

# Utjecaj automatskih mjenjača na eksploatacijske značajke cestovnih motornih vozila

---

Velić, Želimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:229770>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-27**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Želimir Velić

UTJECAJ AUTOMATSKIH MJENJAČA NA EKSPLOATACIJSKE  
ZNAČAJKE CESTOVNIH MOTORNIH VOZILA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

Zagreb, 19. ožujka 2018.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**  
Predmet: **Cestovna prijevozna sredstva**

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 4506


Pristupnik: **Želimir Velić (0195025687)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj automatskih mjenjača na eksploatacijske značajke cestovnih motornih vozila**

**Opis zadatka:**

U Završnom radu potrebno je objasniti sustav za transmisiju kod cestovnih prijevoznih sredstava te opisati način funkcioniranja pojedinih dijelova sustava. Analizirati princip rada automatskih mjenjača te navesti njihove prednosti i nedostatke.

Mentor:



---

doc. dr. sc. Željko Šarić

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## ZAVRŠNI RAD

UTJECAJ AUTOMATSKIH MJENJAČA NA EKSPLOATACIJSKE  
ZNAČAJKE CESTOVNIH MOTORNIH VOZILA

IMPACT OF AUTOMATIC TRANSMISSION SYSTEM AT THE  
EXPLOITATION OF ROAD MOTOR VEHICLES

Mentor: doc. dr. sc. Željko Šarić

Student: Želimir Velić

JMBAG: 0195025687

Zagreb, kolovoz 2018.

## SAŽETAK

Transmisija je jedan od najvažnijih i najsloženijih mehaničkih sustava na cestovnim motornim vozilima čija je zadaća transformacija i prijenos snage, okretnog momenta i brzine rotacije s motora na pogonske kotače s ciljem dobivanja što veće efikasnosti motora i samim time što boljih izlaznih karakteristika motora, odnosno vozila. Mjenjači čine najvažniju komponentu u transmisiji jer imaju izravnu ulogu u promjeni okretnog momenta i brzine na pogonskim kotačima, promjeni smjera kretanja vozila unaprijed ili unatrag, te prekidu prijenosa okretnog momenta i omogućavanju rada motora dok je vozilo zaustavljeno. Prvi mjenjači su bili ručni mjenjači i bili su jednostavno izvedeni i samim time jeftini za izradu, ugradnju i popravak, te su zahtijevali da vozač sam odabire željeni stupanj prijenosa. Daljnjim razvojem vozila došlo je do pojave automatskih mjenjača koji nisu zahtijevali od vozača da bira stupanj prijenosa tijekom vožnje, već samo odabir smjera kretanja vozila prilikom kretanja iz stacionarnog položaja. Takve značajke su omogućile vozaču jednostavniju i ugodniju vožnju, ali neki od nedostataka su bili sporija promjena stupnja prijenosa, slabije ubrzanje vozila i povećana potrošnja goriva. Zbog svoje kompleksnosti, automatski mjenjači su bili skuplji za proizvodnju i održavanje, a često su imali veću masu nego ručni mjenjači. Razvojem novih tehnologija prethodnih nekoliko godina smanjuju se nedostaci automatskih mjenjača i njihova upotreba je sve veća. U ovom radu će biti prikazan cjelokupan sustav transmisije cestovnih motornih vozila, uz naglasak na automatske mjenjače i vrste istih, te njihov utjecaj na eksploatacijske značajke cestovnih motornih vozila.

