

**Dr Mladen Pantić,**  
potpukovnik, dipl. inž.  
Vojnotehnički institut VJ,  
Beograd

## **NEKE OSNOVNE KARAKTERISTIKE PLANETARNIH PRENOSNIKA I NJIHOVA PRIMENA NA BRZOHODNIM GUSENIČNIM VOZILIMA**

UDC: 621.833.6.000.531.1:623.438.3

### *Rezime:*

*U ovom radu definisani su, klasifikovani i označeni elementi planetarnih prenosnika i date njihove osnovne karakteristike, kao i osnove kinematike planetarnih prenosnika i analizirane mogućnosti njihovog blokiranja sa posebnim osvrtom na pojavu cirkulirajuće snage. Analizirani su osnovni parametri planetarnih menjača nekih savremenih brzohodnih guseničnih vozila i prikazane njihove kinematske šeme. Opisani su osnovni elementi metodologije za formiranje optimalne kinematske šeme složenih planetarnih prenosnika i analizirano je rešenje dobijeno primenom definisane metodologije.*

*Ključne reči: transmisija, planetarni prenosnik, kinematska šema, metodologija.*

---

## **SOME BASIC CHARACTERISTICS OF PLANETARY GEAR TRAINS AND THEIR APPLICATION ON HIGH-SPEED TRACKED VEHICLES**

### *Summary:*

*The definition, classification and designation of elements of planetary gear trains were carried out and their basic characteristics were given in the paper the bases of kinematics of planetary gear trains were presented and possibilities of lock-up modes were analysed from the special aspect of power circulation. The analysis of basic parameters of planetary gearboxes of some contemporary highspeed tracked vehicles was performed and the kinematic schemes of gearboxes were shown. The basic elements of methodology for the creation of optimal kinematic scheme of compound planetary gear trains were described and the obtained optimal solution of the kinematic scheme was analysed.*

*Key words: transmission, planetary gear train, kinematic scheme, methodology.*

---

### **Uvod**

Planetarni prenosnici razlikuju se od neplanetarnih prenosnika po kompaktnosti, odnosno manjim gabaritima i masi za istu snagu koju prenose. Ova osobina objašnjava se raspodelom opterećenja na nekoliko satelita, posebno ako je opterećeno više planetarnih redova složenog planetarnog prenosnika. Ostvarenje prenosnika znatno manjih gabarita i mase u odnosu na neplanetarne, izrađenih od

istog materijala i podvrgnutih istom opterećenju, u znatnoj meri zavisi od primene adekvatne kinematske šeme.

Prelazak sa neplanetarnih prenosnika na planetarne doveo je do znatnog smanjenja modula zupca zupčanika. Tako, na primer, za isto opterećenje modul zupca zupčanika planetarnog prenosnika primenjenog na brzohodnom guseničnom vozilu kreće se od 3 do 5 mm, dok u slučaju neplanetarnog prenosnika on iznosi 7 do 10 mm.

Takođe, funkcija i pouzdanost planetarnog prenosnika u eksploataciji u osnovi zavise od njegove kinematske šeme. Problemi koji se nameću pri formiranju ili izboru kinematske šeme vezani su za ostvarivanje visoke vrednosti stepena korisnosti ( $\eta = 0,92 - 0,98$ ), obezbeđenje potrebnih vrednosti prenosnih odnosa uz minimalan broj planetarnih redova i frikcionih sklopova, ostvarivanje dozvoljenih vrednosti blokirajućih i kočionih momenata, kao i obimnih i ugaonih brzina elemenata i obezbeđenje jednostavnosti konstrukcije.

Planetarni prenosnici se, u velikoj meri, primenjuju u transmisijama brzohodnih guseničnih vozila u sklopovima kao što su menjači, diferencijali i bočni prenosnici.

### **Definicija, klasifikacija i označavanje elemenata planetarnih prenosnika**

Pod planetarnim prenosnikom podrazumeva se onaj prenosnik koji poseduje bar jedan zupčanik čija osa rotira oko centralne ose prenosnika. Zupčanici čije ose rotiraju oko centralne ose nazivaju se sateliti i ostvaruju dvostruko kretanje – rotaciju oko sopstvene ose i istovremeno zajedno sa svojom osom rotiraju oko centralne ose prenosnika. Osovinice satelita učvršćene su u nosaču satelita.

