeđuju:

- kontinualnu promenu prenosnog odnosa,
- prenos velikih snaga pri malim dimenzijama i masama komponenata,
- mogućnost lakšeg razmeštaja više radnih uređaja,
- preciznost radnih pokreta,
- zaštitu pogonskog motora od preopterećenja i
- lako uključivanje i isključivanje radnih uređaja.

Kompletno kolo za kontrolu transmisije se sastoji od tri sklopa ventila koje čine individualni PWM (*Pulse Width Modulating-PWM*) solenoidni ventili, upravljani od strane modula za kontrolu transmisije. Spojnice koje su kontrolisane PWM ventilima su: spojnice ranga (niski, srednji i visoki); spojnice brzinske sekcije (od I do V stepena prenosa), hod unazad, spore brzine; spojnica prednje vuče i glavna spojnica kardanskog vratila, (slika 4.).



Slika 4. Položaj blokova ventila na *Power Shift* transmisiji, [6]  
 Figure 4. Position of valve blocks on *Power Shift* transmission, [6]

Napajanje ovih ventila kontroliše elektronska kontrolna jedinica, koja sa druge strane prima komande iz kabine preko komande za promenu stepena prenosa ili pedale za postepeno kretanje. Spojnice blokade diferencijala, parkirne kočnice i prednje vuče su kontrolisane preko PCS (*Proportional Current Solenoid*) ventila.

*Full PowerShift* transmisija svojim nazivom ukazuje na vrstu menjačkog prenosa. Kod ove vrste menjačkih prenosnika svi stepeni prenosnika mogu se menjati pod opterećenjem duž celog opsega od prvog do poslednjeg stepena prenosa. Kod menjačkih prenosnika bez prekida toka snage, izbor stepena prenosa odabira se putem poluge (zaokretanjem na hidrauličnim ventilima), ili putem tastera prikazanih na slici 5.

Savremena *Full PowerShift* transmisija kod traktora, koja je danas u upotrebi, (slika 6), otklonjen je nedostatak ranijih *PowerShift* menjača. Drugim rečima, kod *Full PowerShift* transmisije uključuju se svi stepeni prenosa pod opterećenjem bez prekida toka snage [18].

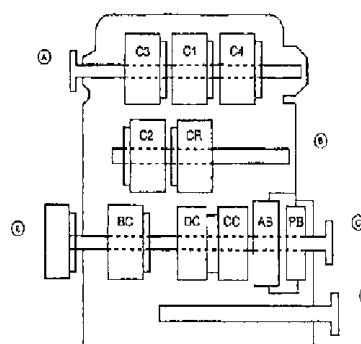
Za razliku od ostalih menjača, gde se svi planetarni prenosnici nalaze u jednoj liniji, novi menjač ima više vratila preko kojih se ostvaruje pogon preko odgovarajućih sa zupčanika [21].

Kod nove transmisije upravljanje se obavlja pomoću elektrinih signala koji se sa male ručice, postavljene na pokretnoj konzoli sedišta vozača, šalju na solenoidne ventile. Kod starijih generacija transmisije, pomeranjem ručice za izbor stepena prenosa, direktno se zaokretao razvodni ventil, koji je slao ulje u pojedine kočnice planetarnih parova.



Slika 5. Komande za selekciju stepena prenosa, [19]

Figure 5. Display gear selection commands, [19]

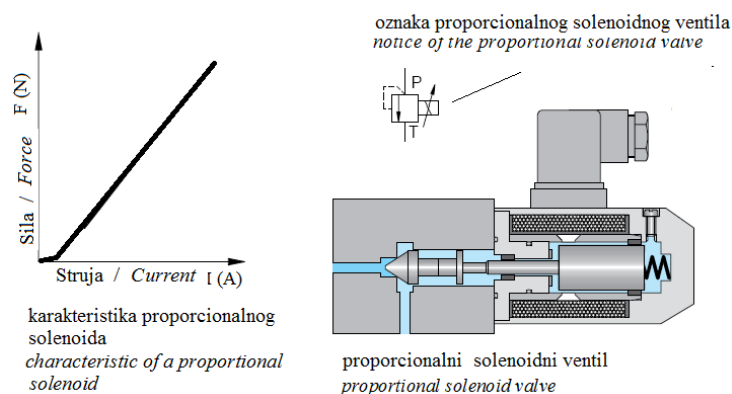


Slika 6. Elementi Full PowerShift transmisije, [22]

