

## Automatske transmisije za putnička vozila

Dr Zlatomir Živanović, dipl.inž.<sup>1)</sup>

Razmatrana je zastupljenost automatike i automatizacije u oblasti motornih vozila, posebno u domenu hidrodinamičko-mehaničkih transmisija kao rešenja koja su našla najširu primenu. Prikazano je stanje razvoja automatskih transmisija za putnička vozila i izvršena analiza nekih izvedenih rešenja koja su se pojavila u svetu poslednjih nekoliko godina. Zaključeno je da razmatrana rešenja imaju visoki stepen automatizacije u kojima značajno mesto pripada elektronici.

*Ključne reči:* Putničko vozilo, automatska transmisija, elektronsko upravljanje.

### Uvod

**R**AZVOJ motornih vozila karakteriše se, između ostalog, težnjom ka pojednostavljenju rukovanja vozilom u cilju povećanja komfora i bezbednosti vozila u saobraćaju. Jedan od osnovnih puteva za ostvarenje tog cilja je smanjenje, na minimum, broja radnih operacija koje vozač treba da obavi pri polasku i za vreme kretanja vozila. Osnovna sredstva za postizanje ovog cilja su mehanizacija i automatizacija transmisije, čime se postižu i drugi značajni efekti.

Transmisija predstavlja složen sistem u kome su integrisane mnogobrojne funkcije i koji objedinjava više međusobno povezanih podсистema.

Najvažnije podсистeme, prema funkciji koju obavljaju, čine prenosnici snage i uređaji za upravljanje transmisijom, koji u slučaju automatskih transmisija predstavljaju veoma složene podсистeme u koje su, najčešće, integrisane i funkcije dijagnostike.

Mogućnost i stepen automatizacije neke transmisije zavise od nivoa njenog tehničkog rešenja. Planetarne transmisije, sa frikcionim sklopovima koji rade u ulju i koji imaju hidrauličko upravljanje, predstavljaju pogodna rešenja za uvođenje najvišeg stepena automatizacije. Hidrodinamičke transmisije (koje se sastoje od hidrodinamičkog pretvarača) su po svom principu dejstva samoautomatske.

Intenzivnim razvojem hidraulike, a posebno elektronike poslednjih godina, stvorene su pretpostavke za realizaciju automatskih transmisija najvišeg stepena automatičnosti.

Automatske transmisije predstavljaju jedan od najkompleksnijih podсистema u motornim vozilima. Njihovo projektovanje zahteva poznavanje mnogih oblasti tehnike, ne samo mašinske već i drugih, posebno elektronike. Više stotina sastavnih elemenata zahteva pored precizne izrade, male mase, kompaktnog rešenja i pouzdanog rada i brzo i lako održavanje i laku promenu stepena prenosa u svim uslovima eksploatacije. Cilj svakog projektanta automatske transmisije je da realizuje takve sklopove koji će imati sve navedene karakteristike i istovremeno nisku cenu.

U određenim uslovima eksploatacije motornih vozila, kada je neophodno često menjati stepen prenosa, transmi-

sija sa ručnom promenom stvara velike teškoće vozaču. Radnje koje vrši vozač pri promenama stepena prenosa, od vraćaju njegovu pažnju od upravljanja vozilom i praćenja uslova u saobraćaju, povećavajući, na taj način, verovatnoću saobraćajnih nezgoda.

Sve te specifičnosti upravljanja motornim vozilom u različitim uslovima njegovog korišćenja, zahtevaju od konstruktora da maksimalno olakšaju i uproste rad vozača. Takav zadatak se uspešno rešava automatizacijom transmisije, koja se vrši i radi poboljšanja performansi vozila, povećanja komfora i gorivne ekonomičnosti pogonskog motora. Više komfora i manja potrošnja goriva su zahtevi koji su u stalnom sukobu kod savremenih transmisija. Ovaj problem posebno je karakterističan za putnička vozila i rešava se, najčešće, automatskom transmisijom s adaptivnim upravljanjem i dopunskim stepenom prenosa.

Automatska ili klasična transmisija, pitanje je koje se ne postavlja samo u Americi gde automatske transmisije nalaze i najširu primenu (više od 90% svih automobila). U Japanu je zastupljenost automatskih transmisija 75 %, u Nemačkoj samo 20%, dok u celoj Evropi ne prelazi 10% [1].

### Opšte o automatizaciji u motornim vozilima

Reči *automatizam* i *automatski* potiču od grčke reči „*automatos*” i označavaju nauku o šamokretanju, odnosno označavaju ono koje samo od sebe radi. Izraz *automatizacija* ili *automatika*, u najširem značenju, obuhvata bilo koju primenu uređaja i vrstu tehnike koja podrazumeva i omogućava bilo kakav stepen samodelovanja [2]. Ovaj pojam obuhvata sve mere i postupke kojima se smanjuje udeo ljudskog rada i to kako fizičkog tako i umnog.

Kao i u mnogim drugim oblastima, automatizacija se veoma široko koristi i u oblasti motornih vozila. Primena automatike i automatskih metoda u industriji upravo je najšire prodrta u proizvodnju motornih vozila njihovih sklopova i elemenata. Može se slobodno reći da su iskustva u primeni automatike u ovoj oblasti proizvodnje široko korišćena u proizvodnji drugih materijalnih dobara.

<sup>1)</sup> Vojnotehnički institut VJ, 11000 Beograd, Katanićeva 15

Kada se govori o automatici u oblasti motornih vozila, međutim, ne misli se samo na proizvodnju, nego i na primenu automatike na samom motornom vozilu, kao i u procesu njegovog razvoja (projektovanje, proračun, ispitivanje) i eksploatacije.

U oblasti projektovanja i proračuna automatika je prodrila primenom raznih vrsta računara različitog nivoa (reda) automatičnosti. Primera radi, navodi se da se većina proračuna većeg broja sistema motornog vozila redovno obavlja korišćenjem računara (kabine, okviri, motori i dr.). Pored ovoga, danas se računari višeg nivoa koriste za projektovanje pojedinih elemenata i sklopova motornog vozila.

Ispitivanja motornih vozila, njihovih sistema i elemenata je oblast primene posebne automatike. Ovo se naročito odnosi na laboratorijska ispitivanja, koja se danas najčešće sprovode širokom primenom najrazličitijih automatskih uređaja. Savremeni razvoj metodologija i programiranja neposredno je vezan za automatiku i njene metode.

Automatska obrada informacija u oblasti eksploatacije motornih vozila se koristi veoma široko. Broj i vrsta informacija koje se obrađuju i oblik obrađene informacije zavise od namene. Namena može da bude raznovrsna počev od utvrđivanja pouzdanosti, (što se koristi za planiranje rezervnih delova i za usavršavanje postojećih i razvoj novih motornih vozila), pa do utvrđivanja optimalnih režima eksploatacije raznih tipova i vrsta motornih vozila u određenim uslovima rada.

Konačno, primena automatike vezana je i za samo motorno vozilo kao mašinski sistem. Pojedini savremeni tipovi motornih vozila, njihovi sistemi i sklopovi karakterišu se automatičnošću različitog nivoa i stepena.

