

UDK: 631.372-8

ANALIZA TRENDA RAZVOJA TRANSMISIJA TRAKTORA SA ASPEKTA POBOLJŠANJA VUČNO-DINAMIČKIH KARAKTERISTIKA

Predrag Petrović*, Dragoljub Obradović**

*Institut "Kirilo Savić" - Beograd

**Naučni savetnik u penziji

Sadržaj: Koncept razvoja transmisije poljoprivrednih traktora kroz skoro stogodišnju tradiciju vremenom se usklađivao sa snagom motora, masom traktora, brzinom kretanja i drugim zahtevima, u cilju iznalaženja permanentnih poboljšanja vučno-dinamičkih karakteristika, a sve u cilju optimiranja agrotehničkih uslova i povećanja stepena racionalizacije proizvodnje.

U prvim fazama razvoja traktorskih transmisija snaga od motora se prenosila preko stepenastog menjača i glavnog prenosioca do pogonskih točkova. U daljim decenijama razvoja transmisionih sistema, sve veća pažnja se posvećivala razvoju menjačkih prenosioca, pre svega u povećanju broja stepena prenosa. Na taj način sve više se prilazilo optimalnom rešenju, odnosno približavalo idealnoj hiperboli vuče.

U današnjem trendu razvoja transmisija traktora sve veću primenu imaju tkz. automatske transmisije koje obezbeđuju kontinualni prenos snage u zavisnosti od uslova eksploatacije.

Traktori opremljeni sa takvim tipovima transmisija imaju znatno veći stepen iskorišćenja snage, odnosno povoljniju potencijalnu vučnu karakteristiku.

U ovom radu dat je kratak osvrt analize razvoja transmisije poljoprivrednih traktora, sa aspekta poboljšanja vučno dinamičkih karakteristika, odnosno potencijalne vučne karakteristike traktora.

Ključne reči: traktor, transmisija, razvoj, dinamičke karakteristike, poljoprivreda.

POČETAK RAZVOJA TRANSMISIJA POLJOPRIVREDNIH TRAKTORA

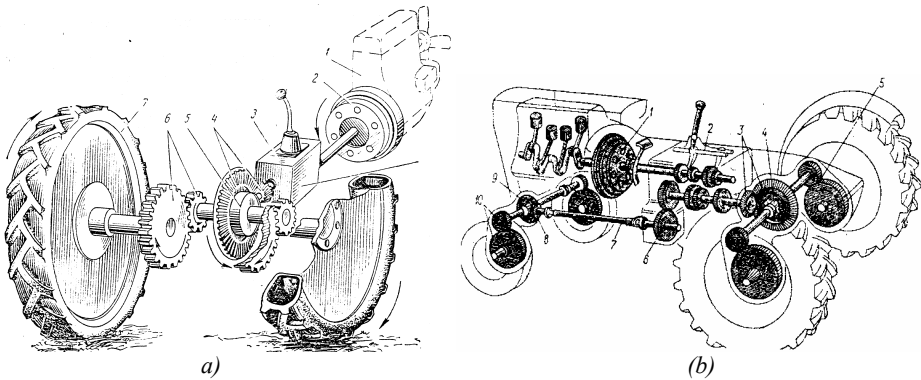
Tokom proteklih 100-ak godina, od dana prikaza prvog poljoprivrednog traktora, ostvarena su mnoga usavršavanja, poboljšanja i uvođenja novih sistema i njihovih komponenata.

Sa aspekta razvoja transmisije, u primeni su bili stepenasti menjači sa 2-3 stepena prenosa za kretanje unapred i jedan za kretanje u nazad, sa uglavnom krutom vezom i već primenom diferencijalnog i glavnog prenosnika koji su imali izvesnu primenu kod prvih transmisija 20-ak godina ranije. Upotreba bočnih reduktora kod traktora našla je primenu u kasnijim fazama razvoja transmisije.