Figure 6. Elements of Full PowerShift transmission, [22]

PowerShift transmisija se sastoji iz ulazne i izlazne sekcije. Ulazna sekcija sadrži različita vratila za kretanje napred i nazad, postavljena na ulazno i pomoćno vratilo (C1, C4, C2 i CR). Izlazna sekcija sadrži kvačila i kočnice na izlaznom vratilu (BC, DC, CC, AB i PB). Broj stepeni prenosa je 16 za hod napred i 5 stepena prenosa za hod nazad. Na drugom kraju izlaznog vratila nalazi se kvačilo i mehaničkog pogona prednjeg mosta (MFWD), a ispod njega vratilo za pogon priključnog vratila traktora. Promena stepena prenosa vrši se pomeranjem komande postavljene na pokretnoj konzoli sedišta, pri čemu se šalje signal određenom solenoidnom ventilu za aktiviranje spojnice.

**Proporcionalni solenoidni ventili** (slika 7.), imaju oznaku i karakteristike. Ovi ventili omogućavaju da se pri inercijskim opterećenjima izvrši upravljanje uz veliku tačnost, brzinu odziva i maksimalno pojačanje snage.



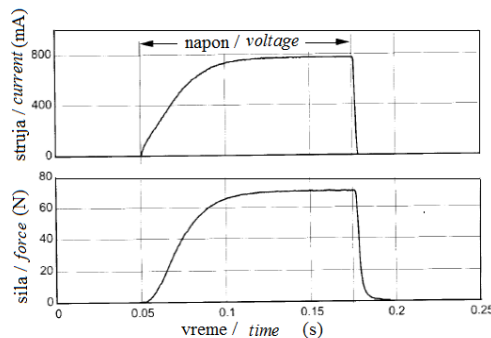
Slika 7. Proporcionalni solenoidni ventil, [14]

Figure 7. Proportional solenoid valve, [14]

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Na grafiku 1. dat je step odziv solenoidnog ventila odnosno sile, struje i vremena. U vremenskom intervalu  $t=0,05s$  solenoid je napajan sa jednosmernim električnom energijom. U vremenskom intervalu,  $t=0,175s$  je kolo prekinuto.

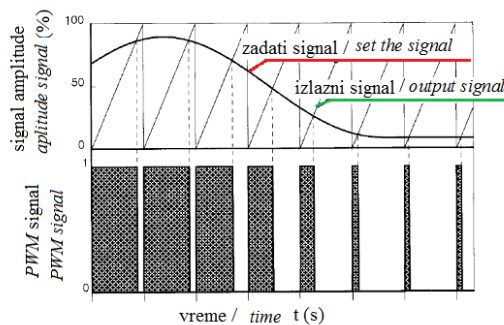
Odziv sistema sa aspekta privlačne sile i napona je prikazan na grafiku 1. Primetan je aperiodičan odziv sistema koji se može modelovati diferencijalnom jednačinom prvog reda, sa transportnim kašnjenjem od  $T=20ms$ .



Grafik 1. Step odziv solenoidnog ventila, [14]

Chart 1. Step response of solenoid valve, [14]

Kao bi se izbegli magnetni uticaji na modulirani signal, upotrebljava se sklop ventila označen PWM (*Pulse Width Modulation*), a koristi se za izbegavanje histerezisa, pa je signal ove sprege prikazan na grafiku 2.