### Automatizacija hidrodinamičko-mehaničkih transmisija

Pod pojmom hidrodinamičko-mehanička transmisija (HDMT) podrazumeva se kombinacija hidrodinamičkog i mehaničkog menjačkog prenosnika koja je najviše zastupljena u automatskim transmisijama motornih vozila. Ovu kombinaciju prenosnika bi pre trebalo nazivati hidrodinamičko-zupčanička transmisija, za razliku od hidrostatičko-mehaničke, koja predstavlja kombinaciju hidrostatičkog i mehaničkog prenosnika.

Često se kombinacija hidrodinamičkog i mehaničkog prenosnika naziva hidromehaničkom transmisijom (HMT) što nije adekvatno, imajući u vidu da hidromehanička transmisija predstavlja kombinaciju hidrodinamičkog, hidrostatičkog i mehaničkog prenosnika snage (što je, najčešće, slučaj kod transmisija brzohodnih guseničnih vozila, gde ovaj naziv u potpunosti odgovara).

Kombinacija hidrodinamičkog i zupčaničkog prenosnika u hidrodinamičko-mehanički (u nastavku teksta koristiće se ovaj naziv), nastala je kao posledica ograničene vrednosti koeficijenta transformacije obrtnog momenta hidrodinamičkog menjača. Korišćenje zupčaničkog menjačkog prenosnika sa nepokretnim ili pokretnim osama rotacije za povećanje ukupnog prenosnog odnosa, je pogodno zbog toga što se sa njim mogu postići visoke vrednosti prenosnog odnosa, uz relativno visok stepen korisnosti.

Spajanje mehaničkog i hidrodinamičkog menjačkog prenosnika, u odnosu na međusobni položaj, može se vršiti, u osnovi, na dva načina: redno i paralelno. Koji će način biti primenjen, zavisi od vrste i namene vozila i usvojene koncepcije pogona, odnosno od međusobnog položaja motora i pogonskih točkova.

Jedna od osnovnih karakteristika ovih transmisija, posebno sa gledišta automatizacije, je način na koji se snaga

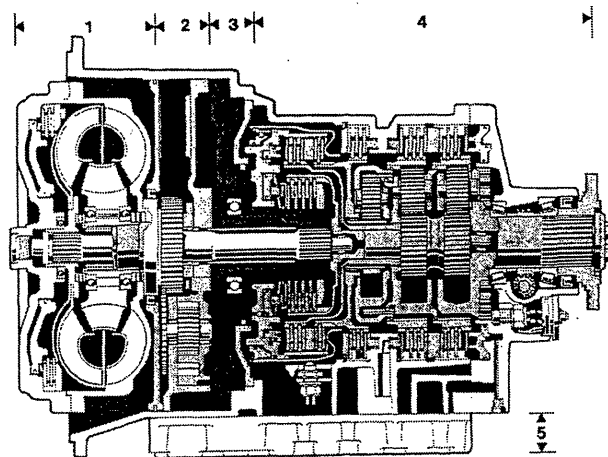
prenosi, odnosno da li se ona prenosi sa ili bez prekida toka, pri promeni stepena prenosa, odnosno prenosnog odnosa u mehaničkom menjaču. U vezi s tim, javljaju se sledeći slučajevi:

- Hidrodinamičko-mehaničke transmisije sa prekidom toka snage, u kombinaciji hidrodinamičkog i zupčaničkog menjača sa nepokretnim osama rotacije. Promena prenosnog odnosa (stepena prenosa) u mehaničkom delu menjača ostvaruje se pomoću pomerljivih zupčanika ili zupčastih, odnosno sinhrospojnica, zahvaljujući postojanju glavne spojnice, kojom se vrši razdvajanje motora od transmisije. U tom procesu dolazi do prekida toka snage koji je praćen nizom negativnih pojava.

Automatizacija ovih transmisija se teško može vršiti ma da se u poslednje vreme na tome dosta radi u svetu, s ciljem olakšanja upravljanja transmisijom i stvaranja povoljnijih uslova za rad vozača. Potpunu automatizaciju, u smislu postizanja svih pozitivnih efekata koje takav proces pruža, nije moguće ostvariti.

- Hidrodinamičko-mehaničke transmisije u kombinaciji hidrodinamičkog prenosnika sa planetarnim ili neplanetarnim menjačem, kod kojih se promena stepena prenosa ostvaruje bez prekida toka snage pomoću frikcionih sklopova (spojnica i kočnica) sa hidrauličkim upravljanjem. Podvarijante ovog slučaja mogu biti transmisije kod kojih se promena stepena prenosa vrši sa kratkotrajnim prekidom ili bez prekida toka snage\*<sup>1)</sup>.

Hidrodinamičko-mehaničke transmisije (posebno sa planetarnim menjačima), sl.1, po pravilu automatizovane, u velikoj su primeni, u motornim vozilima. Najčešće su sastavljene od sledećih funkcionalnih celina (modula): hidrodinamičkog prenosnika (1), planetarnog menjača sa višela-melastim frikcionim sklopovima (4) i modula za upravljanje (5). Zavisno od vrste i namene vozila, transmisije mogu imati i hidrodinamički usporivač-retarder (3). Pritisak u sistemu za upravljanje ostvaruje se pomoću zupčastih pumpi koje dobijaju pogon od ulaznog vratila (2).



Slika 1. Osnovne funkcionalne celine hidrodinamičko-mehaničke transmisije

Danas se automatizacija sprovodi na gotovo svim vrstama transmisija, ali se, ipak, najlakše realizuje na hidrodinamičko-mehaničkim transmisijama. Razlog tome su mnogobrojne prednosti koje ova vrsta transmisija pruža, a koje se ogledaju u sledećem:

\*<sup>1)</sup> Pod pojmom neprekidnost toka snage podrazumeva se prenos snage kroz transmisiju i u toku promene stepena prenosa.

**Olakšanje rada vozača** sastoji se u njegovom oslobađanju od manipulacija sa komandom glavne spojnice i komandom za promenu stepena prenosa. Tu funkciju izvršava sistem automatske promene stepena prenosa, a komanda glavne spojnice često ne postoji. Vozač neposredno pred početak kretanja vozila vrši, pomoću ručice birača, izbor željenog režima kretanja, a dalja promena stepena prenosa odvija se automatski, najčešće zavisno od brzine vozila i opterećenja motora.

Uključivanje svakog stepena prenosa je automatski, aktiviranjem odgovarajućih frikcionih sklopova u menjaču. Na taj način, fizički rad vozača ne troši se na promenu stepena prenosa, a rad sistema upravljanja se vrši korišćenjem energije pogonskog motora.

**Povećanje veka motora i agregata transmisije** postiže se na račun prenosa snage od motora do pogonskih točkova kroz radni fluid kojim je ispunjen hidrodinamički pretvarač koji deluje kao prigušivač oscilacija u transmisiji. Zahvaljujući tome, motor i mehanički delovi transmisije (zupčanići, vratila, kardanski prenosnici i dr.) su zaštićeni od udarnih opterećenja, posebno pri kretanju iz mesta i pri nestacionarnim režimima rada. Prednosti ovakvih automatskih transmisija posebno dolaze do izražaja u složenim putnim uslovima pri velikim otporima kretanju.