Na slici 1a. dat je ilustrativni prikaz traktora iz 1950g. kod kojih je karakterističan početni razvoj transmisije sa pomerljivim zupčanicima, a u nešto kasnijem periodu i uvođenje pogona na prednji most kao i bočnih reduktora na oba pogonska mosta. Takav jedan razvojni put i izgled transmisije sredinom prošlog veka prikazan je na slici 2. Na slici 1b prikazan je jedan tip traktora sa kraja prošlog i početkom ovog veka sa savremenim dizajnom i transmisijom sa kontinualnim prenosom snage, a koja je u kratkim crtama prikazana u ovom radu.



Slika 1. Ilustrativni prikaz početka razvoja poljoprivrednih traktora



Slika 2. Šematski prikaz transmisije u fazi primene bočnih reduktora i pogona na oba pogonska mosta

Osnovni princip transmisije prikazane na slici 2, uglavnom se bazirao na primeni kliznih zupčanika, da bi u kasnijim fazama dostigao nivo razvoja i primene zupčastih spojnika. Posebno je interesantna prva primena bočnih reduktora (slika 2a) i kasnija faza (slika 2b), čiji se princip primene sa izvesnim poboljšanjima kod nekih proizvođača, pre svega domaćih, zadržao i do danas.

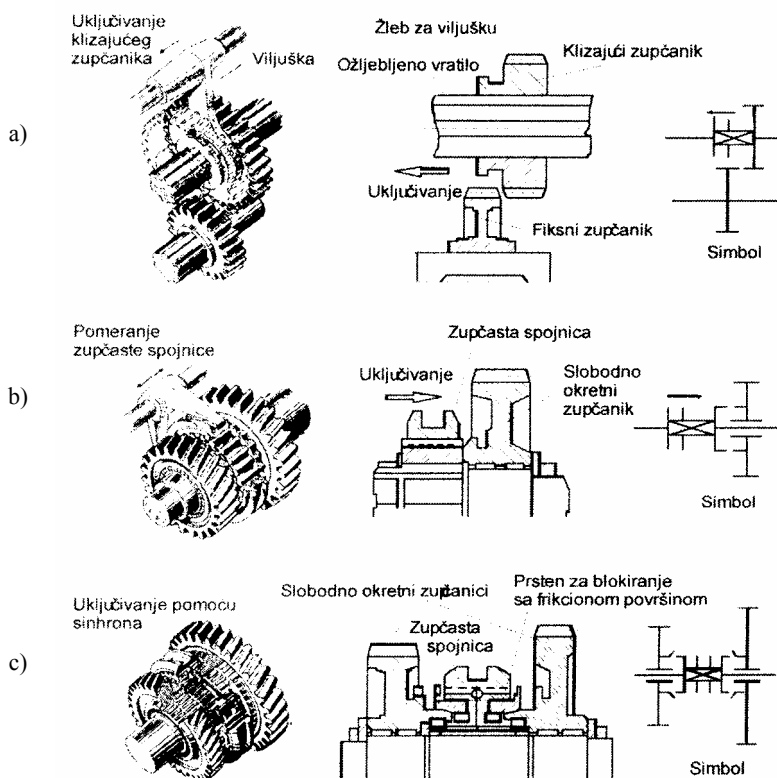
TIPOVI MENJAČKIH PRENOSNIKA PREMA VREMENSKOJ DINAMICI RAZVOJA

Menjački prenosnici mogu se podeliti prema dinamici razvoja na sledeće tipove:

- Menjački prenosnici bez sinhronizovanih stepena prenosa, sa uzubljivanjem kliznih zupčanika ili sa zupčastim spojnicama,
- Menjački prenosnici sa sinhronizovanim stepenima prenosa,
- Menjački prenosnici sa promenom stepena prenosa bez prekida toka snage primenom lamelastih spojnica,
- Menjački prenosnici sa kontinualnom promenom prenosnog odnosa.

