



UDK: 631.1

TRENDOVI RAZVOJA HIDRODINAMIČKIH MENJAČA MOTORNIH VOZILA

Božidar Krstić¹, Vojislav Krstić², Ivan Krstić³

¹*Mašinski fakultet u Kragujevcu,*

²*Saobraćajni fakultet u Beogradu,*

³*Fakultet tehničkih nauka u K. Mitrovici*

Sadržaj: U radu se analiziraju aktuelna rešenja transmisija sa hidrodinamičkim prenosnikom snage, kao i mogućnosti koje ona pružaju u pogledu poboljšanja performansi i ekonomičnosti motornih vozila. Na osnovu statističke analize celokupne svetske produkcije hidrodinamičko-zupčastih menjača, u radu su prikazani njihovi osnovni konstruktivni parametri kao i rasprostranjenost pojedinih koncepcija i savremenih konstruktivnih rešenja.

Ključne reči: *hidrodinamičko-zupčasti menjači, motorna vozila*

UVOD

Temeljno analiziran prenos snage hidrodinamičkim prenosnicima snage (HDPS), a ne samo na osnovu trenutno uočljivih karakteristika, dovelo je do stvaranja uslova za njihovu široku primenu. Takav prilaz doveo je do konačne afirmacije HDPS. Mnogobrojna teorijska i eksperimentalna istraživanja u oblasti HDPS, kao i praćenje njihovog ponašanja u eksploataciji potvrdila su značaj i opravdanost njihove primene. Pošto HDPS ne mogu da obezbede neophodne kinematske, dinamičke i ekonomske pokazatelje, kakve zahtevaju različiti uslovi eksploatacije motornih vozila, kombinuju se sa zupčastim menjačima (ZM). Ta kombinacija najčešće se naziva hidrodinamičko-zupčasti menjač (HDZM). HDZM, znači predstavlja kombinaciju HDPS i odgovarajućeg ZM. Kombinacije HDS i ZM, naročito za primenu u motornim vozilima, danas su vrlo retke. Najširu primenu imaju kombinacije HDM i ZM. HDM vrši funkciju kontinualne promene brzine i obrtnog momenta, a ZM proširuje interval tih promena uz zadovoljavajući koeficijent iskorišćenja. HDZM moguće je prilagoditi zahtevima eksploatacije. Posebno od velikog značaja je mogućnost koju ova kombinacija dozvoljava da se jedan određeni HDM spreže sa različitim motorima samo varijacijom prenosnog odnosa ZM. Postoji veliki broj mogućih rešenja HDZM koja se mogu ugrađivati u drumska vozila [1].

Zavisno od vrste motornog vozila, karakteristika pogonskog motora i uslova u kojima motorno vozilo izvršava svoj zadatak, potrebno je detaljno izvršiti analizu mogućih rešenja HDPS za ugradnju. Pri tome neophodno je uzeti u obzir iskustva iz eksploatacije postojećih rešenja za analiziranu kategoriju vozila. Projektovanju i konstrukciji novog HDPS treba pristupiti tek nakon sagledavanja svih prednosti i nedostataka postojećih rešenja, za sličnu ili istu namenu, do kojih se došlo ispitivanjem u laboratorijskim ili eksploatacijskim uslovima.

Posebna pažnja u razvoju HDPS usmerava se na njihov stepen korisnosti i aktivnosti koje je neophodno preduzeti u cilju njegovog povećanja (optimizacija radnog prostora, usaglašavanje zajedničkog rada pogonskog motora i HDPS, optimizacija veze HDPS i zupčastog dela HDZM, iznalaženje optimalnog rešenja sistema upravljanja promene stepena prenosa u zupčastom delu HDZM). Zahtevi koje treba da zadovolji HDZM su najčešće suprotni te se uglavnom usvajaju neka kompromisna rešenja.

Cilj rada je prikaz analize mogućih rešenja HDM i HDZM za ugradnju u motorna vozila.