**KLJUČNE RIJEČI:** Transmisija vozila; Ručni mjenjači; Automatski mjenjači

## SUMMARY

Transmission is one of the most important and most complex mechanical systems on road motor vehicles whose task is to transform and transfer power, torque and speed from the engine to the drive wheels in order to obtain the most efficient engine efficiency and better performance characteristics of the engine or vehicle. Gearbox is the most important transmission component because it has a direct role in changing wheel torque and speed on drive wheels, changing the direction of movement of the vehicle forward or backward, and stopping the torque and enabling the engine to operate while the vehicle is stopped. The first gearboxes were manual gearboxes and were easy-made and therefore cheap to manufacture, install and repair, and required the driver to choose the desired gear. Further development of vehicles resulted in development of automatic transmissions that did not require the driver to select the gear ratio while driving, but only to select the direction of movement of the vehicle when moving from the stationary position. Such features allowed the driver a simpler and more enjoyable ride, but some of the drawbacks were slower gear shifting, slower vehicle acceleration, and increased fuel consumption. Because of their complexity, automatic gearboxes were more expensive to manufacture and maintain and often had a larger mass than manual gearboxes. With the development of new technologies over the past few years, the disadvantages of automatic transmissions are reduced and their usage is increasing. This study will outline the overall transmission system of road motor vehicles with an emphasis on automatic transmissions and their types and their impact on exploitation characteristics of road motor vehicles.

**KEY WORDS:** Vehicle transmission; Manual transmission; Automatic transmission

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Osnovni dijelovi sustava za transmisiju cestovnih motornih vozila .....	2
2.1. Spojka .....	4
2.1.1. Tarna spojka .....	5
2.1.2. Hidrodinamička spojka.....	6
2.1.3. Elektromagnetska spojka .....	7
2.1.4. Centrifugalna spojka .....	8
2.2. Mjenjač.....	8
2.3. Kardansko vratilo.....	10
2.4. Glavni prijenosnik.....	10
2.5. Diferencijal .....	11
2.6. Pogonska vratila .....	13
3. Ručni mjenjači u cestovnim motornim vozilima.....	14
3.1. Princip rada i dijelovi .....	14
3.2. Utjecaj broja stupnjeva na karakteristike vozila .....	17
3.3. Prednosti ručnih mjenjača .....	18
4. Poluautomatski mjenjači .....	19
4.1. Princip rada poluautomatskih mjenjača .....	19
4.2. Prednosti i nedostaci poluautomatskih mjenjača.....	21
5. Potpuno automatski mjenjači.....	22
5.1. Automatski mjenjači s hidrodinamičkim pretvaračem okretnog momenta.....	22
5.2. Kontinuirani automatski mjenjači .....	27
5.3. Mjenjači s dvostrukom spojkom .....	28
5.4. Usporedba različitih vrsta mjenjača i njihovog utjecaja na značajke vozila .....	32
6. Zaključak.....	35
Literatura.....	37
Popis slika.....	39

# 1. Uvod

Tema ovog rada je "*Utjecaj automatskih mjenjača na eksploatacijske značajke cestovnih motornih vozila*". Vozila pogonjena motorima s unutarnjim izgaranjem moraju biti opremljen sustavom za transmisiju zbog svojih ograničenih izlaznih značajki. Bez transmisije mnoga vozila se ne bi mogla pokrenuti iz mjesta mirovanja. Transmisija je jedan od najkompleksnijih sustava na vozilu, a njegov najznačajniji dio jest mjenjač koji ponajviše utječe na izlazne karakteristike motora. Cilj ovog rada je istražiti sustav transmisije u cijelosti, uz naglasak na sve više prisutne automatske mjenjače. Kroz rad će se objasniti čitav sklop sustava transmisije s njegovim glavnim dijelovima i njihovom konstrukcijom i utjecajem na rad i sustava i vozila. Objasnit će se uloga mjenjača i njihove izvedbe, konstrukcija i primjena, te prednosti i nedostaci. Na kraju će se usporediti različite vrste mjenjača na istim vozilima i njihov utjecaj i cijena.

Završni rad je podijeljen na šest cjelina:

1. Uvod
2. Osnovni dijelovi sustava za transmisiju cestovnih motornih vozila
3. Ručni mjenjači u cestovnim motornim vozilima
4. Poluautomatski mjenjači u cestovnim motornim vozilima
5. Potpuno automatski mjenjači u cestovnim motornim vozilima
6. Zaključak

U drugom poglavlju bit će obrađeni osnovni sustavi cestovnih motornih vozila i svi glavni dijelovi sustava za transmisiju cestovnih motornih vozila, njihov način rada, podjela i značajke.