MENJAČKI PRENOSNICI SA MEHANIČKOM PROMENOM STEPENA PRENOSA

Rad ovih menjačkih prenosnika ostvaruje se aktiviranjem različitih parova zupčanika. Na prvom takvim prenosnicima bilo je potrebno da se brojevi obrtaja zupčanika koji se uzubljuju međusobno ujednače (slika 3a). To se ostvarivalo dodavanjem međugasa ili postepenim popuštanjem spojnice. Dalji korak u razvoju menjačkih prenosnika je kada su zupčanici stalno spregnuti, a prenos snage na vratilo se ostvarivalo uključivanjem zupčaste spojnice (slika 3b).



Slika 3. Prikaz uređaja sa mehaničkom promenom stepena prenosa

Prenosnici sa sinhronima su omogućili da ovu operaciju umesto rukovaoca, preuzimaju konični umetci koji ujednačavaju broj obrtaja zupčanika u sprezi. Takvi prenosnici omogućavaju lakše rukovanje i promenu stepena prenosa kada je traktor u kretanju (slika 3c).

Šematski prikaz sve tri mogućnosti mehaničke promene stepena prenosa prikazan je na slici 3.

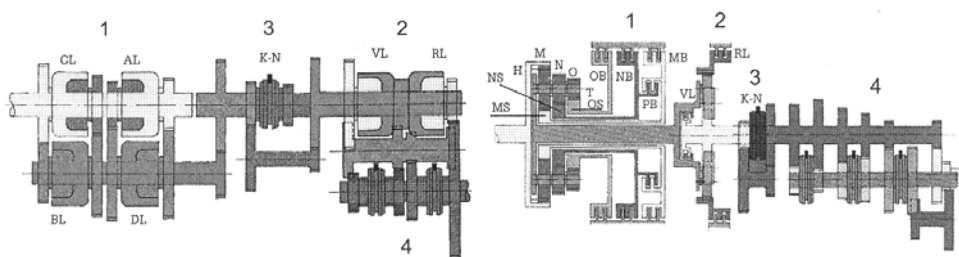
RAZVOJ KONTINUALNIH MENJAČKIH PRENOSNIKA

Razvojem uređaja za elektro-hidraulično aktiviranje spojnice i višemelastih spojnica, u okviru prenosnika, potopljenih u ulju, sa mogućnošću aktiviranja i deaktiviranja pod opterećenjem i u kretanju, stvorili su se uslovi za razvoj menjačkih prenosnikasa, promenom stepena prenosa bez prekida toka snage i pod opterećenjem.

U početku razvoja ovi prenosnici imali su znatno niži stepen iskorišćenja od klasičnih prenosnika sa mehaničkom promenom stepena prenosa. Novim rešenjima i tehničkim poboljšanjima, stepen iskorišćenja je poboljšan, odnosno niži od klasičnih za 2-4%, ali se veoma dobro kompenzuju dovođenjem potencijalne karakteristike traktora približno idealnoj hiperboli vuče, a time i dovođenjem radnih tačaka motora u povoljnije područije sa manjom specifičnom potrošnjom goriva, pa je i ukupna potrošnja goriva racionalnija.

Pored toga, znatno je poboljšan komfor rukovaoca, s obzirom da postoji mnogo manje potrebe za manuelnim radom, jer se transmisija, bukvalno rečeno prilagođava uslovima rada u zavisnosti od agrotehničkih zahteva i primene traktora.