ANALIZA MOGUĆIH REŠENJA HIDRODINAMIČKIH MENJAČA ZA MOTORNA VOZILA

U zavisnosti od uslova rada HDM i zahteva koji se pred njim postavlja HDM mogu imati različita konstruktivna izvođenja [1]. U zavisnosti od toga, da li je moguće okretanje reaktorskog kola ili ne, razlikuju se nekompleksni i složeni-kompleksni HDM. Prema broju turbinskih kola u radnom prostoru razlikuju se: jednostepeni, dvostepeni i višestepeni HDM. Prema broju cirkulacionih površina razlikuju se: jednocirkulacioni i višecirkulacioni HDPS. HDM sa pomerljivim usmerenim aparatom, zbog relativno niskog stepena korisnosti nije našao veliku primenu.

Oblici lopatičnih kola HDM, kao i redosled proticanja radnog fluida kroz njih, zavisi od njegove namene i dijapazona promene radnih režima, odnosno od karakteristika koje se žele ostvariti njihovom primenom. U primeni su dve osnovne šeme kretanja fluida kroz HDM, i to: prva-pumpno, turbinsko, reaktorsko kolo i druga - pumpno reaktorsko, turbinsko kolo.

Radi obezbeđenja većeg prenosnog odnosa ili bolje prilagodljivosti promeni radnog režima primenjuju se HDM sa više turbinskih i/ili reaktorskih kola. Ugradnjom mehaničkih jednosmernih spojnika, u određenim radnim područjima, prekida se veza između sprovodnog aparata-reaktora i kućišta HDM, čime se omogućuje bolja prilagodljivost promeni radnih režima i ostvarenje većeg stepena korisnosti u širokom području eksploatacije. Ovi HDM nazivaju se i kompleksni ili složeni, jer u jednom delu radnog područja rade kao HDM, a u drugom kao HDS. Složeni HDM mogu imati ne samo više turbinskih i reaktorskih kola, već i više pumpnih kola. Složeni-kompleksni HDM objedinjuju karakteristike HDM i HDS. Pri niskim prenosnim odnosima, kada je $M_T > M_P$, on radi kao HDM, a kada se momenti na pumpnom i turbinskom kolu izjednače ($M_T = M_P$), automatski usled promene smera hidrauličkog momenta, oslobađa se veza usmerenog aparata-reaktora sa kućištem, zahvaljujući jednosmernoj spojnici, te HDM onda radi kao HDS. Reaktorsko kolo se na tom režimu ili slobodno obrće ili se automatski zakačinje za pumpno ili turbinsko kolo i postaje njihov sastavni deo. Primenom ovakvih HDM, u većoj meri, se proširuje oblast njihovog rada sa visokim

stepenom korisnosti. Proširenje oblasti rada HDM, sa visokim vrednostima stepena korisnosti, može se postići i blokiranjem (ostvarivanjem mehaničke veze ulaznog i izlaznog vratila HDM) u trenutku kada stepen korisnosti HDM počinje da opada. Blokada se najčešće ostvaruje odgovarajućim frikcionim mehanizmom. Radna kola HDM blokiraju se pri relativno niskim prenosnim odnosima.

Analizom karakteristika HDM, može se zaključiti da za istu vrednost promene prenosnog odnosa, promena momenta, koja se ostvari na turbinskom kolu je mnogo veća nego na pumpnom kolu. Ovo znači da HDM, zavisno od opterećenja, vrši promenu izlaznog momenta na račun promene ugaone brzine obrtanja izlaznog vratila, a da pri tome održava rad motora u optimalnom režimu. Zahvaljujući ovoj osobini HDM je dobio široku primenu na motornim vozilima. Jedan od važnijih zahteva, pored zahteva za što manjim gabaritima, koji se postavlja pred HDM je visok stepen korisnog dejstva u radnoj zoni (pri $i=0,4$ do $0,8$) ne manji od $0,84$. Praksa je pokazala da ovom zahtevu najbolje odgovara jednostepeni kompleksni HDM sa centripetalnim turbinskim kolom i simetrično postavljenim radnim kolima. Zona rada, sa stepenom korisnosti većim od $0,8$ u HDM sa centripetalnom turbinskim kolom, šira je nego u HDM drugih tipova. Kod HDM sa centrifugalnim ili aksijalnim turbinskim kolom prenosni odnos najčešće se kreće u granicama $0,65$ do $0,8$ [1].