**Povećanje komfora** ostvaruje se laganim kretanjem vozila iz mesta nezavisno od stručnosti vozača. Promena stepena prenosa je automatska pomoću frikcionih sklopova, čiji intenzitet i vreme uključivanja ne zavise od vozača i njegove kvalifikovanosti.

**Povećanje vučno-dinamičkih karakteristika vozila** je najčešće posledica promene stepena prenosa bez prekida toka snage pri kojoj se brzina vozila ne smanjuje, nego povećava, kao i u procesu ubrzavanja. Brzina obrtanja motora se menja u manjim granicama pa je, bez obzira na niži stepen korisnosti hidrodinamičko-mehaničkih transmisija, ubrzanje vozila kraće.

**Povećanje prohodnosti vozila** po mekom tlu ostvaruje se na račun laganog polaska iz mesta i njegovog ravnomernog kretanja. Postojanje hidrodinamičkog pretvarača, obezbeđuje automatsku promenu režima rada zavisno od uslova kretanja i široki interval promene obrtnog momenta u svakom stepenu prenosa. Potrošnja goriva pri kretanju u složenim putnim uslovima (pesak, sneg, meko tlo) je veća kod vozila sa mehaničkim transmisijama za  $\approx 10\%$  nego kod vozila sa hidrodinamičko-mehaničkim transmisijama [3].

**Povećanje produktivnosti vozila** postiže se angažovanjem visoke srednje snage motora u procesu kretanja, zahvaljujući eliminisanju grešaka u izboru odgovarajućeg stepena prenosa, što doprinosi povećanju njegove srednje brzine.

**Smanjenje toksičnosti izduvnih gasova** rezultat je osobenosti rada transmisije s atomatskim upravljanjem. Manji raspon promene brzine obrtanja motora u procesu promene stepena prenosa pod opterećenjem, dovodi do manje emisije toksičnih materija koja je, inače, najveća u prelaznom režimu i režimu praznog hoda.

**Povećanje bezbednosti kretanja vozila** rezultat je manjih naprezanja vozača i lakših uslova za rad, što omogućava usmeravanje njegove pažnje na upravljanje vozilom i tok saobraćaja.

Uporedo sa mnogobrojnim prednostima, hidrodinamičko-mehaničke transmisije sa automatskim upravljanjem (u poređenju sa mehaničkim) imaju i izvesne nedostatke, kao što su:

*Niži stepen korisnosti* čiji je jedan od glavnih uzroka primena hidrodinamičkog pretvarača, sa stepenom korisno-

sti koji se, pri optimalnim režimima rada, kreće u granicama od 87-89%. Pored gubitaka snage usled trenja u ležajevima i ozubljenju u hidrodinamičko-mehaničkim transmisijama snaga se dodatno troši na:

- obezbeđenje radnog pritiska ulja u sistemu za: upravljanje frikcionim sklopovima, punjenje pretvarača i hlađenje ulja,
- klizanje frikcionih elemenata i
- gubitke u zaptivnim elementima (spojevima) transmisije.

*Veća složenost konstrukcije* proističe iz postojanja elemenata i uređaja koji obezbeđuju automatsku promenu stepena prenosa pod opterećenjem i bez prekida toka snage.

*Veća masa i cena* uslovljena je postojanjem pretvarača, frikcionih sklopova, elemenata sistema za upravljanje i uređaja za hlađenje, koji zahtevaju složeniju tehnologiju izrade i kvalitetnije materijale.

*Veća potrošnja goriva* u određenim uslovima eksploatacije ne prelazi nekoliko procenata, a u nekim slučajevima, kao što je već istaknuto, ona može biti i manja nego kod mehaničkih transmisija.

### Savremena rešenja automatskih transmisija za putnička vozila

Konstrukcijska izvođenja automatskih transmisija za putnička vozila proističu, između ostalog, i iz same koncepcije pogona, odnosno, međusobnog položaja motora i sistema za prenos snage. Kao što je prvobitna koncepcija pogona bila: motor napred - pogon nazad, tako je i u početnom razvoju automatskih transmisija njihova koncepcija bila tako postavljena. Zbog sve veće potrebe za malim putničkim vozilima i sve manjeg ugradbenog prostora za njihov pogon, kao i zbog poprečnog postavljanja motora, nametnula se potreba za korenitim izmenama i u koncepciji i u konstrukciji automatskih transmisija.

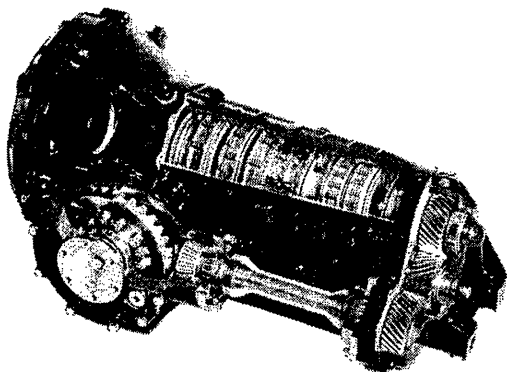
Zajednički trend kod transmisija vozila ogleda se u povećanju broja stepena prenosa. Zbog toga transmisije sa šest stepeni prenosa više nisu retkost. Dodatni stepen prenosa daje mogućnost boljeg prilagođavanja karakteristika motora uslovima kretanja. Kod klasičnih transmisija tendencija je povećanja broja stepena prenosa u menjaču sa 5 na 6. Pri tome, poslednji stepen prenosa namenjen je smanjenju broja obrtaja motora i potrošnje goriva.

Pored prednosti koje daje veći broj stepena prenosa, upotreba takvih transmisija se sve više usložnjava, posebno se povećava rad sa glavnom spojnicom. Automatski regulisana glavna spojnica već postoji, ali još uvek ne funkcioniše na zadovoljavajući način. Samo mali broj proizvođača kao što su *Reno* sa Tvingom ili *Sab* sa modelom 900, proizvode u velikoj seriji automatizovane klasične transmisije. I kod hidrodinamičko-mehaničkih automatskih transmisija postoji trend povećanja broja stepena prenosa. Četvorostepena automatska transmisija je već standardna pojava, dok *Mercedes* i *BMW* uvode petostepene automatske transmisije.