Zupčanici čije se ose poklapaju sa centralnom osom planetarnog prenosnika nazivaju se centralni zupčanici [1], a mogu biti cilindrični ili konusni sa unutrašnjim ili spoljašnjim ozubljenjem. Za centralni zupčanik sa unutrašnjim ozubljenjem često se koristi naziv epicikl, a centralni zupčanik sa spoljnim ozubljenjem naziva se i sunčani zupčanik.

Elementi planetarnog prenosnika čije su ose nepokretne u prostoru nazivaju se osnovnim elementima [1, 2].

Najjednostavniji planetarni prenosnik sa dva stepena slobode sastoji se od tri osnovna elementa i to: centralnog zupčanika sa spoljnim ozubljenjem (u daljem tekstu centralni zupčanik), centralnog zupčanika sa unutrašnjim ozubljenjem (u daljem tekstu epicikl) i nosača satelita. Ovakav prenosnik često se u literaturi sreće pod nazivom tročlani planetarni red ili samo planetarni red ili jednoreadni planetarni prenosnik.

Klasifikacija planetarnih prenosnika vrši se na osnovu nekoliko kriterijuma, i to:

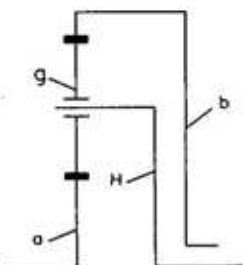
- prema načinu prenosa snage:
  - zupčasti planetarni prenosnici,
  - frikciono planetarni prenosnici;
- prema vrsti zupčanika:
  - planetarni prenosnici sa cilindričnim zupčanicima sa pravim zupcima,
  - planetarni prenosnici sa koničnim zupčanicima;
- prema složenosti, odnosno broju planetarnih redova:
  - jednoreadni planetarni prenosnici,
  - višeredni planetarni prenosnici;
- prema broju stepeni slobode:
  - planetarni prenosnici sa jednim stepenom slobode,
  - planetarni prenosnici sa više stepeni slobode;
- prema broju zupčasnih venaca satelita:
  - planetarni prenosnici sa satelitom od jednog venca,
  - planetarni prenosnici sa satelitom od dva venca.

Pod pojmom stepena slobode planetarnog prenosnika podrazumeva se broj veza koje treba ostvariti za dati prenosnik

radi postizanja određenog kinematskog stanja. Karakter veza i način njihovog ostvarivanja zavisi od kinematske šeme prenosnika i upotrebljenih elemenata upravljanja (najčešće frikcionih sklopova). Najširu primenu našli su planetarni prenosnici sa dva, tri i četiri stepena slobode.

U ovom radu razmatrani su zupčasti složeni planetarni prenosnici sa cilindričnim zupčanicima sa pravim zupcima i satelitima sa jednim zupčastim vencem, koji poseduju dva i više stepena slobode.

Sl. 1 – Jednoredni planetarni prenosnik



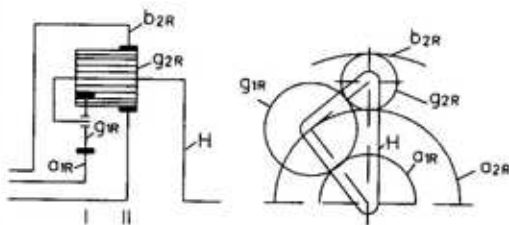
Označavanjem elemenata planetarnih prenosnika povećava se pogodnost analize strukture prenosnika. Elementi planetarnog prenosnika obeležavaju se brojevanim i slovnom oznakama. Prema tome, za jednoredni planetarni prenosnik (sl. 1) uvedene su sledeće oznake:

- centralni zupčanik a,
- satelit g,
- nosač satelita H,
- ep cikl e.

Ukoliko se radi o satelitu sa dva zupčasta venca, prvi venac se označava sa g, a drugi sa g'.

Kod složenog planetarnog prenosnika (sastoji se od dva i više planetarnih redova) svaki planetarni red obeležava se rimskim brojem, a oznake elemenata planetarnog reda dobijaju indeks koji odgovara pripadajućem rimskom broju.