Praksa je pokazala da za vozila visoke prohodnosti najprihvatljivija je transmisija koja u svom sastavu ima kompleksni HDM sa koeficijentom promene obrtnog momenta $K=1,7$ do 2 , u kombinaciji sa četvorostepenim ili šestostepenim zupčastim menjačem. U lakim automobilima, gde HDM duže vremena radi bez promene obrtnog momenta, znači na režimu rada HDS, celishodno je ugraditi prozračni HDM sa relativno malim koeficijentom promene obrtnog momenta pri startu ($K_0=2$ do $2,5$). Vrednosti koeficijenta promene obrtnog momenta HDM, primenjenih u praksi, je $K<5$. Za primenu na teretnim drumskim vozilima najbolje je primenjivati jednostepene kompleksne HDM sa koeficijentom prozračnosti $1,2$ do $1,6$.

U HDM se ugrađuje najčešće jedno pumpno kolo, a broj turbinskih i reaktorskih kola može biti veći. Praksa je pokazala da, ukoliko je hidraulički prenosni odnos HDM $i=0,4$ do $0,8$ potreban je jednoturbinski HDM pri $i=0,2$ do $0,4$ dvoturbinski i pri $i=0,3$ troturbinski HDM.

Broj reaktorskih kola bira se u funkciji broja turbinskih kola. U jednoturbinskim HDM ugrađuje se najčešće jedno reaktorsko kolo. Pri pravougaonom obliku meridijanskog preseka HDM i centrifugalnoj turbini, po pravilu, postavljaju se dva reaktorska kola. U višeturbinskom HDM broj reaktorskih kola jednak je broju turbinskih kola ili za jedan manji. Reaktorsko kolo postavlja se ispred svake turbine. Poslednjih godina primenjuju se i svestranije istražuju osne i dijagonalne pumpe. One se primenjuju pri $i=0,1$ do $0,2$. Radi dobijanja visokoenergetskih pokazatelja preporučuje se redosled lopatičnih kola: pumpno, turbinsko, reaktorsko - za HDM istog smera i pumpno, reaktorsko, turbinsko - za HDM suprotnog smera. Po pravilu HDM suprotnog hoda izvode se sa dva reaktorska kola - iza pumpnog i iza turbinskog.

Na drumskim vozilima najčešće se koriste HDM istog smera obrtanja ulaznog i izlaznog vratila. Kompleksni HDM je savremeno i masovno primenjeno rešenje za ugradnju u drumska vozila. Onog trenutka, kada se izjednači obrtni moment pumpnog i turbinskog kola i kada stepen korisnog dejstva počinje da opada, zahvaljujući jednosmernoj spojnici, reaktorsko kolo počinje da se okreće u smeru strujanja fluida i HDM prelazi sa režima rada HDM na režim rada HDS.

Na taj način povećava se stepen korisnog dejstva HDM i proširuje oblast njihove ekonomične primene. Veći broj konstrukcija HDM ima mogućnost automatskog pokretanja lopatica kola HDM, tako da zauzimaju uvek optimalan položaj pri kome se udarni gubici, pri strujanju radnog fluida iz jednog u drugo lopatično kolo, minimalni. Ovo rešenje je jako povoljno jer povećava stepen korisnog dejstva HDM u širokoj oblasti njegove primene. Primena složenog automatskog sistema za pokretanje lopatica kola usložnjava i poskupljuje ovakvu konstrukciju. Nekompleksni HDM se redje primenjuju na drumskim vozilima jer imaju nizak stepen korisnosti u oblasti većih prenosnih odnosa. HDM, sa mogućnošću blokiranja radnih kola, široko se primenjuju na teretnim drumskim vozilima. Kod HDM sa suprotnosmernim obrtanjem pumpnog i turbinskog kola, moment na reaktorskom kolu jednak je zbiru momenta na pumpnom i turbinskom kolu, koji u ovom slučaju imaju iste intenzitete samo suprotnog smera. Kod ovih HDM, moment na reaktorskom kolu ne iščezava i ne menja smer u celom vučnom području. Iz tog razloga, ovakvi HDM, ne mogu se graditi kao kompleksni.