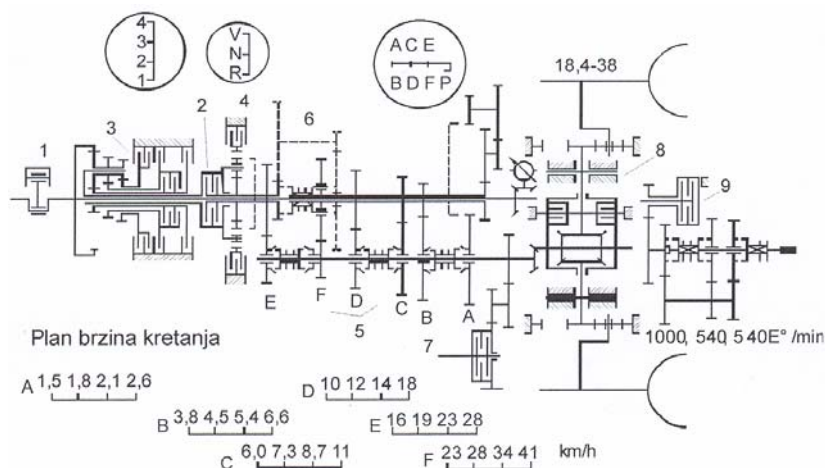
Prenosnici sa kontinualnom promenom stepena prenosa, mogu biti različitih izvođenja u zavisnosti od namene i kategorije traktora, a pre svega od proizvođača čija principiska rešenja u izvesnoj meri mogu biti različita. Na slici 4 prikazan je šematski izgled dva tipa glavnih menjačkih prenosnika sa promenom stepena prenosa bez prekida toka snage. (1-deo prenosnika sa promenom stepena prenosa pod opterećenjem, 2-prenosnik za promenu smera kretanja, 3-prenosnik pužnih brzina, 4-prenosnik za izbor sinhronih brzina).



Slika 4 Šematski prikaz dva tipa menjačkih prenosnika sa kontinualnim prenosom snage

S obzirom da su ovakve konstrukcije menjačkih prenosnika veoma kompleksne i teško mogu biti razumljive i stručnim licima koja se bave sličnom problematikom, često se prikazuju šematski uz korišćenje međunarodnih oznaka, kako bi se na jednostavniji način sagledalo funkcionisanje traktora. Jedna takva transmisija savremenog traktora sa glavnim menjačkim prenosnikom izvedenim kao Power Shift, prikazana je na slici 5. (1-motor, 2-glavna spojnica, 3-glavni prenosnik sa četiri Power Shift stepena prenosa,

4-prenosnik sa promenom smera kretanja pod opterećenjem, 5-dodatni prenosnik za izbor opsega rada, 6-prenosnik za pužne brzine, 7-izvod snage prema prednjem pogonskom mostu, 8-radne kočnice na poluvratilima zadnjeg pogonskog mosta, 9- spojnica za PTO.



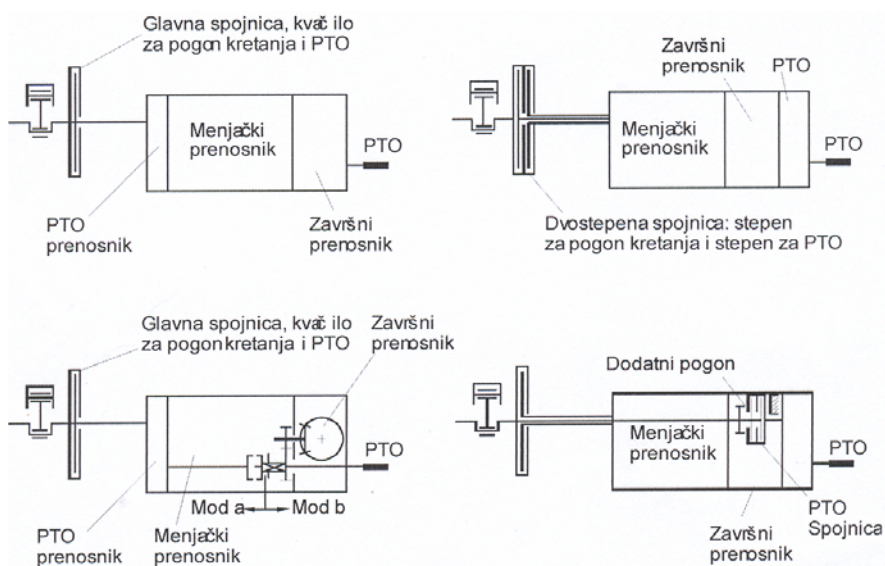
Slika 5. Transmisija sa četiri Power Shift stepena prenosa i Power Shift prenosnikom za promenu smera kretanja.