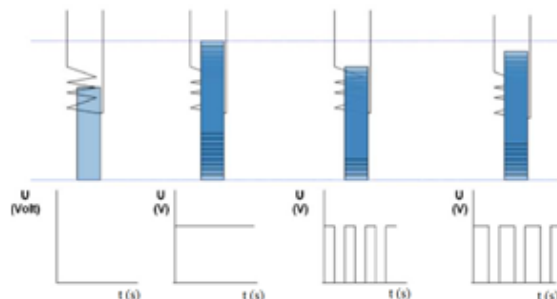
Grafik 2. Signal regulisan PWM vezom ventila, [21]

Chart 2. Signal regulated by PWM valve connection, [21]

Kompletno kolo za kontrolu transmisije se sastoji od tri sklopa ventila koji čine individualni PWM (*Pulse Width Modulating-PWM*) solenoidni ventili, upravljani od strane modula za kontrolu transmisije.

Spojnice koja se kontrolišu PWM ventilima su: spojnica ranga (niski-srednji-visoki), spojnica brzinske sekcije (I, III, V stepen prenosa, hod nazad, puzajuće brzine, parne i neparne), spojnica prednje vuče, glavna spojnica i spojnica pogona prednjeg mosta, prikazani su na slici 8.





Slika 8. PWM ventili (PWM- pulse with modulation), [14]

Figure 8. PWM valves (PWM pulse with modulation), [14]

Električno napajanje *PWM* ventila kontroliše elektronska jedinica (*eng. electronic control unit*) koja sa druge strane prima komande iz kabine preko komande promene stepena prenosa ili pedale za postepeno kretanje (*eng. inching pedal*). Kvačilo blokade diferencijala, parkirne kočnice i prednje vuče su kontrolisane preko *PCS* ventila. Sa porastom struje u kalemu, proporcionalno njenoj jačini struje (*A*), pomera se i ventil vezan za solenoid. Prednosti proporcionalnih ventila su :

1. Podesivost ventila :
  - neograničeni podesiv protok i pritisak pomoću ulaznog električnog signala,
  - automatsko podešavanje protoka i pritiska za vreme rada sistema.
2. Uticaj na pogon:
  - automatsko, beskonačno i precizno podešavanje (sila pokreta, ubrzanje, kretanje ili brzina, pozicija ili ugao).
3. Uticaj na potrošnju energije:
  - potrošnja energije može biti smanjena zahvaljujući zahtevima odgovarajuće kontrole i pritiska i protoka.
4. Pojednostavljenje spojeva ventila:
  - proporcionalni ventil može zameniti nekoliko ventila npr. ventil za kontrolu smera menja ventile za kontrolu protoka.

### Funkcija i osobine procesa promene stepena prenosa

Svaka promena stepena prenosa se vrši pritiskom na komandu u kabini traktora. Kontroler transmisije "čita" datu komandu i menja matricu spregnutih zupčanika promenom *PWM* radnog cilusa aktivnih i neaktivnih proporcionalnih elektro-hidrauličnih ventila. Kontroler transmisije poseduje memorisanu krivu (vreme/pritisak) za svaku kombinaciju aktivnog i neaktivnog solenoidnog ventila u svakom stepenu prenosa. Elektro-hidraulični ventili propuštaju ulje koji je proporcionalno jačini električne struje dovedene na ventil od strane kontrolera.

Pritisak za svaku spojnicu je kontroliše tako da se uspostavi odgovarajući prelazni pritisak potreban za postepenu promenu stepena i za ravnomeran prelaz sa deaktivne na aktivnu spojnicu. Ovaj kalibrisani pritisak poboljšava kvalitet promene stepena prenosa i smanjuje nivo buke pri radu transmisije.

Broj obrtaja kolenastog vratila motora i broj obrtaja na izlazu iz transmisije se direktno prate od strane kontrolera transmisije radi eliminacije faznog kašnjenja koje se javlja kada se vrednosti obrtaja prate preko *CAN bus* mreže.