Posebna vrsta planetarnog prenosnika predstavlja prenosnik tipa RAVIGNEAUX



Sl. 2 – Planetarni prenosnik tipa RAVIGNEAUX

NEAUX koji je izveden tako da se sastoji od dva planetarna reda, pri čemu je jedan od njih nepotpun (sl. 2).

Ova dva planetarna reda povezana su tako da je nosač satelita (H) zajednički za oba reda, dok se sateliti nalaze u zahvatu. Prenosnik tipa RAVIGNEAUX se retko primenjuje kao samostalni prenosnik snage u ulozi menjača, već je njegova primena mnogo češća u kombinaciji sa jednim ili dva planetarna reda.

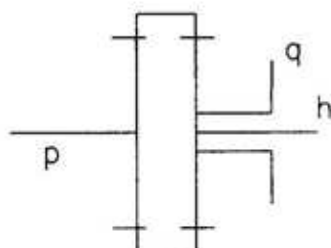
Najčešće označavanje planetarnih redova prenosnika tipa RAVIGNEAUX obavlja se tako da je oznaka potpunog planetarnog reda uvek za jedan veća od oznake nepotpunog planetarnog reda, a indeksi oznaka elemenata (izuzev nosača satelita čija oznaka H ne sadrži indeks) pored broja sadrže i slovo R (sl. 2).

### Kinematika planetarnih prenosnika

Za određivanje prenosnih odnosa i broja obrtaja svih elemenata planetarnih prenosnika poznate su četiri osnovne metode: analitička, koja je najrasprostranjenija, energetska, grafička i vektorska.

Analitička metoda naziva se i metodom redukovano mehanizma ili metodom relativnih ugaonih brzina. Po njoj se izvodi osnovna jednačina kinematike, na taj način što se polazi od toga da se celokupnom diferencijalnom planetarnom prenosniku saopštava ugaona brzina, koja je po vrednosti jednaka ugaonoj

brzini nosača satelita  $h$  (sl. 3), ali suprotnog smera. Nakon toga nosač satelita se zaustavlja, što uslovljava da diferencijalni prenosnik prelazi u zupčasti prenosnik sa nepokretnim osama i naziva se redukovani prenosnik. Element  $p$  redukovanog prenosnika ima ugaonu brzinu  $\omega_p - \omega_h$ . Dobijena razlika ugaonih brzina predstavlja ugaonu brzinu elementa  $p$  u odnosu na nosač  $h$ , pa se ponekad ova metoda naziva metodom relativnih ugaonih brzina. Element  $q$  u redukovanom prenosniku ima ugaonu brzinu:  $\omega_q - \omega_h$ .



Sl. 3 – Opšta šema tročlanog planetarnog prenosnika

Veza između ugaonih brzina tročlanog diferencijalnog planetarnog prenosnika data je sledećim opštim izrazom:

$$\frac{\omega_p - \omega_h}{\omega_q - \omega_h} = \pm k_{pq} \quad (1)$$

gde je:

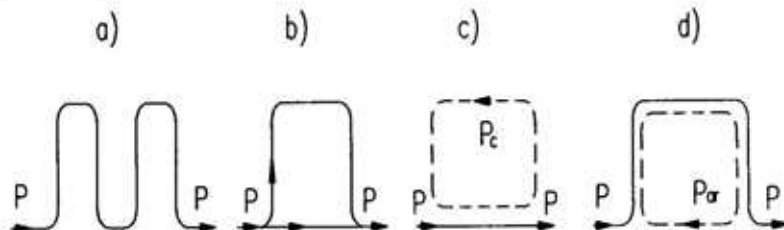
$\pm k_{pq}$  – unutrašnji (osnovni) prenosni odnos prenosnika pri nepokretnom

nosaču satelita  $h$ , a predstavlja odnos relativnih ugaonih brzina elemenata  $p$  i  $q$  u odnosu na nosač  $h$ .

Predznak unutrašnjeg prenosnog odnosa planetarnog prenosnika u izrazu (1) je negativan ako pogonski i gonjeni član planetarnog prenosnika rotiraju u suprotnom smeru pri zaustavljenom nosaču satelita. U suprotnom slučaju predznak je pozitivan. Ovaj prenosni odnos u teoriji planetarnih prenosnika je veoma značajan, jer omogućava znatno pojednostavljenje svih analitičkih izraza i služi kao konstrukcioni parametar pri određivanju relativnih odnosa parametara elemenata samog planetarnog prenosnika.