HDM ostvaruju se dva područja kočenja, jedno sa suprotnosmernim obrtanjem, a drugo sa preticanjem. Turbinsko kolo se, pri suprotnosmernom obrtanju, obrće suprotnosmerno, u odnosu na obrtanje pri vučnim režimima. Pri preticanju, ovo kolo se obrće u istom smeru kao i pri vuči, ali sa brzinama većim od maksimalne vučne. Energija potrebna za obrtanje turbinskog kola se dovodi, pri kočnim režimima, preko izlaznog vratila. U vučnom režimu, kod HDS je maksimalna vrednost ugaone brzine obrtanja izlaznog vratila jednaka ugaonoj brzini obrtanja ulaznog vratila ($\omega_{2max}=\omega_1$). Kod HDM, pri vučnom režimu, ne mora da bude tako. Tako je za HDM različitih tipova $\omega_{2max}\geq\omega_1$ ili $\omega_{2max}<\omega_1$ (odnosno $i_{max}=\omega_{2max}/\omega_1\geq 1$ ili $i_{max}<1$), što zavisi od oblika radnog prostora i optimalne vrednosti prenosnog odnosa, kada je stepen korisnosti najveći. Pri $i=i_1$, obrtni moment pumpnog i turbinskog kola se izjednačuju, a u području od $i=i_1$ do $i=i_{max}$ moment turbinskog kola je manji od momenta pumpnog kola. Granicu vučnog područja definiše maksimalna vrednost prenosnog odnosa (i_{max}) kada obrtni moment izlaznog vratila i stepen korisnosti HDM ima vrednost nula ($M_2=0$, $\eta=0$).

Što je kriva obrtnog momenta izlaznog vratila HDM strmija, to se on efikasnije prilagođava promeni opterećenja jer za isti priraštaj izlaznog momenta (ΔM_2) odgovarajuća promena prenosnog odnosa (Δi) je manja. Međutim, što je ova kriva strmija otežavaju se radni uslovi pogonskog motora.

Kada je neophodno podešavati broj obrtaja izlaznog vratila, pri nepromenljivom momentu i broju obrtaja ulaznog vratila primenjuju se tzv. regulacioni HDM. Kod ovakvih HDM regulisanje njihovog rada moguće je realizovati promenom broja obrtaja ulaznog vratila, promenom punjenja, menjanjem nagiba lopatica pumpnog kola, menjanjem nagiba lopatica reaktorskog kola i prigušivanjem protoka. Regulisanje HDM, promenom brzine obrtanja pumpnog kola, može se ostvariti samo ukoliko je moguće podešavanje brzine obrtanja pogonskog motora. To je najčešće korišćeni, i najekonomičniji način regulisanja HDM, posebno na mobilnim mašinama.

Regulisanje brzine obrtanja izlaznog vratila, menjanjem količine fluida u radnom prostoru HDM, pri konstantnoj brzini obrtanja ulaznog vratila, može se vršiti kao i kod HDS. To se u praksi ne čini jer se na taj način povećavaju otpori kretanju fluida u radnom prostoru HDM, a samim tim se smanjuje njegov stepen korisnosti. Primenom ovakvog načina regulisanja povećava se mogućnost pojave kavitacije, a samim tim i smanjuje pouzdanost zbog mogućnosti pojave oštećenja lopatica i drugih delova HDM.

Regulisanje promenom punjenja je najnepovoljnije i skoro da nije našlo primenu u praksi.

Regulisanje brzine obrtanja izlaznog vratila HDM, menjanjem nagiba njegovih pumpnih ili reaktorskih lopatica, pri konstantnoj brzini obrtanja ulaznog vratila i pri stalnoj vrednosti obrtnog momenta izlaznog vratila, povoljnije je od prethodnog načina regulisanja, ali nepovoljnije od regulisanja promenom brzine obrtanja pumpnog kola. Regulisanje brzine obrtanja izlaznog vratila HDM gušenjem moguće je ostvariti pomeranjem zasuna u radnom prostoru, čime se menja vrednost otpora kretanju fluida u njemu. Na taj način pogoršavaju se eksploataciono-tehničke karakteristike HDM, prvenstveno smanjuje se njegova ekonomičnost. Primena ovakvog načina regulisanja HDM u praksi je zanemarljiva.