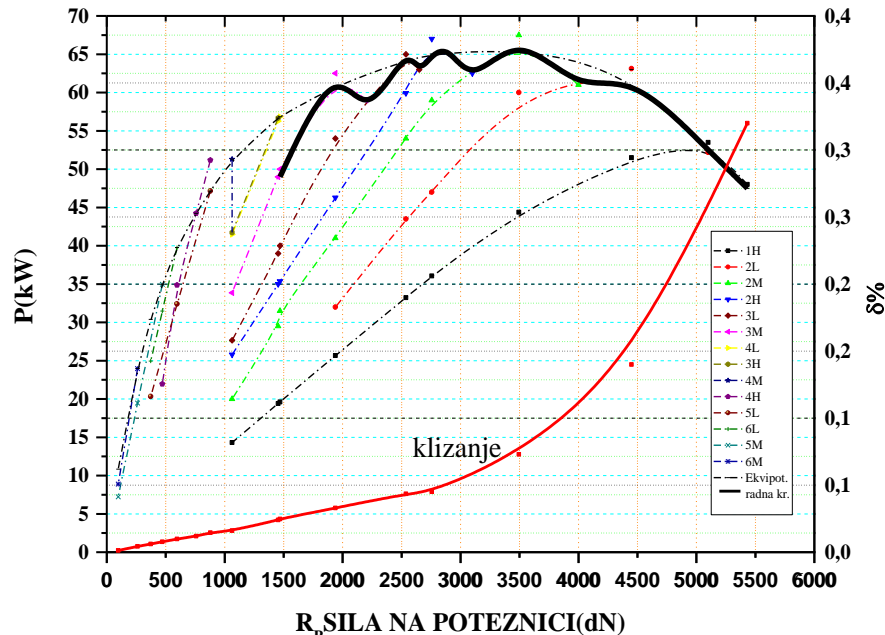
Broj obrtaja kolenastog vratila motora i broj obrtaja na izlazu iz transmisije se direktno nadgledaju od strane kontrolera transmisije radi eliminacije faznog kašnjenja koje se javlja kada se vrednosti obrtaja prate preko *CAN bus* mreže koja prenosi informacije o obrtajima na kontrolni displej. Kao rezultat direktnog očitavanja ostvaruje se kvalitetniji rad spojnice zasnovan na povratnoj informaciji o broju obrtaja kolenastog vratila motora i transmisije.

Elektronsko upravljanje promenom stepena prenosa rezultira u mogućnost:

- programiranja podrazumevanog stepena prenosa za "power shuttle" funkciju
- aktiviranja "autoshift" funkcije u okviru radnih i transportnih brzina.

### Vučne karakteristike traktora

Izbor stepena prenosa vrši elektronska kontrolna jedinica koja preko ventila za kontrolu transmisije omogućava proticanje fluida i na taj način aktivaciju određenih spojnica, odnosno dovođenje u spregu određenog para zupčanika. Često se u literaturi upotrebljava naziv za elektronsku kontrolnu jedinicu kontroler transmisije (*transmission controller*). Uloga kontrolera transmisije je da u određenom vremenskom periodu izvrši deaktivaciju jednog i aktivaciju drugog seta spojnica. Promena treba da bude obavljena u određenom vremenskom roku, da ne bude duga, kako ne bi došlo do proklizavanja, a isto tako da ne bude spora kako ne bi bila karakterisana udarnim opterećenjima.



Grafik 3. Sila na poteznici u funkciji snage traktora, [1]  
Chart 3. Traction force as a function of tractor power, [1]

*Full PowerShift* je kvalitetno tehnološko rešenje transmisije za traktore koja je veoma laka za korišćenje. Pomoću samo jedne ručice, džojstika, vrši se meka promena brzina od  $v=0$  do 40 (km/h) ili bilo koje brzine između. Nije potrebno pritisak na papučicu spojnice čak ni kada se zaustavlja traktor. Jednostavno podesi se željena brzina u radu ili transportu, i motor i transmisija će raditi usklađeno obezbeđujući maksimalno efikasan rad traktora, automatski i brz odgovor na promene opterećenja.