#### *Blokiranje planetarnih prenosnika i pojava cirkulirajuće snage*

Iz kinematike planetarnih prenosnika poznato je da ukoliko dva osnovna elementa jednog planetarnog reda imaju istu ugaonu brzinu, onda se sva tri elementa tog reda obrću kao jedna celina. Takav planetarni red obavlja prenosno kretanje (relativno kretanje ne postoji), i on se naziva blokiranim planetarnim redom. Analogno tome, pod blokiranim prenosnikom podrazumeva se onaj kod kojeg je uspostavljena takva veza između osnovnih elemenata da se obavlja samo prenosno kretanje, i pri tome ostvaruje prenosni odnos jednak jedinici. Blokira-



Sl. 4 – Mogući tokovi snage u planetarnom prenosniku

nje prenosnika realizuje se, uglavnom, ostvarivanjem veze između dva osnovna elementa pomoću frikcionih spojnice. Kod blokiranog prenosnika obrtni momenti na pogonskom i gonjenom vratilu su jednaki (hidraulički gubici i gubici u ležajevima su zanemareni), a opterećenje elemenata prenosnika zavisi od ostvarene veze između elemenata.

U zavisnosti od toga koji je osnovni element ulazni, izlazni i blokiran, kod jednogrednog planetarnog prenosnika može se ostvariti šest različitih načina (varijanti) prenosa snage. Za svaku varijantu postoje tri mogućnosti blokiranja prenosnika, što znači da je moguće ostvariti ukupno 18 blokiranih kinematskih stanja.

Prenos snage od pogonskog do gonjenog vratila planetarnog prenosnika, može se ostvariti jednim tokom (sl. 4a), grananjem snage (sl. 4b) i sa pojavom cirkulirajuće snage (sl. 4c i 4d). Koji će se od ovih tokova realizovati zavisi od ostvarene unutrašnje veze između elemenata, odnosno usvojene kinematske šeme i vrednosti unutrašnjih prenosnih odnosa prenosnika.

Cirkulirajuća snaga u planetarnim prenosnicima javlja se najčešće u zatvorenoj konturi i ne prenosi se na izlazno vratilo. Ova snaga naziva se i parazitska, a za nju je karakteristično da se ne može

pretvoriti u koristan rad, izaziva dodatno opterećenje elemenata u sprezi, smanjuje stepen korisnosti prenosnika, a po svojoj vrednosti može da bude veća od ulazne snage u prenosnik.

Za razliku od jednogrednih planetarnih prenosnika, kod kojih se cirkulirajuća snaga, odnosno moment, mogu pojaviti samo u slučaju kada je prenosnik blokiran, kod složenih planetarnih prenosnika cirkulirajuća snaga može se javiti i bez blokiranja, kao posledica usvojene kinematske šeme i vrednosti unutrašnjih prenosnih odnosa prenosnika. Kod ovih prenosnika, koji se sastoje od dva ili više planetarnih redova povezanih u kinematsku i konstrukcionu celinu, određivanje tokova i vrednosti cirkulirajuće snage znatno je složenije.

#### *Osnovne karakteristike planetarnih menjača nekih realizovanih transmisija*

Radi sagledavanja osnovnih karakteristika planetarnih prenosnika izvršena je analiza ostvarivanja stepena prenosa planetarnih menjača transmisija nekih brzohodnih guseničnih vozila. Osnovne karakteristike razmatranih menjača prikazane su u tabeli 1.

Transmisije navedene u tabeli 1 primenjene su na sledećim oklopnim motor-

Tabela 1

Red. br.	Model, oznaka	Broj pl. redova	Broj kočnica	Broj spojnice	Broj stepena prenosa	Broj aktiviranih frikcionih sklopova u stepenu prenosa
1.	ZFLSG-3000	3	3	2	4/2	2
2.	ESM 500	3	3	3	4/2	3
3.	TN-54	3	3	3	6/2	3
4.	TN-37	3	3	3	4/3	3
5.	BMT-72*	4	4	2	7/1	2

\* bočni menjač tenka T-72; oznaka je uslovno uvedena.