Pitanje primene HDZM je posebno delikatno. Koje rešenje će biti primenjeno zavisi prvenstveno od namene motornog vozila. Postoji veliki broj mogućih rešenja HDZM za ugradnju u motorna vozila. Pri razvoju HDZM postavlja se niz pitanja na koje treba dati odgovore. Osnovna pitanja uglavnom su: Koje tehnoekonomske karakteristike, za date uslove eksploatacije, HDZM mora da ima; Koja rešenja HDM i ZM usvojiti; Kako izvršiti sintezu komponenata HDZM; Kako izvršiti usaglašavanje rada pogonskog motora i HDZM; Koji tip upravljanja primeniti i sa kojim komponentama ostvariti upravljačku funkciju; Koje materijale i tehnologiju izrade i montaže HDZM primeniti; Koje postupke tehnologija održavanja primeniti tokom eksploatacije HDZM na motornom vozilu. Sva ova pitanja zaslužuju posebnu pažnju. Ipak, problematici optimizacije radnog prostora HDPS, kao osnovne komponente HDZM, posvećuje se posebna pažnja [3]. Zavisno od vrste motornih vozila, karakteristika pogonskog motora i uslova u kojima vozilo izvršava svoj zadatak, potrebno je izvršiti detaljnu analizu svakog mogućeg rešenja HDZM, za ugradnju u dato motorno vozilo, i usvojiti ono rešenje koje daje najbolje rezultate.

Celokupna snaga od pogonskog motora, pri svim uslovima rada, pri primeni HDZM sa rednim sprezanjem HDM i ZM, cirkuliše i kroz HDM i kroz ZM. Uvođenjem funkcije spojnice za blokiranje radnih kola HDM može se povećati stepen korisnog dejstva pri većim vrednostima hidrauličkog prenosnog odnosa HDM. Pri aktiviranoj spojnici HDZM radi kao "čist" ZM. Izbor optimalnog trenutka za blokiranje je problem kome se mora posvetiti posebna pažnja. Uvođenje mogućnosti blokiranja zahteva dosta složen sistem za upravljanje blokadom.

Tokom razvoja HDZM došlo se na ideju da se preko HDM, u HDZM, ne prenosi ukupna snaga, nego da se razdvoji na taj način što bi se jedan deo prenosio preko HDM, a drugi preko ZM. Pošto se samo jedan deo snage prenosi preko HDM, njegovi gabariti i masa su manji. Sa druge strane, manji stepen korisnog dejstva HDM odnosi se samo na deo ukupne snage te je ukupni stepen korisnog dejstva, pri prenosu celokupne snage, veći. Primena grananja snage ima i svojih nedostataka. Prvo, ukoliko je manja snaga, koja se prenosi preko grane u kojoj je HDM, utoliko je prenos snage "tvrđi". Drugo, uštedom na smanjenju gabarita HDM povećavaju se troškovi zbog primene mehanizma za razdvajanje odnosno spajanje snage.

Samo grananje, u odnosu na HDM, u HDZM, može da bude unutrašnje i spoljašnje [1,2,3].

Unutrašnje grananje realizuje se HDZM koji se sastoji od HDM, planetarnog ZM i kočnica. Reaktorsko kolo se obrće u suprotnom smeru od turbinskog kola i prenosi jedan

deo snage koji se spaja sa onim delom koji se prenosi preko turbinskog kola. U ovoj fazi snaga se grana u samom HDM, a spaja u zupčastom delu menjača. U drugoj fazi onemogućava se okretanje reaktorskog kola čime prestaje grananje snage i onda HDZM radi kao "čist" HDM. Kod hidrodinamičko-zupčastih menjača sa unutrašnjim grananjem snage sa sabirnim hidrodinamičkim menjačem, razdelna tačka se nalazi ispred HDM, dok kod hidrodinamičkozupčastih menjača sa unutrašnjim grananjem snage sa razdelnim hidrodinamičkim menjačem, razdelna tačka se nalazi iza HDM.

