

UDK: 631.372:629.114.2

RAZVOJ NOVE GENERACIJE UNIVERZALNIH SAMOHODNIH ŠASIJA

Dragan Marković*, **Milan Veljić***, **Dragan Branković****

**Mašinski fakultet - Beograd*

***ITN Mobile Hydraulics – Fluid Power - Beograd*

Sadržaj: U radu je prikazan dalji razvoj samohodnih šasija na bazi postojećih samohodnih kombajna za šećernu repu starije generacije i njihova primena kao univerzalne radne šasije – nosača oruđa. Dato je originalno rešenje hidrostatičkog pogona PTO vratila i sistema za promenu težišta mašine, kao i spektar radnih oruđa koje ova platforma može da agregatira.

Ključne reči: razvoj, samohodna šasija, hidrostatika, radna oruđa.

UVODNA RAZMATRANJA

U prethodnim radovima, [2,7,8,22], detaljno su analizirane mogućnosti primene samohodnih šasija baziranih na kombajnama za šećernu repu, kao samohodnih nosača oruđa u mehanizaciji poljoprivrede i prikazana su idejna rešenja reinženjeringa hidrostatičkih sistema za pogon šasije kao i hidrauličnih sistema u cilju primene u novim radnim uslovima. U drugoj fazi razvoja univerzalnih samohodnih šasija, razvijeni su sistemi koji omogućuju samohodnoj šasije da agregatira širok spektar poljoprivrednih oruđa. U ovoj fazi projektovana je kompletna zadnja poteznica sa PTO vratilom, kao i prednje vezivanje radnih oruđa. Takođe je, kao naredna faza razvoja, obrađena mogućnost konstruisanja sistema za promenu težišta.

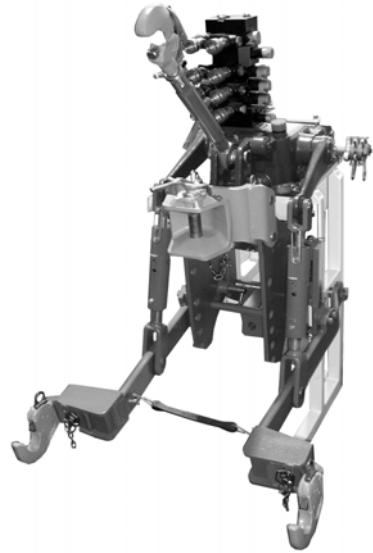
ZADNJA POTEZNICA I HIDROSTATIČKI SISTEM ZA POGON PTO VRATILA

Jedan od osnovnih uslova da samohodna platforma bude pogodna za agregiranje radnih oruđa je da postoji zadnja poteznica za vezivanje u 3 tačke, kao i PTO vratilo sa brzinama 540min^{-1} i 1000min^{-1} .

Zadnja poteznica sa priključcima hidraulike se proizvodi serijski i može se nabaviti kao "of the shelf" proizvod, a za potrebe izrade prototipa može se iskoristiti zadnja poteznica sa rashodovanog traktora snage 110-140kW.

Na slici 1 prikazana je karakteristična zadnja poteznica za srednje traktore (kategorija 2 ili 3), pogodna za primenu na samohodnoj platformi. Ovakva poteznica ugrađuje se na traktore vodećih svetskih proizvođača. Ovaj sistem isporučuje se i sa delom hidrauličnog sistema (hidraulični priključci), što je od posebnog značaja imajući u vidu da samohodna platforma raspolaže hidrauličnom pumpom za priključne uređaje protoka od 200 l/min što odgovara traktorima snage oko 300 KS.

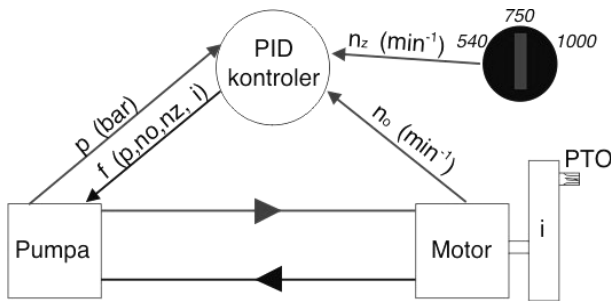
Zbog pozicije motora sa unutrašnjim sagorevanjem, izvođenje direktnog pogona PTO vratila sa motora SUS je konstruktivno komplikovano, te je na samohodnoj platformi pogon PTO vratila hidrostatički. Prilikom konstrukcije vođeno je računa da se iskoristi većina postojećih komponenti, tako da su hidrostatička pumpa i motor koji su iskorišćeni za konstrukciju pogona PTO vratila, nekada imali funkciju pogona vadilice kombajna za šećernu repu.