U trećem poglavlju opisat će se uloga ručnih mjenjača, njihova konstrukcija i princip rada, utjecaj broja stupnjeva na karakteristike vozila te njihove prednosti.

U četvrtom poglavlju tema su poluautomatski mjenjači i obrađen je njihov princip rada, te prednosti i nedostaci

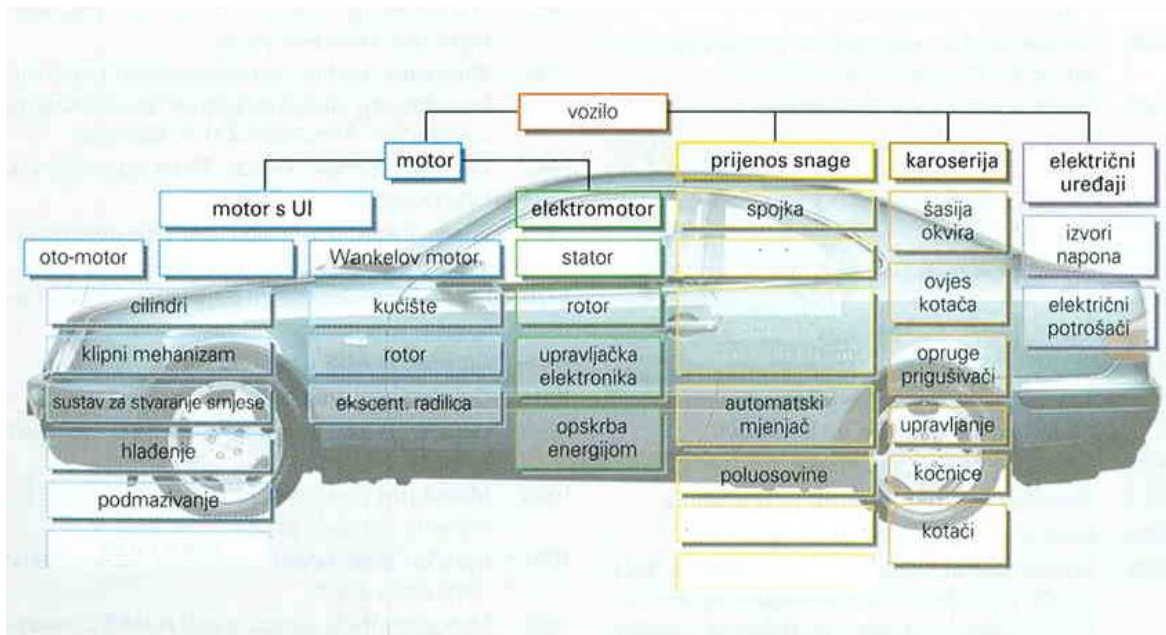
U petom poglavlju obradit će se potpuno automatski mjenjači i njihove izvedbe, te će se napraviti usporedba nekih vrsta mjenjača na istim automobilima i njihova razlika u eksploataciji.

U šestom poglavlju izneseni su zaključci dobiveni pisanjem ovog rada.



## 2. Osnovni dijelovi sustava za transmisiju cestovnih motornih vozila

Cestovna motorna vozila su vozila namijenjena cestovnom prometu pogonjena snagom vlastitog motora. Motorno vozilo je složeni sustav sastavljen od nekoliko osnovnih sustava čija podjela nije strogo definirana, a jedna od mogućih podjela jest na motor, prijenos snage, karoseriju i električne dijelove. [1]



Slika 1. Konstrukcija cestovnog motornog vozila [1]