Spoljašnje grananje snage realizuje se primenom planetarnog seta za deobu snage, koji se može postaviti ispred ili iza HDM. Prilikom njegovog postavljanja ispred HDM vrši se raspodela obrtnog momenta sa konstantnim, a ugaone brzine sa promenljivim odnosom. Ukoliko je on postavljen iza HDM ova raspodela je suprotna. Analize su pokazale da je, pri postavljanju mehanizma ispred HDM, deo snage koji se prenosi preko HDM najmanji pri polasku i da raste sa porastom izlaznog broja obrtaja (tzv. razdelni planetarni set), dok je pri postavljanju mehanizma iza HDM ovaj deo snage najveći pri polascima, a smanjuje se porastom izlaznog broja obrtaja (tzv. sabirni planetarni set). Kod HDZM sa nepokretnim osama, uglavnom se koriste sledeća tri načina za promenu stepena prenosa: Sa kratkotrajnim prekidom toka snage; Sa kratkotrajnim istovremenim prenosom obrtnog momenta preko spojnice koje se uključuju, odnosno isključuju i kombinacijom prethodna dva načina, koja se postiže ugradnjom jednosmerne spojnice tako što se iz nižeg u viši stepen prenosa obavlja drugim, a promena iz višeg u niži stepen prenosa prvim načinom. Prvi način se zasniva na veoma kratkom vremenu promene, kada se vozilo kreće po inerciji. Pri velikim vrednostima otpora kretanju, može da dođe do zaustavljanja vozila. Zbog toga se ovaj način promene stepena prenosa danas skoro ne sreće kod motornih vozila. Teorijske analize procesa promene stepena prenosa pokazuju da se preklapanjem prenosa može da ostvari promena stepena prenosa pod opterećenjem uz relativno mali rad klizanja. Pri tome dolazi do preopterećenja delova transmisije zbog kratkotrajne pojave cirkulacije snage. Kod ovog načina promene stepena prenosa, odgovarajući zupčanik i gonjene lamele višedelne frikcione spojnice međusobno su spojeni preko jednosmerne spojnice. Ova spojnica automatski ograničava vreme preklapanja u zavisnosti od vrednosti momenta otpora i eliminiše pojavu cirkulacije snage.

Pri promeni iz višeg u niži stepen prenosa, dolazi do kratkotrajnog prekida u prenosu snage. Dužina ovog prekida se automatski reguliše. Kada ugaona brzina izlaznog vratila padne na vrednost odgovarajućeg prenosnog odnosa, počinje prenos snage preko spojnice. Najveći broj rešenja HDZM realizuje se kao kombinacija HDM i zupčastog menjača sa pokretnim osama vratila. Planetarni menjači odlikuju se manjim gabaritima, raspodelom opterećenja na više zupčanika i manjom bučnošću. Umanjenjem dijapazona zupčastog dela HDZM znatno se smanjuje njegova masa. Za dijapazon rada zupčastog dela HDZM, za motorna vozila srednje prohodnosti, preporučuje se vrednost 5,5-8,5. Za odnos prvog i drugog stepena prenosa HDZM preporučuje se vrednost 1,8-2,2, a za ostale stepene prenosa 2-6 i prenosni odnos prvog stepena prenosa 3-5,5 [3].

HDZM može biti poluautomatski ili automatski, pri tome HDM ima svojstvo samoregulisanja brzine u funkciji spoljašnjeg opterećenja, a mehanički deo-ZM može imati ručnu ili automatsku regulaciju brzine. U prvom slučaju radi se o poluautomatskom HDZM, jer se njegov ukupan dijapazon radnih brzina sastoji od dva ili više dijapazona kontinualno promenljivih brzina, a u drugom slučaju o potpuno automatskom HDZM koji u celom domenu radnih režima kontinualno variraju brzinu

prilagođavajući je uslovima opterećenja vozila. Automatski HDZM prihvatljivi su za uslove eksploatacije motornih vozila. HDZM, sa prekidom toka snage, sadrže ZM sa nepokretnim osama vratila kod kojih se promena stepena prenosa vrši pomerljivim zupčanicima ili zupčastim, odnosno sinhro-spojnicama. U ovom slučaju, ispred HDZM mora da se ugradi tzv. glavna spojnica kojom se odvaja motor od HDZM za vreme promene stepena prenosa. Tada je vrlo teško automatizovati promenu stepena prenosa pa se najčešće izvodi sa ručnim upravljanjem, odnosno poluautomatski. Ovakvi HDZM sa danas ređe koriste.