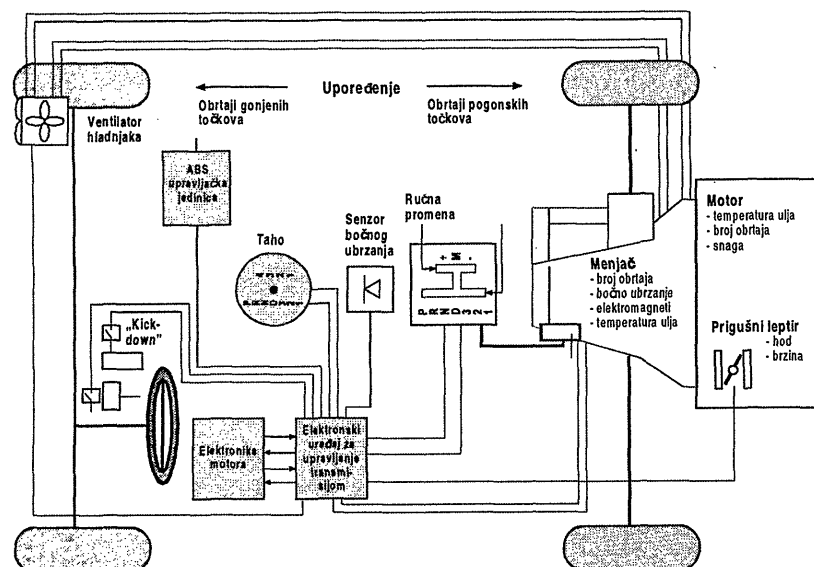
Više od dopunskog prenosnog odnosa, dobija se uvoženjem „inteligentnog“ elektronskog upravljanja promenom stepena prenosa. *Porsche*, *BMW*, *Audi* i *VW* koriste adaptivne programe upravljanja promenom stepena prenosa koji su sposobni da uče, prilagođavaju se samostalno trenutnoj situaciji i imaju celu skalu varijacija. Toliko mnogo zahteva čini da potpuno automatske transmisije nisu jeftine, a to sužava njihovu primenu, posebno u nižim klasama automobila.

**Automatska transmisija ZF Tiptronic**

Još 1990. god. *Porsche* je u svoj model 911 Carrera ugradio četvorostepenu automatsku transmisiju ZF 4HP 22 HL Tiptronic [4], sl.2. To je transmisija koja je opremljena inteligentnim elektronskim programom za upravljanje koji je razvijen u saradnji sa *Boschom*. Kao i sve automatske transmisije i ova ima blokirajuću spojnicu pretvarača, koja se uključuje u drugom, trećem i četvrtom stepenu prenosa, verovatno, i u petom kod najnovije verzije. Ručica birača režima Tiptronic transmisije ima dve paralelne putanje.



Slika 2. Delimični presek automatske transmisije ZF Tiptronic



Slika 3. Koncept upravljanja transmisijom ZF Tiptronic

Leva putanja odgovara standardnoj automatskoj transmisiji sa položajima P, R, N itd., dok desna ima položaje sa oznakama „+“, „-“ i „M“, a namenjena je ručnom izboru stepena prenosa. Pokretanjem ručice birača u smeru „+“ vrši se prebacivanje u viši stepen prenosa, a pokretanjem u smeru „-“ vrši se izbor nižeg stepena prenosa.

U odnosu na ranije transmisije sa elektronskim upravljanjem i „krutim“ programima upravljanja, kod transmisije Tiptronic karakteristika upravljanja je adaptivna. Pri brzom otvaranju prigušnog leptira, kao na primer, pri naglom ubrzanju iz mesta, elektronski uređaj prepoznaje sportske ambicije vozača i omogućava jednu ekstremnu karakteristiku (krivu) promene stepena prenosa. Ako vozač vozi izuzetno „meko“, transmisija je programirana da vrši pravovremeno promene u viši stepen prenosa. Između ova dva ekstrema, nalaze se tri druge moguće zakonitosti promene stepena prenosa, koje odgovaraju stilu vožnje svakog vozača.

Značajan parametar pri upravljanju transmisijom Tiptronic je i brzina otpuštanja pedale „gasa“. Ako se noga polako diže sa pedale, za automatiku to znači dalje kretanje sa trenutnom brzinom i prebacivanja u viši stepen prenosa. Brzo podizanje noge sa pedale „gasa“ znači za automatiku prebacivanje u niži stepen prenosa. Pri tome je veoma značajno da se u krivini ne vrši neželjena promena u viši stepen prenosa. U krivini deluje senzor bočnog ubrzanja, koji

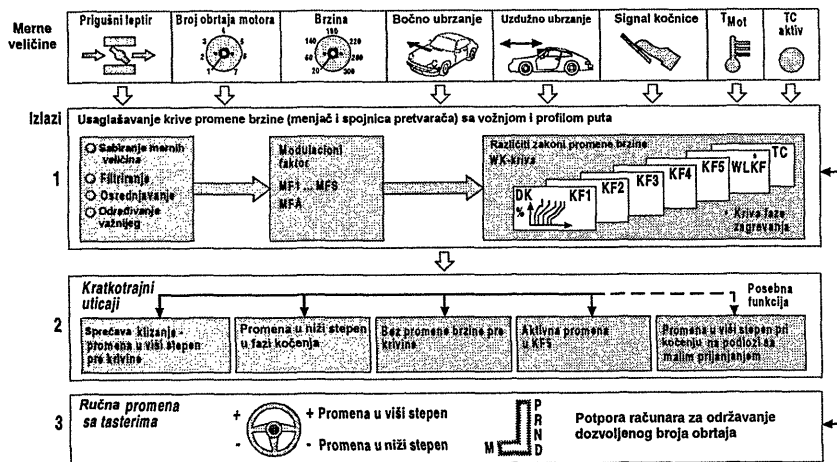
održava onaj stepen prenosa koji je za tu brzinu najoptimalnija automatskom transmisijom je povezan i ABS sistem, sl.3 [5]. Senzorski kanali ABS sistema omogućavaju i kontrolu proklizavanja točkova preko regulacije stepena prenosa. Upravljačka jedinica ABS-a upoređuje brojeve obrtaja pogonskih i gonjenih točkova i prepoznaje njihovu razliku pri proklizavanju. Pri kočenju u ovoj situaciji, automatika vrši promenu u viši stepen prenosa i tako onemogućava dodatno blokiranje zadnjih točkova.

„Mozak“ Tiptronic transmisije je 8-bitni mikroprocesor sa 32 kilobajta memorije. On obrađuje informacije o brzini vozila, položaju i brzini prigušnog leptira, broju obrtaja motora, uzdužnom i poprečnom ubrzanju vozila (sl.4). Pri tome je elektronika transmisije povezana sa mototronikom motora. Na osnovu svih ovih parametara mogući su različiti programi upravljanja transmisijom [6]. Ako se ručica birača postavi u položaj automatskog izbora stepena prenosa, mogućnosti rada automatike su sledeće:

- Pri polasku vozila iz mesta automatska transmisija radi u najnižem programskom režimu promene stepena prenosa, po karakteristici KF1, koja obezbeđuje najveći komfor i najveću ekonomičnost rada motora;

- Ako vozač počinje da pokazuje sve više sportske sklonosti u vožnji, automatika ih prepoznaje i vrši promenu stepena prenosa po karakteristikama KF2, KF3, KF4, pa sve do sportske KF5.