Zadatak motora jest pretvorba nekog oblika u energije u koristan mehanički rad. Toplinski motori pretvaraju kemijsku energiju sadržanu u tvarima u mehanički rad. Podjela takvih motora temelji se na mjestu izgaranja goriva, odnosno izgara li gorivo unutar ili izvan radnog prostora motora. Ukoliko gorivo izgara izvan radnog prostora, govori se o motorima s vanjskim izgaranjem, a najbolji primjeri su parni stapni stroj i parna turbina. S druge strane, motori koji sagorijevaju gorivo unutar radnog prostora nazivaju se motori s unutarnjim izgaranjem, te se takvi motori najčešće koriste u cestovnim motornim vozilima. Iskoristivost kemijske energije je vrlo racionalna i nisu potrebni dodatni uređaji ili posrednici. Uz takvu konstrukciju, u današnje vrijeme postoje hibridna vozila koja koriste kombinaciju motora s unutarnjim izgaranjem i elektromotora za kretanje i potpuno električna vozila (bez motora s unutarnjim izgaranjem).

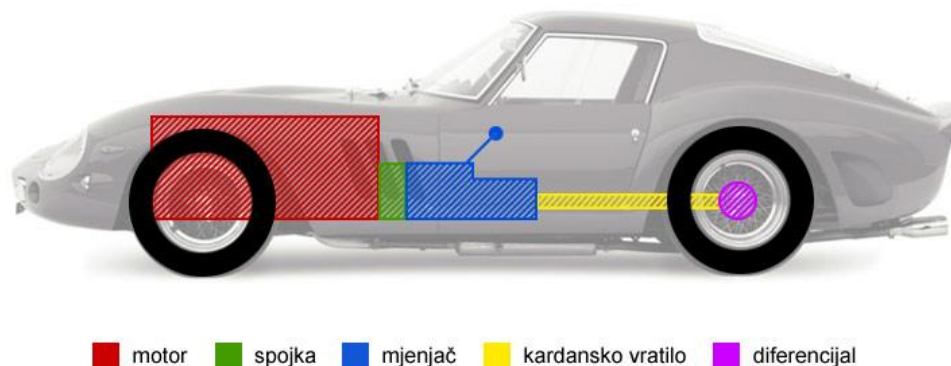
Motori s unutarnjim izgaranjem mogu se podijeliti na nekoliko načina.

- prema načinu stvaranja i paljenja smjese to su Otto motori s benzinskim gorivom i dizelski motori s dizelskim gorivom
- gledano prema radnim taktovima, podjela se vrši na dvotaktne i četverotaktne
- podjela se može vršiti i prema smještaju cilindara u kojima se izgaranje goriva događa, pa postoje redni (R) motori, V - blok motori, *bokser* motori i VR motori
- prema konstrukciji i gibanju klipova podjela se vrši na motore s potisnim klipovima (Otto i Diesel motori) i s rotacijskim klipovima (Wankel motori).
- posljednja podjela je moguća na temelju načina hlađenja i to na zrakom i tekućinom hlađene motore. [1]

Karoserija vozila jest noseća konstrukcija na koju se pričvršćuju svi ostali dijelovi vozila poput motora, upravljačkog sustava, ovjesa, transmisijskog sustava, itd. Nekoliko je vrsta karoserija: limuzina, kabrio limuzina, kupe (coupe), pullman limuzina, kombi, kabriolet, vozila višenamjenske svrhe i specijalna vozila. Prema konstrukciji karoserija postoje odvojene karoserije, karoserije s nosivim okvirima i samonosive karoserije.[1]

Električne uređaje čine izbori električne energije i potrošači električne energije. Izvori opskrbljuju vozilo električnom energijom, a potrošači korištenjem iste osiguravaju stabilnost, udobnost i sigurnost vozila, te rad ostalih neelektričnih sustava. Ako je motor nije u pogonu, izbor električne energije je baterija, a dok je u pogonu, izvor je generator koji također puni bateriju.[1]