HDZM, bez prekida toka snage, sadrže ZM sa pokretnim (planetarni) ili sa nepokretnim osama vratila. Promena stepena prenosa vrši se pomoću frikcionih lamelastih spojnica i kočnica, koje se upravljaju hidrauličkim putem. Ovi menjači čine jedan od osnovnih pravaca razvoja za motorna vozila.

Razvoj sistema upravljanja promene stepena prenosa, u zupčastom delu HDZM, prešao je put od hidromehaničkih upravljačkih sistema, preko elektrohidrauličkih upravljačkih sistema (pasivno upravljanje, poluaktivno upravljanje i aktivno upravljanje) do potpuno elektronskog upravljanja sistemima (indirektno i direktno poluaktivno upravljanje i direktno aktivno upravljanje).

Pošto se motorno vozilo kreće pri promenljivim otporima puta, upravljanje automatskim transmisijama, primenom elektronike, je posebno problematično, prvenstveno zbog ciklične promene stepena prenosa. Iz tog razloga razvijena je Fuzzy logika za procenu otpora kretanja. Ova tehnika eliminiše cikličnost promene stepena prenosa, na osnovu zaključivanja o namerama vozača. Ova tehnika je postala nerazdvojni deo nove karakteristike upravljanja automatskom transmisijom motornih vozila. Koncept fuzzy upravljanja zasnovan je na heurističkom razmišljanju intuitivnog čoveka koji se služi kvantitativnim jezičkim izrazima. Za predstavljanje takvih izraza formirana je nematematička teorija fuzzy skupova. Upravljanje automatskim transmisijama, primenom elektronike, nije problematično, ako se vozilo koristi na ravnom putu, na nivou mora i pri normalnim opterećenjima motora. Problemi u upravljanju automatskih transmisija nastupaju pri korišćenju motornih vozila na usponu, u krivini i pri vožnji u koloni.

Automatizacijom promene stepena prenosa u zupčastom delu HDZM vozač je rasterećen od umnog i fizičkog rada neophodnog za izvršavanje ovih operacija. Time je vozaču omogućeno da svoju pažnju posveti ostalim operacijama potrebnim za prilagođavanje kretanja motornog vozila uslovima saobraćaja, što nesumnjivo povećava bezbednost saobraćaja na putevima. Sa druge strane, automatizacija promene stepena prenosa poboljšava dinamičke karakteristike vozila uz povećanje ekonomičnosti u potrošnji goriva.

Izbor stepena prenosa zavisi od većeg broja uticajnih parametara. Kao parametri, najčešće se koriste: vozilo (brzina i ubrzanje), motor (režim rada), vozač (početni uslovi) i otpor na poteznici. Automatski sistem koji bi za automatsko prilagođavanje prenosnog odnosa koristio sve uticajne parametre bio bi veoma složen. Zbog svoje složenosti takav sistem bi bio, pre svega veoma skup, a i manje pouzdan, zahtevao bi visoku stručnost za servisiranje i opravke. Zbog svega toga, takav sistem, za sada, još uvek nije prihvatljiv.

S obzirom na broj uticajnih parametara, koji jednovremeno utiču na automatski izbor stepena prenosa, u zupčastom delu HDZM, razlikuju se jednoimpulsni, dvoimpulsni i troimpulsni automatski sistemi.