U osnovi, elektronski uređaj je tako programiran, da radi po najnižoj karakteristici, što znači ranije prebacivanje u viši



Slika 4. Programi upravljanja transmisijom ZF Tiptronic



- D – signal o oprećenju motora;
- E – signal o brzini obrtanja točkova;
- F – ugao pretpaljenja,
- G – količina goriva,
- H – zatvaranje prigušnog leptira,
- I – otvaranje prigušnog leptira,
- J – zadata vrednost položaja prigušnog leptira,
- K – regulacija elektromotora prigušnog leptira,
- L – izmena upravljačkih signala motora i transmisije,
- M – regulacija pedale „gasa”.

Upravljanje transmisijom može biti realizovano na tri načina, odnosno pomoću tri različita programa: E (ekonomičan), S (sportski) i \* (zimski), zavisno od željenog režima kretanja vozila.

Ekonomičan program se automatski aktivira pri svakom startovanju motora i podrazumeva polazak vozila u prvom stepenu prenosa.

Sportski program se može izabrati nakon startovanja motora i to je program koji je orijentisan prema maksimalnoj snazi motora, pri čemu su krive promene stepena prenosa usmerene ka višim brojevima obrtaja.

Zimski program se bira ručno i primenjuje se za posebne uslove kretanja kao što su vožnja po snegu i ledu. Zavisno od pozicije birača, polazak može biti u drugom ili trećem stepenu prenosa. U položaju četvrtog stepena prenosa polazak će biti u trećem stepenu.

Komponentama sistema upravlja elektronski uređaj u koji se dovode signali o: položaju birača, momentu motora, položaju pedale za „gas”, brzini obrtanja turbine pretvarača i izlaznog vratila transmisije i izabranom režimu kretanja.

U skladu sa zahtevima kupaca koji se odnose na: komfor, potrošnju goriva, performanse i pouzdanost, *BMW*, *ZF* i *Bosch*, radeći zajedno, razvili su novu automatsku transmisiju 5 HP 24 za generaciju *BMW*-ovih 8-cilindričnih motora [8]. Transmisija je razvijena za obrtni moment od 420 Nm, sa dovoljno prostora za modifikacije i za veća opterećenja. Koristeći novi način upravljanja tehničkim projektima i nove metode u razvoju, transmisija 5 HP 24 je bila spremna za proizvodnju posle samo 4 godine rada.

Ova transmisija je realizovana po analogiji sa standardnom *ZF* transmisijom 5 HP 30, korišćenjem svih ranijih iskustava, šta više bilo je moguće od nje preuzeti i neke vitalne sklopove kao što je hidraulički uređaj za upravljanje. Pri projektovanju transmisije posebna pažnja bila je usmerena na njenu masu korišćenjem FEM metode (metode proračuna pomoću konačnih elemenata) i aluminijumskih materijala. Ona, u suštini, predstavlja sklop sa više tehničkih i organizacionih interfejsa, a najznačajniji od njih prikazani su na sl.7.

Transmisiju čine sledeći podsklopovi:

**Pretvarač obrtnog momenta** je *Fichtel & Sachs* W260S 2GWK, posebno razvijen za ovu transmisiju, koji poseduje male dimenzije i masu, mali moment inercije, dobru hidrauličku efikasnost i blokirajuću spojnicu sa kontrolisanim proklizavanjem. Nova hidraulički upravljana spojnica pretvarača razvijena je na bazi iskustva sa pretvaračem W280R 2GWK za transmisiju 5 HP 30, gde je upravljana spojnica prvi put primenjena.

Da bi se frikciona spojnica pretvarača zaštitila od mogućih preopterećenja, uvedena je softverska zaštita, kojom se ona privremeno isključuje kada predugo radi sa visokim momentom klizanja.

**Wilsonov sistem planetarnih zupčanika** sastoji se od tri jednodredna planetarna sklopa, čija struktura obezbeđuje povoljan raspored prenosnih odnosa pomoću tri frikционе spojnice i tri frikционе kočnice. Pri projektovanju planetarnog menjača, veliki značaj je dat izboru i kvalitetu ozubljenja u cilju smanjenja buke, pri čemu je u proračunu maksimalno korišćena FEM metoda.

**Frikcioni sklopovi** imaju dinamičku kompenzaciju pritiska, da bi se obezbedio visok kvalitet procesa promene stepena prenosa u svim uslovima rada. Kompaktan razmeštaj frikcionih sklopova omogućio je korišćenje samo šest zapivnih prstenova pravougaonog poprečnog preseka.

**Kučičte transmisije** je trodelno. Njegove prednosti su visoka prilagodljivost za različite načine vezivanja transmisije za motor i različite pretvarače.

**Blok elektrohidrauličkih ventila** je iz standardne 5 HP 30 transmisije, optimiziran u nekim detaljima. Na primer, uvedena je nova metoda oblaganja kliznih površina aluminijumskih hidrauličkih ventila. Ovo je učinjeno zbog veće preciznosti upravljačkih ivica i boljeg upravljanja ventilima.

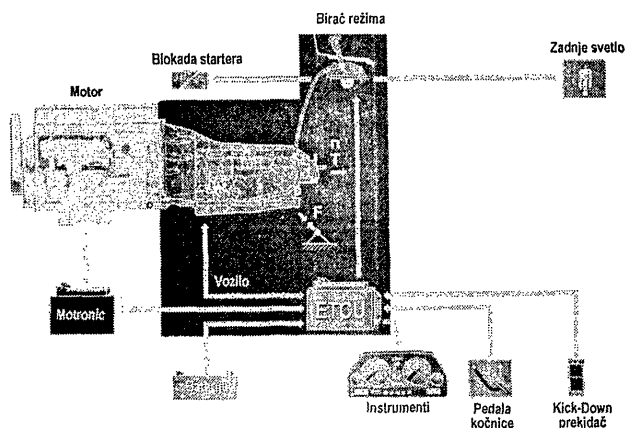
Sklop upravljačkih ventila čini pet proporcionalnih ventila pritiska i tri 3/2 solenoid-ventila. Proporcionalni ventili pritiska su izvedeni kao 2/2 ventili, koji regulišu pritisak u sistemu zavisno od opterećenja i upravljaju spojnicom pretvarača. U odnosu na ranije rešenje ventili imaju značajna poboljšanja, koja se odnose na tačnost njihove karakteristike i ponašanje u hladnom stanju. Da bi se prigušile vibracije pritiska, koje nastaju pri brzim promenama toka pritiska, upotrebljen je prigušivač. Solenoid-ventili su na sličan način poboljšani, kako u pogledu njihovog vremena odziva, tako i protočne karakteristike, posebno u hladnom stanju. Kao zaštita od otkaza, svi aktuatori su opremljeni prečistačem u napojnoj grani.

**Elektronski uređaj za upravljanje transmisijom** ETCU (skraćenica koja potiče od engleskog naziva Electronic Transmission Control Unit) je glavna komponenta sistema, čiji se zadatak može ukratko svesti na:

- utvrđivanje i kontrolu trenutnog stepena prenosa,
- sekvencijalno upravljanje promenom stepena prenosa i
- nadzor nad greškama sistema (dijagnostika).