Transmisija čini sustav za prijenos snage . Ima zadatak transformirati okretni moment i brzinu vrtnje motora i prenijeti ih na pogonske kotače. Transformaciju okretnog momenta po veličini treba uskladiti ovisno o brzini vožnje i otporima kretanja, a po smjeru ovisno o tome vozi li se prema naprijed ili natrag. Osnovne dijelove transmisije kod vozila s prednjim pogonom čine spojka, mjenjač, glavni prijenosnik, diferencijal i vratila pogonskih kotača. Kod vozila sa stražnjim pogonom mjenjač i diferencijal potrebno je međusobno spojiti kardanskim vratilom, kod vozila s pogonom na više osovina između osovina se mora ugraditi razvodnik pogona s diferencijalom. [2][3]



Slika 2. Transmisijski sustav vozila s pogonom na stražnje kotače [4]

Prema načinu prijenosa snage transmisije se dijele na mehaničke transmisije (koriste frikcijske elemente, zupčanike, zglobove i vratila), hidromehaničke transmisije (mehaničke transmisije s hidrodinamičkim pretvaračem okretnog momenta) prisutne kod vozila s automatskim mjenjačima i elektromehaničke transmisije (snaga se prenosi mehaničkim i električnim putem) koje su prisutne kod hibridnih vozila. [5]

## 2.1.Spojka

Spojka omogućuje odvajanje motora od ostatka transmisijskog sustava, te samim time prekida tok snage između motora i pogonskih osovina, odnosno kotača. Smještena je između motora i mjenjača i u svakom režimu rada motora mora prenijeti odgovarajući okretni moment s motora na mjenjač. Postupnim odvajanjem i spajanjem motora s ostatkom transmisije postiže se lagano i mekano pokretanje vozila iz mjesta i izmjena stupnjeva prijenosa, te se tako izbjegavaju prevelika dinamička opterećenja na sustav. Prigušnim elementima spojke smanjuju se torzijske vibracije i udarna naprezanja. [3]

Nekoliko je načina na koje se spojke mogu podijeliti. Najčešća podjela je prema konstrukciji, pri čemu se spojke dijele na tarne, hidrodinamičke, elektromagnetske i visko spojke. Spojke je moguće podijeliti i prema načinu upravljanja i to na ručno, nožno ili automatsko upravljanje, te je također moguća podjela prema uređaju za uključivanje spojke, a to su uključuje mehaničke, hidrauličke, elektromagnetske i pneumatske uređaje. [2]