Na osnovu analize uspešno realizovanih rešenja, koja su pokazala zadovoljavajuće rezultate u uslovima realne eksploatacije motornih vozila, može se zaključiti sledeće: U želji da se poboljšaju eksploataciono-tehničke karakteristike motornih vozila, prvenstveno komfor kod putničkih vozila i pouzdanost i produktivnost kod teretnih vozila i radnih mašina, nezaobilazna je i opravdana njihova primena.

Temeljna analiza širokog spektra mogućih rešenja HDZM, koji imaju iz dana u dan sve širu primenu u gradnji motornih vozila, može da ukaže na moguće puteve traženja optimalnog rešenja HDZM, za dato vozilo, date karakteristike pogonskog motora i date uslove eksploatacije motornog vozila. Opravdanost primene HDZM, danas je neosporna.

ZAKLJUČCI

Povoljne karakteristike hidrodinamičkih prenosnika snage, potvrđene u eksploataciji, omogućile su im vrlo široku primenu. Do danas je razvijeno i realizovano mnogo tipova ovih prenosnika snage. Projektovanju i konstrukciji novog hidrodinamičkog prenosnika snage treba pristupiti tek nakon sagledavanja svih prednosti i nedostataka postojećih rešenja, za sličnu ili istu namenu. Posebna pažnja u razvoju hidrodinamičkih prenosnika snage usmerena je na ostvarivanju onih karakteristika koje omogućuju dobijanje zadovoljavajućih eksploataciono-tehničkih karakteristika tehničkih sistema u koje se ugrađuju (prvenstveno kroz optimizaciju radnog prostora, usaglašavanje zajedničkog rada pogonskog motora, hidrodinamičkih prenosnika snage i pogonjene mašine, iznalaženje optimalnog rešenja sistema upravljanja promene stepena prenosa u zupčastom delu hidrodinamičkozupčestih menjača). Zahtevi koje treba da zadovolji hidrodinamički prenosnik snage su najčešće suprotni te se često pribegava usvajaju nekih kompromisnih rešenja.

Pitanje primene hidrodinamičko-zupčestih menjača je posebno delikatno. Koje rešenje će biti primenjeno zavisi prvenstveno od namene pogonjene mašine. Postoji veliki broj mogućih rešenja hidrodinamičko-zupčestih menjača za ugradnju u odgovarajuću pogonjenu mašinu.

Samo pravilno izabran hidrodinamičko-zupčasti menjač, za određen pogonski motor i za pogonjeno motorno vozilo određene namene, može dovesti do postizanja njegovih željenih karakteristika.

LITERATURA

- [1] B. Krstić (1984): Istraživanje mogućih rešenja i razvoj konstrukcije selektovanog rešenja automatskog turbopogonskog menjača za privredno vozilo snage 75 kW, magistarski rad, Mašinski fakultet, Kragujevac.
- [2] B. Krstić (1990): Teorijska i eksperimentalna istraživanja polja brzina i polja pritiska u radnom prostoru turbopogonsnika, disertacija, Mašinski fakultet, Kragujevac.
- [3] B. Krstić (2003): Hidrodinamički prenosnici snage u agregatima motornih vozila, monografija, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, str 131.
- [4] B. Krstić (2008): Mogućnost sprezanja hidrodinamičkog prenosnika snage sa pogonskim motorom vozila i analiza stabilnosti njihovog rada, Poljoprivredna tehnika, Vol. 33, No 1, p.57-65.

- [5] B. Krstić (2010): The influence of the hydrodynamic, cinematic and geometric parameters on the characteristics at the hydrodynamic clutch for motor vehicles, International Congress Motor Vehicles&Motors, str. 406-411

TRENDS IN MOTOR VEHICLES POWER TURBO-TRANSMISSION DESIGN

Božidar Krstić¹, Vojislav Krstić², Ivan Krstić³

¹Faculty of Mechanical Engineering Kragujevac, ² Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, ³Faculty of Technical Sciences K. Mitrovica

Abstract: In this paper actual trends and solutions in motor vehicles turbo gear box has been discussed. The results of statistical analysis of complete world wide production of turbo gear box for motor vehicles has been also presented. they show the basic design parameters and the spread of characteristic conceptions and solutions in actual passenger cars turbo gear box production.

Key words: *turbo-transmission, motor vehicles*