Obim i podrška ovih zahteva, konstantno su rasli od uvođenja prvih elektrohidraulički upravljanih automatskih transmisija 1983. godine (*BMW* 745i Turbo sa *ZF* transmisijom 4 HP 22 EH) [9]. U toku definisanja sistema za novu transmisiju, postalo je jasno da postojeći koncept osmootnogo mikrokontrolera nije više adekvatan, s obzirom na veličinu programa, obim memorije potrebne za smeštaj podataka i posebne zahteve za rad u realnom vremenu. Za novu transmisiju usvojena je konfiguracija ETCU sledećih karakteristika:

- 16/32-bitni mikrokontroler iz familije *Motorola* 6833x,
- ECOS operativni sistem za rad u realnom vremenu (adaptacija *Bosch*ovog sistema za upravljanje motorom),

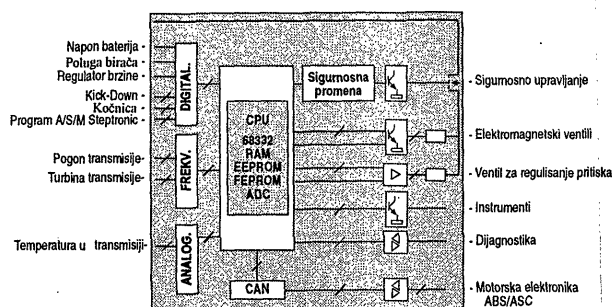


Slika 7. Tehnički i organizacioni interfejs automatske transmisije ZF 5 HP 24

- programiranje u ANSI C jeziku visokog nivoa,
- podaci i memorija programa u obliku 2-Megabitne FLASH-EPROM.

Novi digitalni deo ETCU-a kombinovan je sa proverenim i testiranim perifernim uređajima da bi se smanjio rizik u toku njegovog razvoja.

Struktura elektronskog uređaja GS 8.5x šematski je prikazana na sl.8. Jedna od glavnih inovacija u odnosu na prethodni model je memorija podataka i program koji je ostvaren sa FLASH-EPROM-om. Elektronska mogućnost upisivanja i brisanja memorije omogućuje završavanje programa i podataka bez zamene opreme. Ovo stvara sve neophodne uslove da se izvrše fleksibilne i jeftine modifikacije na zahtev kupca. ETCU, na taj način, ostvaruje neke glavne doprinose u poboljšanju komfora pri promeni stepena prenosa i smanjenju troškova održavanja.



Slika 8. Šema elektronskog uređaja za upravljanje transmisijom ZF 5 HP 24

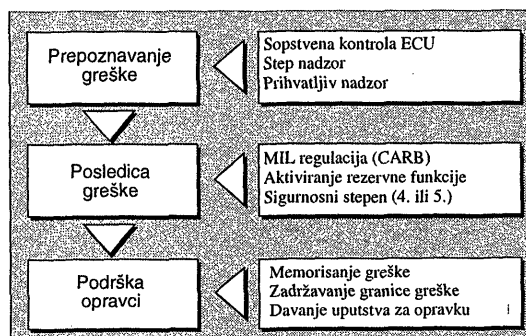
Da bi se održao korak sa povećanim kapacitetom elektronskog uređaja za upravljanje, razvoj softvera je bio reorganizovan. Pod motom „svaki deo bi da uradi ono što može najbolje“, odgovornost za definisanje i implementaciju softvera je podeljena između proizvođača transmisije i proizvođača elektronike.

Zbog toga je funkcije upravljanja sekvencijalnom promenom stepena prenosa realizovano ZF, dok je Bosch bio odgovoran za sve aspekte specifične za vozilo i elektronsku opremu.

Najvažnije poboljšanje u odnosu na ranije sisteme je u upravljanju informacijama o obrtnom momentu motora i automatsko upravljanje stabilnošću vozila ASC (*Automatic Stability Control*) u CAN (*Controller Area Network*) mreži. Brzina rotacije točkova određuje se pomoću ASC upravljačke jedinice i prenosi preko CAN sabirnice, umesto konvencionalno jednom linijom.

Sve promene stepena prenosa se izvršavaju bez prekida toka snage, što osigurava dobar kvalitet procesa promene kroz ceo radni vek transmisije. Promena iz drugog u treći i iz trećeg u četvrti stepen prenosa ostvaruje se preklapanjem i pod opterećenjem. U ovom sistemu upravljanja, isključivanje frikcionih sklopova vrši se sa malim klizanjem. Kada uključujući frikcionu sklop preuzima obrtni moment, to se detektuje promenom brzine obrtanja turbine pretvarača i prethodno opterećena spojnica se isključuje. Ovakvo upravljanje može kompenzovati odstupanja u punjenju radnih cilindara frikcionih sklopova uljem, tako da je očuvan konstantan kvalitet prelaznog procesa.

**Dijagnostički sistem i strategiju upravljanja u slučaju otkaza** realizovani su u skladu sa standardima uvedenim na svim BMW automatskim transmisijama. Zadaci dijagnostičkog sistema su prikazani na sl.9.



Slika 9. Zadaci dijagnostičkog sistema

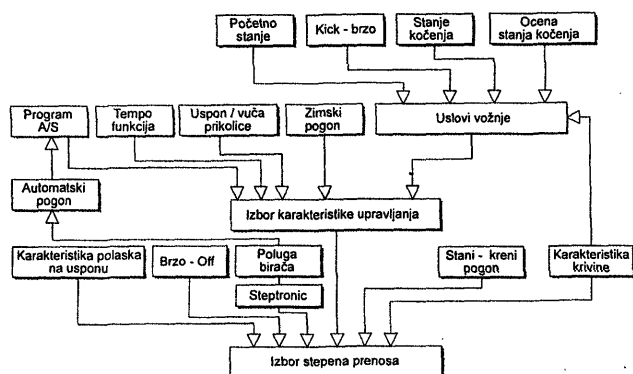
Vačna mogućnost dijagnostičkog sistema odnosi se na tzv. dijagnostiku na ploči, *OB D II (On-Board Diagnosis)*, koja je postala obavezan zahtev u SAD od početka 1996. godine, zbog CARB (*California Air Resources Board*) zakonodavstva. Naime, radi se o zakonskim propisima koji zahtevaju obaveznu dijagnostiku kao relevantnu za registraciju vozila, čiji je zadatak detekcija neispravnosti u sistemu koje utiču na emisiju izduvnih gasova. Dijagnostički sistem je, zbog toga, proširen tako da se sve greške u sistemu transmisije, koje imaju negativan efekat na izduvne gasove, zapisuju i unose u dijagnostičku memoriju.

Dodatno, primenjen je standardizovan interfejs podataka u skladu sa specifikacijom ISO 9141, kojim je moguće pozvati sačuvane dijagnostičke podatke pomoću komercijalne i standardizovane opreme za čitanje. Dalja novost je dijagnostička funkcija koja služi da obezbedi promene stepena prenosa bez bilo kakvog hidrauličkog zadržavanja.