Sl. 1. Zadnja poteznica

Osnovni problem koji se javio prilikom projektovanja hidrostatičkog pogona PTO vratila je održavanje konstantne (zadate) brzine izlaznog vratila hidrauličnog motora bez obzira na opterećenje. Prilikom rešavanja ovog problema vodilo se računa da se vrše minimalne izmene na postojećim komponentama i da rešenje bude tehnički jednostavno. U konsultaciji sa proizvođačem hidrostatičke pumpe i motora, došlo se do jednostavnog, proverenog i efikasnog rešenja preko električne regulacije protoka pumpe.

Na slici 2. prikazana je principijelna šema kontrole konstantne brzine hidrostatičkog motora (PTO vratila) bez obzira na opterećenje.



Sl. 2. Principijelna šema hidrostatičkog pogona PTO

Osnovne izmene koje moraju da se izvrše na postojećim komponentama kombajna za šećernu repu su:

1. Ugradnja servo ventila na hidrostatičkoj pumpi, tj. na ventilu za kontrolu protoka pumpe (EDC kontroler). Ova izmena uključuje uklanjanje mehaničke kontrole protoka hidrostatičke pumpe i postavljanje servo ventila.
2. Ugradnja senzora brzine u hidrostatički motor
3. Ugradnja električnog sistema za kontrolu brzine PTO vratila

Izmene koje se moraju izvršiti su jednostavne i ekonomski opravdane, što je omogućeno modularnim projektovanjem hidrauličnih komponenata.

Glavno mesto u sistemu zauzima novi elektronski uređaj, tzv. PID kontroler (Proporcionalno-Integralni-Diferencijalni kontroler). Kontroler ima tri ulazne veličine:

1. Zadana brzina n_z (željena brzina PTO vratila korigovana za vrednost prenosnog odnosa reduktora), koja se zadaje više-položajnim prekidačem u kabini samohodne platforme. U prvoj fazi razvoja predviđene su brzine: 540, 750 i 1000min⁻¹.

2. Ostvarena brzina n_o , na vratilu hidrostatičkog motora. Svi Sauer hidrostatički motori su predviđeni za ugradnju senzora brzine.

3. Pritisak p , hidrostatičke pumpe u potisnom vodu.

Na osnovu razlike između zadate i ostvarene brzine, a uzimajući u obzir pritisak hidrostatičke pumpe, PID kontroler komanduje hidrostatičkom pumpom, preko elektromagnetnog ventila za kontrolu protoka pumpe (EDC-Electric displacement controller), tj. povećava ili smanjuje ugao zakretne ploče. Na osnovu ulaznih parametara, PID kontroler bira funkciju promene komandnog signala.

Iskustva sa ovakvom kontrolom brzine hidrostatičkih motora, koja je primenjena na regulaciji brzine mlatilica kombajna za grašak, pokazuju da ovaj sistem ima sledeće prednosti:

1. Odstupanje od $\pm 5-8\%$ od zadate vrednosti
2. Velika brzina reakcije i veliki broj korekcija u sekundi
3. Pouzdan i "Maintenance free" sistem

Primenom osnovnih jednačina proračuna hidrauličnog motora,

$$M_e = \frac{V_g \cdot \Delta p \cdot \eta_m}{20 \cdot \pi} \quad [\text{Nm}]$$

$$P_e = \frac{V_g \cdot n \cdot \Delta p \cdot \eta_m}{600000} \quad [\text{kW}]$$

dobijaju se tabele koja prikazuje karakteristiku motora u zavisnosti od brzine, pritiska, broja obrtaja i mehaničkog faktora iskorišćenja. Kao što tabela br.1 prikazuje, PTO vratilo samohodne šasije ostvaruje obrtni moment i snagu koji odgovara motorima SUS snage 165 kW i obrtnog momenta od 800 Nm, tj. u potpunosti može da agregatira oruđa kao i traktori kategorije 3 (snage oko 150 KS).