Tabela 2

Red. br.	Kinematska šema	Aktivir. fr. sklopovi	Stepen pren.
1.		KVB <sub>1</sub>	I
		KVB <sub>2</sub>	II
		KVB <sub>3</sub>	III
		KVKR	IV
		KRB <sub>1</sub>	HN1
		KRB <sub>2</sub>	HN2
2.		F <sub>3</sub> F <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	I
		E <sub>3</sub> E <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	II
		F <sub>3</sub> E <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	III
		E <sub>3</sub> E <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	IV
		E <sub>3</sub> F <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	HN1
		E <sub>3</sub> F <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	HN2
3.		ADE	I
		DBE	II
		DCE	III
		ADF	IV
		DBF	V
		DCF	VI
		ACE	HN1
		ACF	HN2
4.		FCA	I
		FCB	II
		FDA	III
		FDB	IV
		RBC	HN1
		RAD	HN2
5.		F <sub>4</sub> F <sub>3</sub>	I
		F <sub>6</sub> F <sub>4</sub>	II
		F <sub>6</sub> F <sub>3</sub>	III
		F <sub>1</sub> F <sub>4</sub>	IV
		F <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	V
		F <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	VI
		F <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	VII
		F <sub>5</sub> F <sub>3</sub>	HN

nim vozilima: ZF-LSG 3000 (italijanski tenk C1 ARIETE), ESM 500 (francuski tenk LEC-LERC), TN-54 i TN-37 (britanski tenkovi CHALLENGER 2 i CHALLENGER 1) i BM T-72 (ruski tenk T-72).

Kinematske šeme menjača ovih transmisija, kao i načini ostvarivanja stepena prenosa, putem aktiviranja odgovarajućih frikcionih sklopova, prikazani su u tabeli 2.

Za razmatrane složene prenosnike (tabele 1 i 2) karakteristično je da poseduju tri planetarna reda, osim menjača tenka T-72 koji se sastoji od četiri planetarna reda. Zbog toga je na ovom rešenju moguće ostvarenje najvećeg broja stepena prenosa za hod napred (sedam). Broj frikcionih sklopova (kočnica i spojnice) najmanji je na menjaču transmisije ZF LSG 3000, a ostali prenosnici poseduju isti broj ovih sklopova. Za ovo rešenje karakteristično je da, u kinematskom pogledu, poseduje tri stepena slobode, pa je za ostvarivanje bilo kog stepena prenosa potrebno da se izvrši aktiviranje dva frikciona sklopa.

Svi planetarni prenosnici, osim menjača tenka T-72, konstrukcijski su izvedeni tako da poseduju jedan ulaz i dva izlaza. Na taj način omogućena je ugradnja samo jednog ovakvog prenosnika u tenkovskim transmisijama.

Menjač transmisije TN 37 komponovan je, u kinemat-

skom pogledu, tako da može da ostvari tri stepena prenosa za hod unazad, međutim rešenje je konstrukcijski izvedeno tako da se realizuju samo dva stepena prenosa za hod unazad, što je sa aspekta manevarskih sposobnosti vozila sasvim dovoljno.

U zavisnosti od primenjenog mehanizma (potpuni ili nepotpuni planetarni red) od navedenih rešenja dva menjača poseduju mehanizam tipa RAVIGNEAUX (menjač najnovijeg francuskog tenka LECLERC i menjač ruskog tenka T-72). Njegovom primenom ostvarena je kompaktnija i jednostavnija konstrukcija (na jednom redu ne postoji zupčanik sa unutrašnjim ozubljenjem) u odnosu na rešenja koja su namenjena za prenos snage istih vrednosti.

### **Metodologija formiranja optimalnog rešenja kinematske šeme složenog planetarnog prenosa**

Jedna od najvažnijih karakteristika planetarnih prenosa jeste stepen korisnosti. Njegova vrednost, neposredno ili posredno, zavisi od niza parametara, kao što su: broj i vrednost prenosnih odnosa, modul i broj zuba zupčanika, opterećenje, ugaona brzina, temperatura ulja, kvalitet obrade zupčanika, broj stepeni slobode, vrsta maziva i način podmazivanja. Pored toga, složenost kinematske šeme (broj frikcionih sklopova, način ostvarivanja međusobnih veza osnovnih elemenata, broj vratila smeštenih jedno u drugo i struktura) takođe utiče na vrednost gubitaka koji nastaju u prenosniku.