U ovom radu će se prikazati vučne karakteristike traktora R-135 razvijenog u Industriji motora u Rakovici koji je podvrgnut detaljnim ispitivanjima i kao rezultat je prikazan na dijagramu (slika 3). Menjački prenosnik traktora R-135 je proizveden u *ZF PASSAU Gmbh D-94030 Passau*, tip *Full PowerShift T 7117* [1].

Sa dijagrama datog na grafiku 3, uočava da tokom rada traktora pod opterećenjem i pri određenoj, zadatoj brzini, kontrolna jedinica prepoznaje opterećenje motora i otpor na poteznici odnosno otpor pri vuči traktora nakon čega automatski usklađuje otpor sa snagom motora i koriguje odgovarajućim stepenom prenosa bez prikada toka snage. Dakle, u slučaju da je otpor manji kontrolna jedinica prebacuje stepen prenosa u viši stepen i obrnuto. U slučaju da je otpor na poteznici veći kontrolna jedinica obezbeđuje da se pod opterećenjem izvrši promena prenosa na niže i obezbedi usklađenost raspoložive snage motora i realnog otpora na poteznici. Tok te transformacije se ostvaruje po višestrukoj krivoj liniji (grafik 3).

## ZAKLJUČAK

Traktor sa kontinualno promenljivom transmisijom u eksploataciji ima rad bliže maksimumu izlazne snage i odgovara na svako povećanje ili smanjenje opterećenja, bez obzira na *PowerShift* rang, bez menjanja stepena prenosa. Maksimalni stepen iskorišćenja transmisije dobija se automatskim usklađivanjem broja obrtaja kolenastog vratila motora i prenosnog odnosa transmisije. To omogućava da se pri velikim transportnim brzinama smanjuje broj obrtaja kolenastog vratila motora, u oblasti konstantne snage, a time se smanjuje potrošnja goriva i povećeva stepen korisnog dejstva transmisije. Istovremeno sve radne operacije traktora u eksploataciji sa kontinualnom transmisijom su mnogo lakše i jednostavnije.

Trend proizvođača traktora je uvođenje što boljih i inovativnijih rešenja transmisija, što jasno ukazuje na porast primene hidromehaničkih transmisija. Primetan je rast naprednih rešenja iz godine u godinu kod mnogih proizvođača savremenih traktora posebno kod kategorija traktora od 90 kW do 120 kW.

## LITERATURA

- [1] Izveštaj Projekta TR-35039.(2016).Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Srbije.
- [2] Janković, A., Radonjić, D., Glišović, J., Radonjić, R. (2011). Informacione tehnologije u funkciji razvoja poljoprivredne tehnike, *Poljoprivredna Tehnika*, 37 (3), 51-58.
- [3] Časnji, F., Ružić, D., Stošić, B.(2004).Ergonomske karakteristike savremenih poljoprivrednih traktora snage 120 kW, *Traktori i pogonske mašine*, 9(4), 78-83.
- [4] Časnji F., Ružić D., Muzikravić V., Poznanović, N., Stojić, B.(2003). Ergonomske karakteristike savremenih traktora snage 60-120 kW, *Traktori i pogonske mašine*, 8(4), 7-12.