Ono što je karakteristično za ovakve transmisije, da je nepotrebno da se spojnicom prekine tok snage, pa je glavni prenosnik (3) smešten pre nje (2). Glavni prenosnik je izveden kao planetarni, a pojedini stepeni prenosa ostvaruju se usporavanjem odgovarajućih "sunčanih" zupčanika. Prenosnik za promenu smera kretanja je takođe u Power Shift izvedbi, što omogućava promenu smera kretanja bez prekida toka snage. Prednji pogon i pogon PTO uključuje se viskoznom spojnicama. Ne retko ovakve transmisije omogućavaju isti broj brzina pri kretanju u nazad, kao i pri kretanju unapred, s tim što se obično 3-5 stepena prenosa koriste u vidu pužnih brzina.

POGON PRIKLJUČNOG VRATILA TRAKTORA

Savremena rešenja prenosnika omogućavaju zahvaljujući primeni višamelastih spojnica potopljenih u ulju i elektrohidrauličnog aktiviranja, omogućavaju promenu smera kretanja bez predhodnog zaustavljanja. To je posebno značajno pri operacijama koje zahtevaju česte promene smera kretanja i pri visokosofisticiranim 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 šematski prikazana na slici 6 (1-pogon preko prenosnika snage traktora, samo kada je uključena glavna spojnica, 2-kao i predhodni slučaj sa mogućnošću 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 višamelastom spojnicom, sa automatskom kočnicom, a za najveće traktore hidrostaticki pogonjeno PTO.



Slika 6. Šematski prikaz izvođenja snage na priključno vratilo traktora PTO

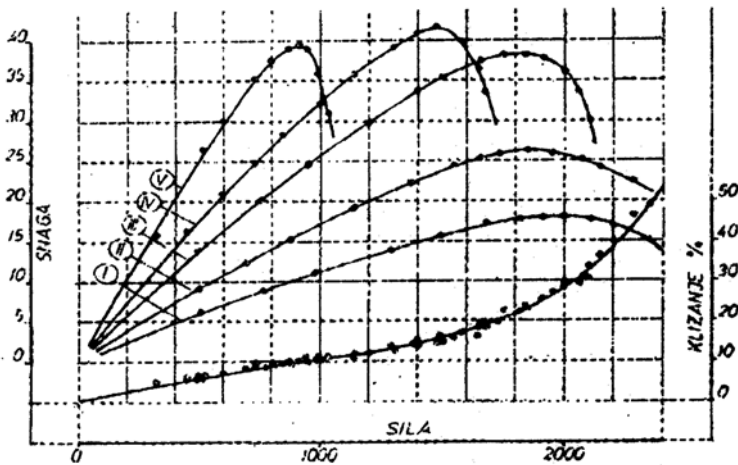
Prva dva rešenja se koriste kod manjih traktora konvencionalnog izvođenja. Treće rešenje je uobičajno kod savremenih traktora manjih snaga, pri čemu može biti ugrađen dopunski prenosnik za promenu broja obrtaja, kao i mogućnost povezivanja na pogon kretanja zadnjih točkova. Četvrto rešenje se primenjuje skoro kod svih savremenih traktora većih snaga. Okvirno se smatra da je neka granična vrednost snage kod mehaničkih prenosnika 180 kW, obično se ugrađuje spojnica limitator, koja prekida tok snage u slučaju prekoračenja predviđenog obrtnog momenta. Neka još savremenija rešenja imaju mogućnost ugradnje spojnice sa postepenim povećanjem broja obrtaja i kočnice koje omogućavaju da se pri prekidu rada uspori obrtanje PTO vratila, odnosno rotirajućih delova na priključnoj mašini.

EFEKAT KORIŠĆENJA TRAKTORA SA TRANSMISIJOM SA KONTINUALNOM EKSPLOATAACIONOM PROMENOM BRZINE KRETANJA

Da bi prikaz razvoja sa stepenastih menjačkih prenosnika, na prenosnike sa kontinualnim prenosom snage bio u izvesnoj meri jasniji, u ovom delu rada dat je ilustrativni prikaz efekta korišćenja takvih transmisija u eksploataciji, u odnosu na klasične sa stepenastim manjačkim prenosnikom.