Da bi se došlo do optimalnog rešenja kinematske šeme treba definisati i odrediti numeričke vrednosti navedenih parametara i izvršiti niz drugih koraka u vezi

sa izborom strukture kinematske šeme, komponovanjem mogućih rešenja i njihovom analizom u pogledu vrednosti stepena korisnosti i nekih konstrukcijskih parametara, kao i izbor optimalnog rešenja. Postupak koji obuhvata navedene korake definisan je kao metodologija formiranja optimalne kinematske šeme [6]. Osnovne faze ove metodologije su:

I: definisanje i izbor vrednosti polaznih parametara;

II: određivanje dijapazona broja zuba zupčanika i unutrašnjih kinematskih odnosa;

III: komponovanje kinematskih šema;

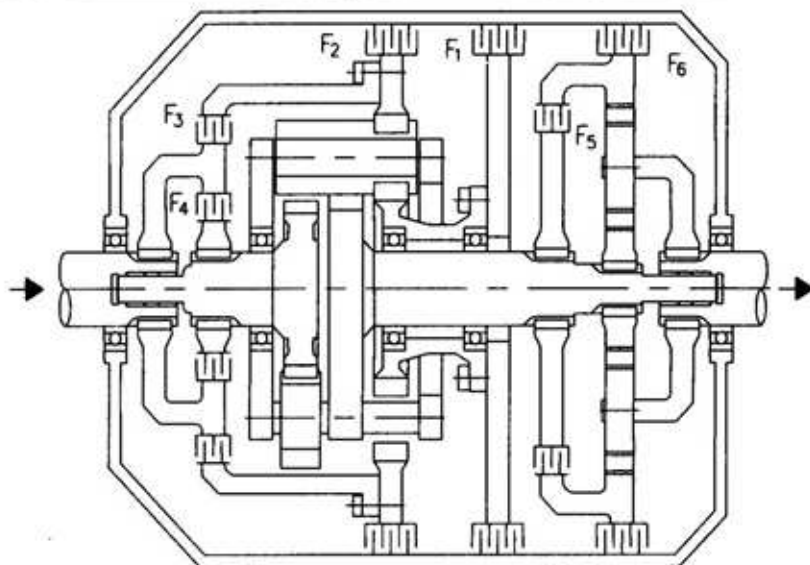
IV: određivanje konačnih vrednosti prenosnih odnosa i broja zuba;

V: izbor kinematske šeme po definisanim kriterijumima.

Izvršena je primena navedene metodologije radi dobijanja optimalnog rešenja kinematske šeme planetarnog menjača, koji se sastoji od prenosa tipa RAVIGNEAUX redno povezanog sa jednorednim planetarnim prenosnikom. Ostvareno rešenje je prenosnik čija je osnovna konstrukcija prikazana na slici 5.

Jedna od osnovnih karakteristika ovog konstrukcijskog rešenja jeste posedovanje jednog izlaza (izlaznim vratilom snaga se odvodi na jednu stranu). Na taj način prenosnik poseduje mogućnost da se primeni u mehaničkim transmisijama brzohodnih guseničnih vozila tako što će se koristiti dva ovakva prenosa, koji se obično nazivaju bočni menjači. Blokšema transmisije sa bočnim menjačima prikazana je na slici 6.

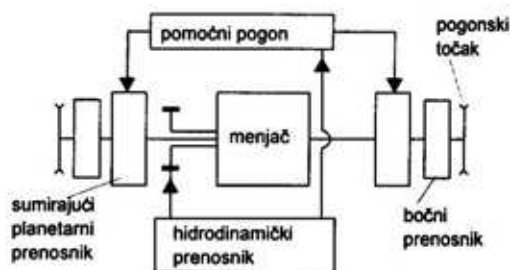
Postoji mogućnost da se dobijeno optimalno rešenje složenog planetarnog prenosa konstrukcijski izvede tako da sadrži dva izlaza (izlazno vratilo odvodi snagu na obe strane prenosa). U ovom