Hidrostatička šema pogona PTO vratila prikazana je na slici 3. Na izlazno vratilo motora postavljen je reduktor sa prenosnim odnosom 2.5:1. Reduktor je postavljen u cilju maksimalnog iskorišćenja potencijala hidrauličnog motora sa aspekta izlazne snage. Prednosti hidrostatičkog pogona PTO vratila su:

- Jednostavna konstrukcija
- Velika izlazna snaga
- Beskonačno varijabilna kontrola brzine motora
- Uključivanje i isključivanje pogona bez dinamičkih udara

Tab. 1. Karakteristike hidro-motora za pogon PTO u zavisnosti od radnih uslova

n	M_e (Nm)	P_e (kW)
1000	362,26	37,92
2000		75,83
3000		113,75

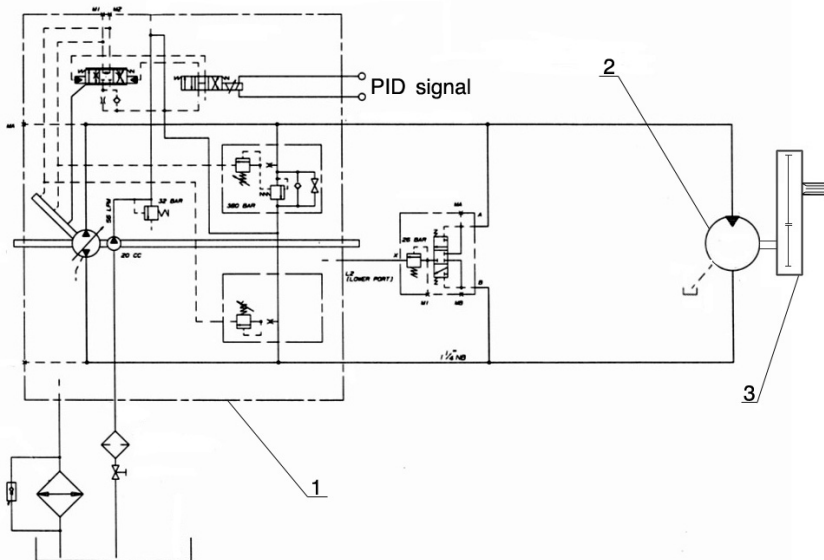
$$\Delta p = 250 \text{ bar}, \eta_m = 0.91$$

n	M_e (Nm)	P_e (kW)
1000	484,87	50,75
2000		101,50
3000		152,25

$$\Delta p = 350 \text{ bar}, \eta_m = 0.87$$

n	M_e (Nm)	P_e (kW)
1000	568,47	59,50
2000		119,00
3000		175,80

$$\Delta p = 420 \text{ bar}, \eta_m = 0.85$$



Sl. 3. Hidrostatička šema pogona PTO vratila:

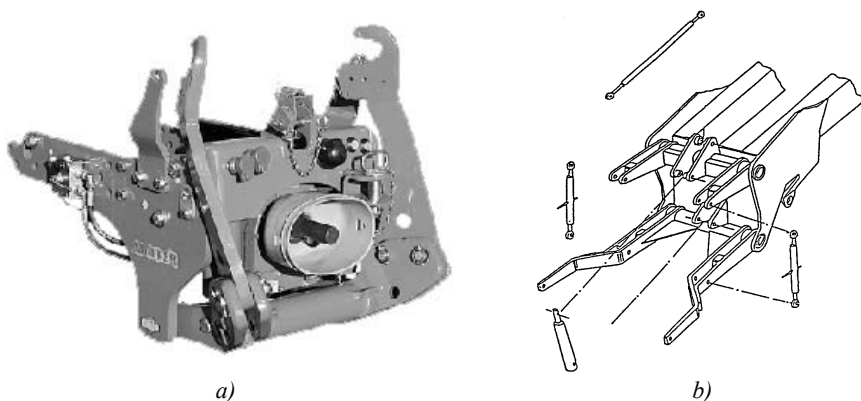
1) Hidrostatička pumpa; 2) Hidrostatički motor; 3) Reduktor

PREDNJA POTEZNICA I PREDNJE PTO VRATILO

Prednja poteznica za vezivanje radnih mašina na samohodnu šasiju je kao i zadnja, proizvod serijske proizvodnje. S obzirom na način vezivanja tarupa na kombajn za šećernu repu, moguće je izvršiti modifikaciju postojećeg sistema za vezivanje, kako bi bio u mogućnosti da se koristi kao univerzalna prednja poteznica samohodne platforme. Na slici 4, prikazana su oba tipa prednjih poteznica.