Za vreme procesa promene stepena prenosa, prati se promena brzine obrtanja turbine. Ako se uoči greška u promeni stepena prenosa (spojnica koja se uključuje nije se potpuno uključila), ili se ustanovi da brzina turbine ne opada (spojnica koja se isključuje nije se potpuno isključila), poništava se prva komanda promene stepena prenosa i zadržava prethodna. Ako se ovo desi nekoliko puta, sistem upravljanja se prebacuje u hidraulički sigurnosni rad (4. stepen prenosa).

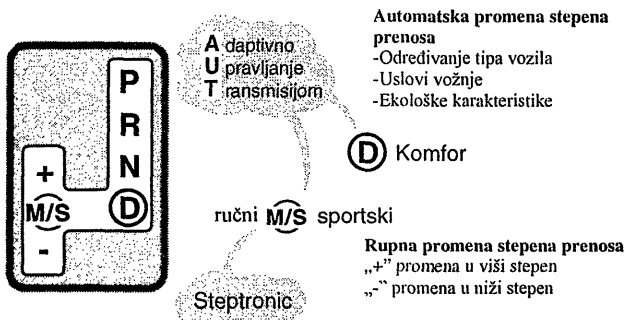
Korak ka lakom održavanju je „backup memory“ u koju se kopiraju svi unosi u memoriju greške, pre nego što se detektuju, na primer nakon popravke. Ovo može biti od pomoći pri traženju neispravnosti, kada su neophodne ponovne popravke, jer to čini mogućim praćenje istorije grešaka.

Najkarakterističnija mogućnost opšte strategije izbora stepena prenosa je adaptivno upravljanje (sl.10), koje je bilo uvedeno još 1993. god. pri čemu je za novu petostepenu transmisiju razrađeno bez izmene osnovnog koncepta.



Slika 10. Koncept adaptivnog upravljanja transmisijom ZF 5 HP 24

Novi osmocilindrični motori su prvi kod kojih je steptronik funkcija sistema proširena dodavanjem posebnog sportskog programa. Tačke promene stepena prenosa su podešene tako da su dostignute, uopšte, više brzine obrtanja motora. Peti stepen prenosa se logički blokira, pošto sistem za upravljanje „vidi” najviši stepen kao dopunski. Maksimalne performanse moguće je dostići teoretski i u četvrtom stepenu prenosa. Tako vozač ima priliku, po prvi put, da izabere između dva različita automatska programa i steptronik režim. *BMW*-ova strategija izbora stepena prenosa prikazana je na sl.11.



Slika 11. Mogućnosti izbora stepena prenosa kod vozila *BMW*

### Sekvencijalne automatske transmisije

Kada su u pitanju transmisije sa klasičnim menjačkim prenosnikom za putnička vozila, može se reći da one nisu imale skoro 40 godina neki veći tehnički napredak [10]. Međutim, poslednjih godina učinjen je značajan korak u pravcu poboljšanja procesa sinhronizacije kod ovih menjača i povećanja broja stepeni prenosa, što je proisteklo, na izvestan način, iz rešenja koja su primenjena na nekim sportskim automobilima.

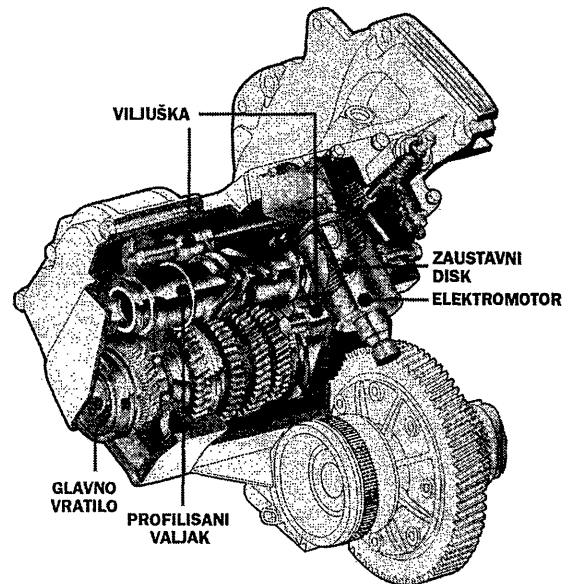
Sve je počelo još pre 60 godina [10] pronalaskom menjača za motocikle, kod kojeg se promena stepena prenosa nije mogla vršiti po tzv. „H” šemi, već sekvencijalno, po određenom redosledu, postupno i bez mogućnosti preskakanja. Suština je bila u obrtnom profilisanom valjku, pomoću kojeg se ostvarivala promena stepena prenosa i koji je jedno vreme bio u primeni i kod Formule 1.

Kasnije se ispostavilo da budućnost pripada elektromotornom pokretanju profilisanog valjka, pa su stručnjaci *Opel*, princip sekvencijalne promene stepena prenosa primenili, najpre, kod *Opel Calibre*, a potom i kod *Astre*, sl.12 [10]. Cilj je bio da se kod sportski nastrojenih vozača izbegnu velika opterećenja sinhro-spojnice, odnosno sinhro-prstenova.

Primena elektromotora sa kontrolisanom brzinom obrtanja profilisanog valjka štiti transmisiju od „oštrih” komandi. Bez mehaničke veze između ručice birača stepena prenosa i profilisanog valjka, zatvaranjem električnih kontakata, vrši se upravljanje radom elektromotora.

Na taj način, posle dužeg perioda stagnacije u razvoju sinhronizovanih menjača, sa današnjim razvojem elektronike i tehnike, uopšte, opisano rešenje promene stepena prenosa, predstavlja revolucionarni napredak.

Primena elektromotora, kao izvršne komponente, uz korišćenje mikrokontrolera i odgovarajućih perifernih uređaja i senzora, omogućila je potpunu automatizaciju ovih transmisija.



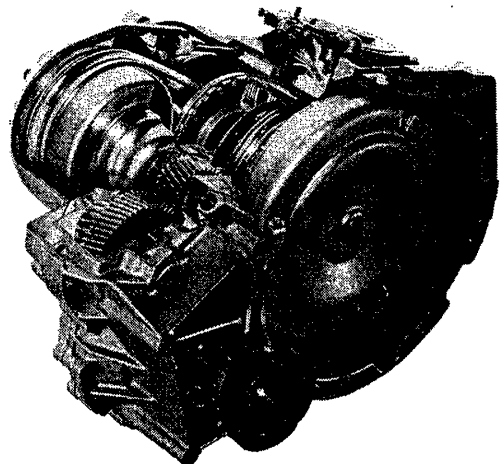
Slika 12. Presek kroz sekvencijalni menjač vozila *Opel Astra*

### Automatske transmisije za prednji pogon vozila

Kada se radi o putničkim automobilima sa prednjim pogonom i poprečno postavljenim motorom, automatska transmisija ima sigurno svoju perspektivu. Nedostatak ugrađenog prostora kod automobila sa ovom koncepcijom pogona, zahteva kompaktno izvođenje transmisije.