Menjački prenosnik ima određeni dijapazon nepokrivenih brzina kretanja i sila vuče po pojedinim stepenima prenosa. Kod transmisija sa kontinualnim prenosom snage, potencijalna kriva snage pokriva oblast brzina kretanja bez "praznina" u dijapazonu sila vuče, koja je ograničena koeficijentima prijanjanja i klizanja.

Na slici 7 prikazana je potencijalna vučna karakteristika peto-stepenog manjačkog prenosnika.



Slika 7 Vučne karakteristike traktora sa 5 stepeni prenosa

Sile vuče u IV-om i V-om stepenu prenosa iznose 780 i 1320 daN i odgovaraju maksimalnoj vučnoj snazi u tim stepenima prenosa, a razlika vučne sile između ovih stepena prenosa koja je nepokrivena iznosi 540daN ili 69%, u odnosu na V-ti stepen prenosa. Sila vuče u III -em stepenu prenosa iznosi 1650 daN, o odnosu na IV-ti stepen prenosa veći je za 330 daN ili 25%. U II-gi stepenu prenosa vučna sila iznosi 2100 daN, u odnosu na III-ći stepen prenosa veća je za 450 daN ili 27%. U I-om stepenu prenosa, vučna sila je 2200 daN koja je jednaka II-om stepenu prenosa. U I-om i II-om stepenu prenosa menjački prenosnik nema funkciju povećanja vučne sile, već samo brzine kretanja. Ostvarene brzine kretanja pri maksimalnim snagama su: 2, 72-4, 13-6, 59-8, 57 i 13, 85 km/h.

Na slici 7 se vidi da se vučno-energetski potencijal traktora ne može racionalno koristiti u rasponu 25 do 69%.

Transmisija sa kontinualnom promenom snage omogućava optimalno usklađivanje sila vuče i brzina kretanja traktora, tako da se snaga vuče uvek nalazi na potencijalnoj krivoj, bez obzira na uslove rada. Iz ovoga proizilazi da je konstrukcija prenosnika sa kontinualnom promenom brzine kretanja imala za cilj racionalnije korišćenje vučno-energetskog potencijala traktora, a koje se odražava na povećanje produktivnosti rada, odnosno učinka traktora.

ZAKLJUČAK

U poslednjih 100-ak godina, od pojave prvih traktora do danas, razvoj transmisije je doživljavao intenzivan progres, počev od parova nepokretnih zupčanika, zatim pokretnih, potom zupčastih spojnica a potom i sinhron spojnica. U kasnijim fazama transmisije sa razvojem: uređaja za elektro-hidrauličko aktiviranje, planetarnih prenosnika i višelamelastih spojnica, stvarani su uslovi za razvoj menjačkih prenosnika sa promenom stepena prenosa pod opterećenjem, bez zastoja i bez prekida toka snage.

Trend razvoja takvih transmisija imao je pre svega cilj poboljšanje vučno-dinamičkih karakteristika, boljeg iskorišćenja potencijalne karakteristike traktora, odnosno približenju idealnoj hiperboli vuče, racionalnijoj potrošnji goriva, povećanju produktivnosti rada, poboljšanju komforosti rukovaoca traktora (smanjenje buke i vibracija, aerozagađenja i dr.) i dr. Međutim, takve transmisije zbog svoje kompleksnosti zahtevaju specijalističku obuku servisera, kao i potrebnu opremljenost servisa u pogledu opreme za održavanje takvih traktora.