U ovoj fazi projekta, prednje PTO vratilo nije predviđeno, iako je u daljem razvoju predviđena i ova mogućnost. Pogon prednjeg PTO vratila u idejnom rešenju se može izvesti na dva načina:

- Identičan–nezavisan sistem kao i za pogon zadnjeg PTO vratila, korišćenjem hidrostatičke pumpe i motora za pogon tarupa, ili
- Izmenom reduktora za pogon zadnjeg PTO vratila, konstruisanjem još jednog izlaznog vratila



Sl. 4. Prednja poteznica a) Traktorska; b) Samohodna platforma

IZMENE NA NOSEĆOJ ŠASIJI PLATFORME I SISTEM ZA PROMENU TEŽIŠTA PLATFORME

Osnovna karakteristika svih mašina-nosača oruđa je raspored mase od 25% na prednjoj osovinu i 75% na zadnjoj osovinu. S obzirom na podiznu kategoriju zadnje poteznice samohodne platforme, u daljem razvoju planiran je i sistem za promenu položaja težišta platforme.

Sistem je zamišljen da iskoristi dugačku centralnu gredu platforme za montažu tegova na klizačima, čijim se pomeranjem menja položaj težišta platforme. Kretanje kontra tegova po klizačima na gredi je pomoću dva hidraulična cilindra.

Ovaj sistem je zamišljen u prvoj fazi kao poluautomatski, dok bi u daljem razvoju postao potpuno automatski sistem. Oba rešenja obuhvataju postavljanje senzora opterećenja zadnje osovine (merne trake) koji prati elastične deformacije osovine. Usled elastičnih deformacija, merna traka generiše električni signal koji se prosleđuje:

- U poluautomatskom režimu na signalni uređaj u kabini koji se sastoji od 3 LED diode različite boje (zelena-šuta-crvena) u zavisnosti od jačine električnog signala, tj. opterećenja na osovinu. Kada se upali jedna od lampica, rukovaoac komanduje dvosmernim 3/4 hidrauličnim ventilom koji pomera kontrategove prema prednjoj osovinu, dok se ne isključi signalna lampica.

- U automatskom režimu signal generisan na mernoj traci koji se prosleđuje na proporcionalni hidraulični ventil koji pomera kontrategove dok god dobija signal sa merne trake. S obzirom da je elektro-magnet na hidrauličnom ventilu proporcionalnog karaktera, brzina pomeranja hidrauličnih klipova je proporcionalna jačini generisanog signala. Ovakav sistem bio bi kontinualanog tipa, sa mogućnošću premošćivanja komande i ručne regulacije položaja kontrategova.

RADNA ORUĐA KOJE MOŽE DA AGREGATIRA SAMOHODNA PLATFORMA

U tabeli 2. prikazan je spektar poljoprivrednih oruđa koje samohodna platforma može da agregatira.

Tab. 2. Spektar priključnih mašina

R. broj	Napred (sa prednjim PTO)	Nazad
1.	Kultivator	Plug
2.	Rotaciona kosačica	Kultivator
3.	Čistač snega	Presa
4.	Silažni kombajn	Prikolice za silažu
5.	Krimler valjak	Rasturač stajnjaka
6.		Sejalica
7.		Rotacione grablje

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Projekat razvoja samohodne platforme, pokazao je da su mogućnosti primene ovakve mašine u poljoprivredi daleko veće od primene za ravnanje i pripremu terena. Iz tog razloga, ali prvenstveno iz razloga ekonomske opravdanosti, nastavljen je razvoj, što je dovelo i do originalnih rešenja, kao što su hidrostatički pogon PTO vratila (prednjeg i zadnjeg) i sistema za promenu težišta platforme. U projektu daljeg razvoja vođeno je računa da ekonomska ulaganja u smislu nabavke novih komponenti i podsistema budu svedena na minimum. I pored minimalnih ulaganja, samohodna platforma može se transformisati od mašine za ravnanje i pripremu terena u mašinu nosač raznih poljoprivrednih oruđa. Iako je u razvoju iskorišćena platforma kombajna za šećernu repu (radi smanjenja početnih troškova razvoja), ova platforma u daljem razvoju projekta može da postane potpuno nova mašina koja se može proizvoditi u Srbiji.