- [5] Časnji F., Ružić, D. (2007). Kontinualno vremenske varijable transmisije traktora, *Traktori i pogonske mašine*, 12(4), 123-128.
- [6] Mahovac, I. (2011). Traktorski menjači bez prekida toka snage, Master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [7] Martinov, M., Časnji, F. (1994). Transmisija savremenih poljoprivrednih traktora, *Savremena poljoprivredna tehnika*, 24(1-2), 1-14
- [8] Mirković, R. 2003. Hidraulika, Uvod sa primerima upravljanja. Beograd, Srbija.
- [9] Nikolić, R., Savin, L., Poznanović, N. (2003). Studija, Karakteristike prenosa snage traktora snage 60-130 kW, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- [10] Petrović, P., Obradović, D. (2006). Analiza trenda razvoja transmisija traktora sa aspekta poboljšanja vučno-dinamičkih karakteristika. *Poljoprivredna Tehnika*, 31(1), 91-101.
- [11] Shrikrishna, N. Joshi. (2018). Module 5: Hydraulic Systems, Department of Mechanical Engineering Indian Institute of Technology Guwahati, India. Dostupno na: <http://nptel.ac.in/courses/112103174/module5/lec1/1.html> [pristup: 10.06.2019.]
- [12] Cerović, B.V., Petrović, V.D. (2018). Ventili kao upravljačke komponente hidrostatičkih sistema. *Poljoprivredna Tehnika*, 43 (3), str.11-25
- [13] Cerović, B.V., Petrović, V.D. (2018). Hidrostatički sistemi prenosa snage poljoprivrednih mašina: -zapreminske pumpe. *Poljoprivredna tehnika*. 43(1), str.12-21.
- [14] <https://hr.finotek.com/hydraulic-solenoid-valves-and-testing/> [pristup: 12.09.2019.]
- [15] [http://www.motortrend.com/features/auto\\_news/2011/1112\\_ford\\_focus\\_powershift\\_transmission\\_is\\_much\\_improved/](http://www.motortrend.com/features/auto_news/2011/1112_ford_focus_powershift_transmission_is_much_improved/)[pristup: 22.09.2019.]
- [16] <http://www.abc.net.au/news/2016-05-18/ford-faces-class-action-over-powershift-automatic-transmission/7425098/> [pristup: 04.09.2019.]
- [17] <https://www.bobbyfordkubota.com/what-is-a-power-shift-transmission-on-a-tractor-how-work-operation/> [pristup: 12.10.2019.]
- [18] <https://www.heavyequipmentforums.com/threads/new-holland-powershift-transmission.21477/> [pristup: 12.10.2019.]
- [19] <http://www.twindisc.com/land-based-products/power-shift-transmissions/> [pristup: 22.10.2019.]
- [20] <https://axleaddict.com/cars/Powershift-Automatic-Transmission-Faults>, [pristup: 01.11.2019.]
- [21] <https://www.caseih.com/emea/en-za/News/Pages/2017-07-24-New-eight-speed-semi-powershift-joins-four-speed-semi-powershift>, [pristup: 01.11.2019.]
- [22] <https://www.johndeere.com> [pristup: 02.09.2019.]

## CHARACTERISTICS OF POWERSHIFT GEAR OF AGRICULTURAL TRACTORS

**Zlata Bracanović<sup>1</sup>, Velimir Petrović<sup>1</sup>, Branka Grozdanić<sup>1</sup>, Đuro Borak<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of the IMR-a, Patrijarha Dimitrija 7-13, 11090 Belgrade, R.Serbia.*

**Abstract:** This paperwork paper presents and analyses the functioning of one main tractor assemblies, precisely the transmission. This includes and it is applied to a technologically advanced gearbox solution such as *Full PowerShift*. This type of gearbox is the most represented currently on the market because it is transmission without interruption of power flow. Also, there will be adequate proportional solenoid valve that is an integral part of the transmission. With its construction and function, it provides specificity in gear changes.

Changing gears without interrupting the power stream, during transportation does not result in stopping the tractor and changing the engine mode due to load and nominal power of machine.

The overrun and in between struggle of manufacturers for the most efficient and rational solution today has led to the offer of an extremely wide range of various gearboxes. Gearboxes with different electronical elements give different exploitations characteristics. In this way, they form differential types of gearboxes, which differ so much that it is almost impossible to capture them in a proper analysis.

**Key words:** *Agricultural tractor, Full PowerShift, Continuous power flow, Solenoid valve.*

Prijavljen:	17.09.2019.
Submitted:	
Ispravljen:	21.11.2019.
Revised:	
Prihvaćen:	04.12.2019.
Accepted:	