Sl. 5 – Osnovno konstrukcijsko rešenje planetarnog menjača

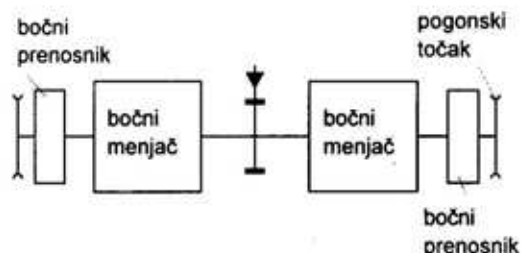
slučaju konstrukcijsko izvođenje menjača postaje složenije, ali se može koristiti u hidromehaničkim transmisijama guseničnih vozila. Blok-šema sistema za prenos snage sa ovom vrstom transmisije prikazana je na slici 7.

Planetarni prenosnik, koji se nalazi u sistemu za prenos snage u ulozi bočnog menjača prenosi deo pogonske snage za razliku od menjača primenjenog u hidromehaničkoj transmisiji (sl. 7), kod kojeg se vrši prenos celokupne pogonske snage. Ako se, pod uslovom da su im kinemat-



Sl. 7 – Blok-šema hidromehaničke transmisije

ske šeme, konstrukcijski parametri i vozila u kojima se ugrađuju isti, ova dva planetarna prenosnika uporede u pogledu stepena korisnosti u ozubljenju, može se zaključiti da će se veće vrednosti stepena korisnosti ostvarivati u menjaču primenjenom u hidromehaničkoj transmisiji, zbog toga što su njegovi elementi opterećeniji od elemenata bočnog menjača.



Sl. 6 – Blok-šema transmisije sa bočnim menjačima

### Zaključak

Osnovni kinematski parametar planetarnog prenosnika je unutrašnji preno-



sni odnos. Ovaj parametar ima veliki značaj pri komponovanju prenosnika, određivanju vrednosti ukupnih prenosnih odnosa i određivanju opterećenja elementa prenosnika. Pri proračunu elementa planetarnog prenosnika neophodno je da se prethodno odrede tokovi efektivne i cirkulirajuće snage (ako postoji u konturi prenosnika). Prednosti planetarnog prenosnika snage u odnosu na neplanetarni prenosnik mogu se ostvariti u punoj meri ako je formirana njegova optimalna kinematska šema. Da bi se došlo do nje razrađena je metodologija za njeno formiranje, pri čemu se pošlo od postojećih teorijskih postavki i rezultata analize konstrukcija složenih planetarnih prenosnika koji su realizovani na brzohodnim guseničnim vozilima. Dobijena kinematska šema služi kao osnova za konstrukcijsku razradu planetarnog prenosnika, pri čemu treba ostvariti što jednostavnije i efikasnije rešenje. Jednostavnost se ogleda u broju osnovnih ele-

menata planetarnih redova, broju frikcionih sklopova i vratila smeštenih jedno u drugo, a efikasnost u ostvarivanju visokih vrednosti stepena korisnosti. Pored relativno malih gabarita i mogućnosti prenosa velikih opterećenja, planetarni prenosnici su veoma pogodni za primenu automatske promene stepena prenosa, što je veoma važna karakteristika transmisija brzohodnih guseničnih vozila.

#### Literatura:

- [1] Krjukov, A. D., Harčenko, A. P.: Vibor transmisij guseničnih i kolesnih mašina, Mašinstroenie, Leningrad, 1963.
- [2] Kudrjavcev, V. N.: Planetarnie i gidromehaničeskie peredači kolesnih i guseničnih mašin, Mašinstroenie, Moskva, 1966.
- [3] Nosov, N. A.: Rasčet i konstruirovanie guseničnih mašin, Mašinstroenie, Leningrad, 1972.
- [4] Macmillan, R. H.: Power Flow and Loss in Differential Mechanisms, Jnl. Mech. Eng. Science Vol. 3, 1, 1961.
- [5] Pantić, D.: Analysis and Synthesis of Multiple Speed Transmissions of the Planetary-Gear Type, M. Sc. Thesis. Cranfield Institute of Technology, 1987.
- [6] Pantić, D.: Gubici snage u ozubljenju kao parametar za formiranje optimalne kinematske šeme planetarnih prenosnika primenjenih u sistemu za prenos snage motornih vozila, doktorska disertacija, Mašinski fakultet u Beogradu, 1997.