LITERATURA

- [1] *Claas Industrietechnik GmbH – Product catalogue – Drive axles*, Nemačka, 2004.
- [2] Ercegović Đ., Raičević D., Vukić Đ., Krejić Z., Pajić M.: *Pogodnosti primene samohodnih nosača oruđa u mehanizaciji poljoprivrede*, Poljoprivredna tehnika, godina XXX, broj 3, 1-10, Beograd, decembar 2005.
- [3] *International Vehicle Technology iVT*, Dorking, UK, 2003.
- [4] Kelić N.V.: *Hidroprenosnici*, Naučna knjiga, Beograd, 1988.
- [5] *Livret d'entretien Moreau Lectra*, Francuska, 2004.
- [6] Marković D., Branković D.: *Primena najnovije generacije hidrostatskih transmisija u razvoju poljoprivrednih mašina*, Savremena poljoprivredna tehnika, Vol. 29, No. 1-2, s. 31-38, Novi Sad, 2004.
- [7] Marković D., Veljić M., Branković D.: *Razvoj univerzalnih samohodnih šasija*, Beograd, 2005.
- [8] Marković D., Veljić M., Branković D.: *Reengineering of self propelled chassis based on sugar beat harvester*, Scientific Conference Durable Agriculture - Agriculture of the future, University of Craiova, Romania, 2005.
- [9] Matthies J.H, Meier F.: *Yearbook Agricultural Engineering*, KTBL, VDI-MEG, VDMA, Band 13, Münster, Nemačka, 2001.
- [10] Matthies J.H, Meier F.: *Yearbook Agricultural Engineering*, KTBL, VDI-MEG, VDMA, Band 13, Münster, Nemačka, 2002.

- [11] Novaković V.I., Ercegović Đ., Marković D.: *Развитие новых технологическо-технических схемы комбайна в Югославии*, International Scientific Conference, University of Rousse "Angel Kanchev", Agricultural Machinery and Technologies, Proceedings, Volume 37, Book 1, p. 50-58, Rousse, Bulgaria, 1999.
- [12] Novaković V.I., Marković D., Krivokapić I., Čebela Ž.: *Automatsko regulisanje režima rada kombajna*, IV Naučno stručni skup: Merenja i automatizacija u poljoprivredi, Zbornik radova, str. 387-393, Novi Sad, Poljoprivredni fakultet, 1995.
- [13] Novaković V.I., Frolov K.V., Ercegović Đ., Marković D., Obradović V., Čebela Ž.: *New Technological solutions of Combine Drive and Technological Devices*, International Scientific Conference of Russian Science Academy IMAS-RAN, Proceedings, Moscow, Russia, 1998.
- [14] Novaković V.I., Marković D., Obradović B., Čebela Ž.: *Optimizacija pogona kretanja i tehnoloških uređaja kombajna*, IV Naučno stručni skup: Merenja i automatizacija u poljoprivredi, Zbornik radova, str. 379-387, Novi Sad, Poljoprivredni fakultet, 1995.
- [15] Novaković V.I., Marković D., Ercegović Đ.: *Новие концепции модульной системы с гидравлическим приводом рабочих модулей*, International Scientific Conference, University of Rousse "Angel Kanchev", Agricultural Machinery and Technologies, Proceedings, Volume 37, Book 1, p. 16-25, Rousse, Bulgaria, 1999.
- [16] Obradović B.: *Očekivani pravci razvoja hidrostatičkih sistema i komponenata*, Jugoslovenski časopis za upravljanje proizvodnjom, Proizvodnja, Beograd, 1983.
- [17] Savić V.: *Uljna hidraulika I – Hidraulične komponente i sistemi*, Zenica, 1990.
- [18] *Service Manual PMC Harvesters Ltd.*, Fakenham, UK, 2003.
- [19] *Technical Information SAUER-DANFOSS Series 90 Motors*, Nemačka, 2003.
- [20] *Technical Information SAUER-DANFOSS Series 90 Pumps*, Nemačka, 2003.
- [21] Veljić M., Marković D., Stokić M.: *Proizvodni programi i perspektive industrije poljoprivrednih mašina i opreme*, Naučni časopis: Poljoprivredna tehnika, No. 1-2, s.1-7, Beograd-Zemun, 2001.
- [22] Veljić M., Selea I.: *Traktori nosači oruđa*, Poljotehnika 2/94, Beograd, 1994.

Napomena: Ovaj rad je realizovan u okviru istraživanja koji delom finansira MNŽŽS, EVB.TR-6926B

DEVELOPMENT OF NEW GENERATION OF SELF PROPELLED CHASSIS

Dragan Marković*, **Milan Veljić***, **Dragan Branković***

**Faculty of Mechanical Engineering - Belgrade*

***ITN Mobile Hydraulics - Fluid Power - Belgrade*

Abstract: This paper analyzes presents further stage of development of self propelled chassis into universal platform, based on previous generation of sugar beat harvesters. Paper presents some original ideas of hydrostatic PTO drive and system for center of mass regulation. It is also presented a wide range of implement machine which can be attached on new platform.

Key words: *Development, Self propelled chassis, Hydrostatics.*