LITERATURA

- [1] Petrović P. i dr.: *Naučne osnove energetskog potencijala traktora Rakovica-135* (VI_{ti} Naučno-stručni skup "Dan poljoprivredne tehnike-'98" Informacione tehnologije i razvoj poljoprivredne tehnike, 1998.g., Beograd, Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd, str. 51-52).
- [2] Petrović P. i dr.: *Ekonomski pokazatelji eksploatacije traktora Rakovica-95 i 135 sa aspekta energetskog potencijala i vučnih karakteristika* (Nacionalni časopis "Ekonomika poljoprivrede" br. 3-4, 1999.g., god. 46, Beograd, Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara i Društva agrarnih ekonomista Srbije, str. 215-232).
- [3] Marković Lj., Petrović P., Šimić D.: *Energetski bilans snage na priključnom vratilu traktora* (VI_{ti} Međunarodni Naučno-stručni skup "Izvor i prenos snage-IPS- 01", CEMIMM-Centar za motore i mobilne mašine, Mašinski fakultet Podgorica, Bečići, 2001.g., CG 30601B12, str. 317-325).
- [4] Obradović D., Petrović P.: *Naučne osnove konstrukcije novih traktora IMR-a, Rakovica-65 12 BS DV i Rakovica -75 12 BS DV* (X_{ti} Naučni skup sa Međunarodnim učešćem "Pravci razvoja traktora i mobilnih mašina, 2003.g. , Novi Sad, Br. 4, Vol. 8, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Rad štampan u stručnom časopisu JUMTO_a "Traktori i pogonske mašine", str. 64-69).
- [5] Guskov V.V.: *Teorija traktora*, Moskva, Mašinstroenie, 1988.g.
- [6] Petrović P.: *Opšti pristup rešavanju problematike buke traktora* (XII_{ti} Naučni skup sa Međunarodnim učešćem "Pravci razvoja traktora i mobilnih sistema u poljoprivredi i šumarstvu", 2005.g. , Novi Sad, Br. 4, Vol. 10, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Rad štampan u stručnom časopisu JUMTO_a "Traktori i pogonske mašine", str. 34-40).
- [7] Petrović P.: *Razvoj savremenih traktora* (Studija I). Iz projekta "Istraživanje, projektovanje i razvoj nove generacije savremenih traktora koji zadovoljavaju ekološke i druge svetske propise "Realizacija: Industrija motora Rakovica-Mašinski fakultet Beograd-Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije (EVB:TP-6307-B).
- [8] Petrović P.: *Razvoj transmisija savremenih traktora* (Studija II). Iz projekta "Istraživanje, projektovanje i razvoj nove generacije savremenih traktora koji zadovoljavaju ekološke i druge svetske propise"Realizacija: Industrija motora Rakovica-Mašinski fakultet Beograd-Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije (EVB:TP-6307-B).
- [9] Petrović P.: *Razvoj oruđa za agregatiranje savremenih traktora* (Studija III). Iz projekta "Istraživanje, projektovanje i razvoj nove generacije savremenih traktora koji zadovoljavaju ekološke i druge svetske propise"Realizacija: Industrija motora Rakovica-Mašinski fakultet Beograd-Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije (EVB:TP-6307-B)
- [10] Barskij I.B.: *Konstruisanje i proračun traktora*, Moskva, Mašinstroenie, 1968.g.

ANALYSIS DEVELOPMENTAL TREND OF TRACTOR TRANSMISSIONS FROM THE ASPECT OF IMPROVEMENT OF PULLING AND DYNAMIC CHARACTERISTICS

Predrag Petrović, Dragoljub Obradović

Abstract: Within the period of almost a hundred years of tradition, developmental concept of transmissions of agricultural tractors has gradually been brought into accord with engine power, tractor mass, velocity of movement and other requests, with the purpose of finding permanent improvements of pulling and dynamic characteristics, and all that with the view to optimizing agricultural and technical conditions and increasing the degree of rationalization of production.

In the first phases of development of tractor transmissions shafting from engine was effected through gradual gearbox and main gearing to driving wheels. In further decades of development of transmission systems, more and more attention was paid to the development of gearbox gearings particularly in the increase of gear shift. In that way, optimal solution, i. e. the ideal pulling hyperbola, was nearer and nearer.

In today's trend of development of tractor transmissions so-called automatic transmissions have an ever increasing application, providing a continual shafting depending on conditions of operation.

Tractors fitted with such types of transmissions have a much higher degree of power utilization, i. e. more favourable potential pulling characteristic.

In this work a short review is given of the analysis of agricultural tractors transmission from the aspect of improvement of pulling and dynamic characteristics.

Key words: tractor, transmission, developmental, dynamic characteristics, agricultural.