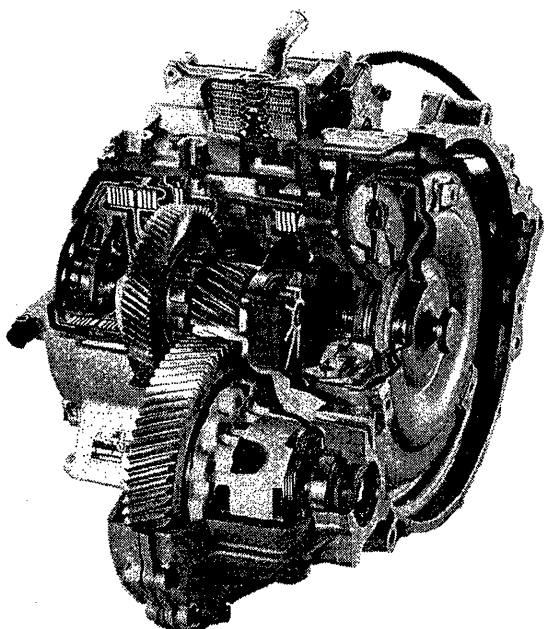
Jedno od rešenja koje u potpunosti rešava ovaj problem je transmisija CVT (*Continuous Variable Transmission*) [4], koja preko konusnih diskova i člankovitog metalnog remena ostvaruje kontinualnu promenu stepena prenosa u velikom dijapazonu (do 6:1). *Ford* je bio prvi evropski proizvođač koji je takvu transmisiju sa oznakom CTX ugradio 1988. godine, najpre u *Fiestu*, a zatim u *Eskort*. *Fiat* je usvojio jedno slično rešenje iz Japana (ECVT od *Fuji Heavy Industries*), koje takođe ima primenu u *Subaryu* i *Nisanu*. *Honda* je takođe razvila jednu *Multi Matic* kontinualnu transmisiju. Sva rešenja kontinualnih transmisija koriste isti Van Doornov metalni remen širine 24 mm, koji je u stanju da prenese obrtni moment od 200 Nm.

Najveći nemački proizvođač transmisija ZF, razvio je transmisiju sličnog tipa, pod nazivom *Ecotronic* [11], namenjenu modelima srednje klase (sl.13) i kompaktnu četvorostepenu transmisiju 4 HP 20, za ugradnju u vozila sa prednjim pogonom, sl.14.



Slika 13. Automatska transmisija ZF Ecotronic





Slika 14. Automatska transmisija ZF 4 HP 20

Najnoviji proizvod francuske automobilske industrije, koji je nastao udruženim snagama dva koncerna *PSA* i *Renoo* je automatska transmisija koja će se ugrađivati u gamu „megan” [12].

U odnosu na poznate automatske transmisije, elektronski uređaj koji upravlja radom ove transmisije razvijen je u saradnji sa *Siemensom* i predstavlja sistem „mekane logike”, koja uzima u obzir: trenutnu brzinu vozila, položaj pedale „gasa” i brzinu njenog pomeranja, broj obrtaja motora i „kick-down”, koji u ovom slučaju funkcioniše mnogo „mekše” nego kod klasičnog sistema. Zbog velikog broja programa prisutnih u ovoj transmisiji, redukovana je i potrošnja goriva za 10%.

Standardne automatske transmisije imale su obično tri programa: ekonomičan, sportski i zimski, koji su se birali po želji vozača, dok novi sistem bira sam način rada. Prvi se prilagođava vozaču, zatim uslovima puta i na kraju trenutnom „stanju” motora (hladan start, vruć start ili optimalni). Jedini program koji aktivira vozač je za vožnju po izrazito klizavoj podlozi, koji se kombinuje sa već navedenim programima. Očigledno je da rešenje *Renoo*ve automatske transmisije umnogome sledi logiku razvoja *Tiptronica*.

### Zaključak

Razvoj putničkih motornih vozila, uopšte, karakteriše sve veća primena automatike i automatizacije. Ona je najviše zastupljena na sistemima za pogon i prenos snage, gde

elektronika, a posebno mikroprocesorska tehnika preuzima dominantnu ulogu. Automatske transmisije sa elektronskim upravljanjem i hidrodinamičko-mehaničkim prenosnicima snage sve više nalaze primenu u putničkim vozilima svih klasa.

Pored toga, sve više se sprovodi i automatizacija sinhronizovanih transmisija sa automatski upravljanom glavnom spojnicom i automatizacija sekvencijalnih transmisija. Zajednički trend kod svih transmisija za putnička vozila ogleda se u povećanju broja stepeni prenosa i primeni programa upravljanja koji su sposobni da uče, prilagođavaju se samostalno trenutnoj situaciji i imaju čitavu skalu varijacija.

Uporedo sa automatizacijom sistema za upravljanje transmisijama, intenzivno se sprovodi i automatizacija u oblasti dijagnostike radi lakšeg i efikasnijeg održavanja. U razvijenim zemljama uvode se i zakonski propisi koji obavezuju dijagnostiku onih podsistema vozila koji imaju štetan uticaj na emisiju izduvnih gasova.

Današnji stepen razvoja putničkih vozila nagoveštava masovnu primenu automatskih transmisija u bliskoj budućnosti.

### Literatura

- [1] GEOT, H. Die endlose Geschichte. *Auto Motor und Sport*, 1997, no.3, p.66.
- [2] JANIĆIJEVIĆ, N. *Automatsko upravljanje u motornim vozilima*. Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [3] BARANOV, V.V. i dr. *Trëhstuppenčataya gidromehaničeskaya përedača gorodskogo avtobusa*. Moskva, "Transport", 1980, UDK 629.113+588.22.
- [4] LENGERT, A. Automatisch oder manuell - das neue Porsche - Tiptronic - Getriebe schaltet nach beliebigen. *Auto Zeitung*, 1989, no.25, p.54.
- [5] Porche Tiptronic, Elektronik-Wunder. *MOT*, 1991, no.1, p.82.
- [6] Porche 911 Carrera Tiptronic. *MOT*, 1997, no.26, p.58-59.
- [7] *Funktionsbeschreibung 5 HP 30*. Published by ZF Getriebe GmbH, Saarbrücken, Department MKTD, 1993.
- [8] BAUKNECHT, G. i dr. The New Five-speed Automatic Transmission for the New Generation of BMW Eight-cylinder Engines. *ATZ* 98, (1996), no.10, p.508-519.
- [9] KÜÇÜKAY, V.F., RENOTH, F. Intelligente Steuerung von Automatikgetrieben durch den Einsatz der Elektronik. *ATZ* 96, 1994, no.4, p.228.235.
- [10] BECKE, C. In die Gänge gekommen. *Auto Motor und Sport*, 1995, no.7.
- [11] GERT, H. Lernfähige AUTOMATIKGETRIEBE SETZEN SICH DURCH. *Auto Motor und Sport*, 1995, no.3, p.51-52.
- [12] MIRKOVIĆ, A. *Renoo*v automatski menjač - mekana logika. *Turbo-svet automobila*, 1997, no.12, p.23.

Rad primljen: 29.10.1999.god.