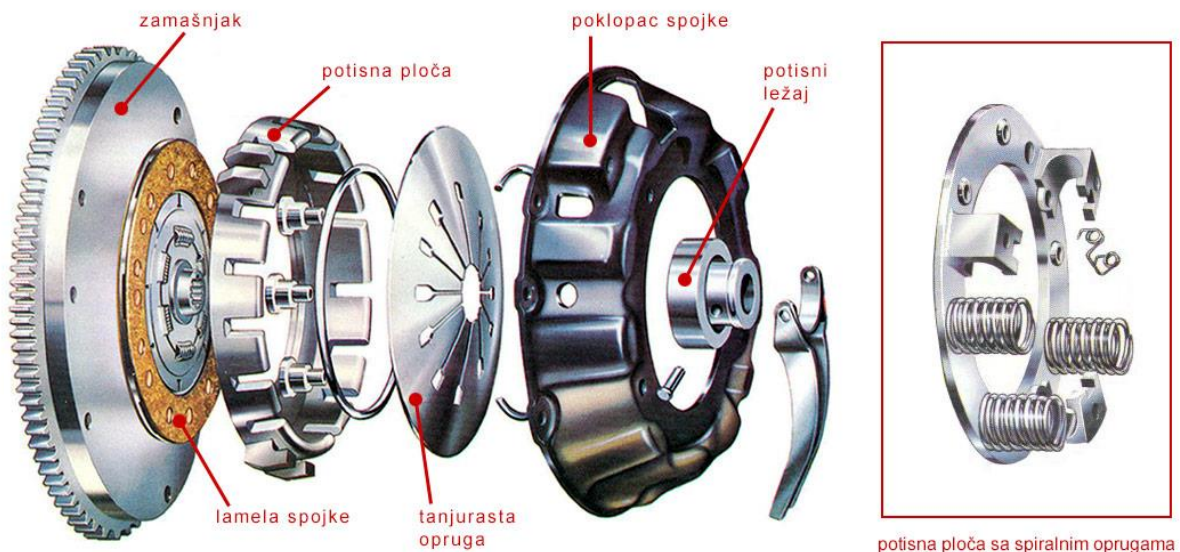
### 2.1.1. Tarna spojka

Tarne spojke su najčešće korištene spojke, a glavna im je karakteristika da okretni moment s motora trenjem prenose na ulazno vratilo mjenjača. Dije se na spojke s jednom lamelom i više lamela, te na spojke s tanjurastom oprugom i zavojnom oprugom. Spojke s jednom lamelom se koriste na osobnim i gospodarskim vozilima, dok se spojke s više lamela često koriste kod sportskih automobila jer omogućuju prijenos većeg okretnog momenta, zahtijevaju manji pritisak na papučicu spojke, imaju manju ukupnu masu i moment inercije.

Glavni dijelovi jednodamelne spojke s tanjurastom oprugom su zamašnjak, lamela, potisna ploča, tanjurasta opruga, poklopac spojke i potisni ležaj.

Prednosti tarnih spojki:

- jednostavna ugradnja, upotreba i održavanje
- mala sila potrebna na papučici za uključivanje i isključivanje
- mekano uključivanje i minimalni udar prilikom uključivanja
- mali gubitci u prijenosu snage



Slika 3. Dijelovi tarne spojke [6]

### 2.1.2. Hidrodinamička spojka

Hidrodinamička spojka prenosi okretni moment koristeći promjenu količine gibanja ulja (koje ima ulogu radnog fluida) između pogonskog i pogonjenog dijela spojke bez krute mehaničke veze. [2] Sastavljena je od rotora pumpe spojenog na zamašnjak i pokretanog motorom i rotora turbine pokretanog mjenjačem. Rotori pumpe i turbine okreću se neovisno jedan o drugome u kućištu napunjenu uljem i nigdje se mehanički ne dodiruju već su odvojene malim međuprostorom. Kad se rotor pumpe okreće centrifugalna sila pokreće ulje prema lopaticama turbinskog rotora. Ako se rotor pumpe okreće polako (prazan hod), inercijske sile ulja još nisu dovoljno velike da bi potjerale u okretanje turbinski rotor automobil stoji. Ako vozač dodaje gas i povećava broj okreta, povećavaju se i inercijske sile ulja koje kruži, dok ne savladaju otpor turbinskog rotora. Turbinski rotor se počne okretati, prenositi okretni moment na mjenjač, i automobil se počinje gibati. Pumpa i turbina nemaju isti broj lopatica radi narušavanja toka ulja i neistodobnog prolaza lopatica. Hidrodinamička spojka ne povećava okretni moment motora. [7]

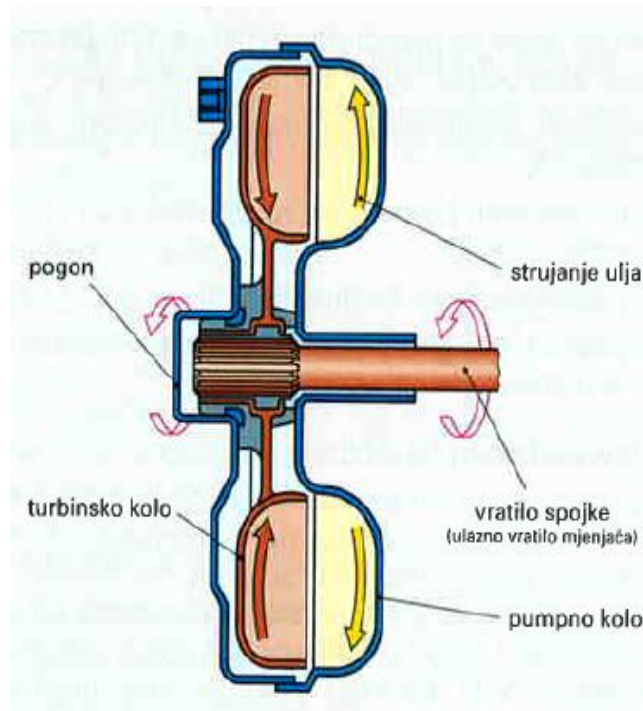
Prednosti hidrodinamičke spojke:

- nije potreban mehanizam za uključivanje
- omogućuje polagano kretanje vozila pri bilo kojem stupnju prijenosa
- omogućuje puštanje motora u rad i zaustavljanje vozila pri uključenom stupnju prijenosa u mjenjaču
- sprječavanje zaustavljanja motora i pri najvećim opterećenjima
- prigušuje torzijske vibracije

Nedostaci hidrodinamičke spojke:

- veća ukupna masa od tarne spojke
- uvijek radi uz određene gubitke u prijenosu
- ometa promjenu stupnjeva prijenosa zbog stalnog prijenosa okretnog momenta na turbinsko kolo
- za neometane promjene stupnjeva prijenosa potrebna je tarna spojka

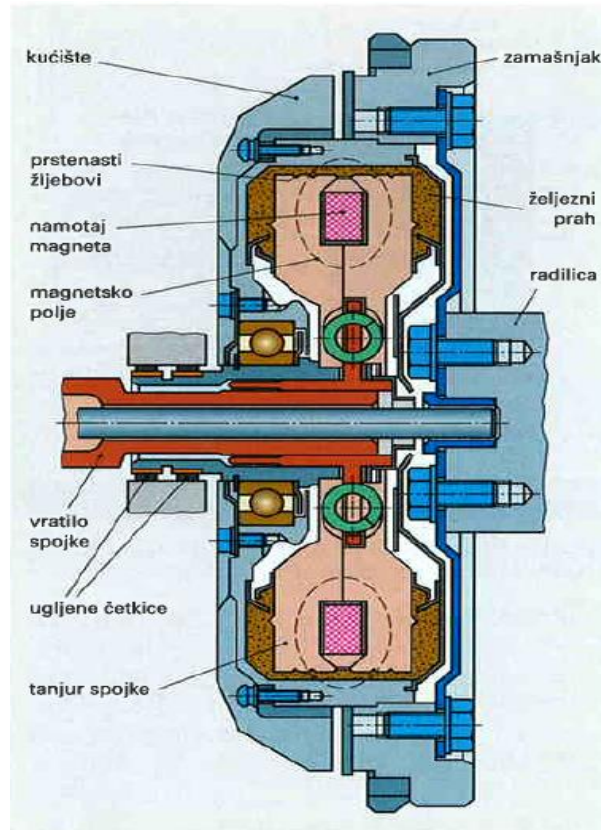
Hidrodinamička spojka se obično koristi u kombinaciji s automatskim mjenjačima, a primjenu nalazi u vozilima koji često rade u uvjetima čestog kretanja iz stanja mirovanja, teškim vozilima i građevinskim strojevima koji su izloženi velikim promjenama opterećenja. [3]



Slika 4. Hidrodinamička spojka [1]

### 2.1.3. Elektromagnetska spojka

Načelo rada aktivatora elektromagnetske spojke je elektromagnetsko djelovanje, no prijenos okretnog momenta je mehanički. Razlika između elektromagnetskih spojki i klasične spojke je u načinu na koji kontroliraju gibanje potisnih ploča. Kod klasičnih spojki opruga se koristi za uključivanje spojke dok se kod elektromagnetske spojke za uključivanje koristi elektromagnetsko polje. Što je jača struja, jače je i elektromagnetsko polje, a pa je proklizavanje tanjura spojke manje. Jakost struje kontrolira elektronički sklop na temelju broja okretaja motora, brzine vozila i položaja pedale gasa. [9], [1]



Slika 5. Elektromagnetska spojka [1]

#### 2.1.4. Centrifugalna spojka

Ove spojke se svrstavaju u automatske spojke kod kojih se djelovanje postiže centrifugalnom silom, a koriste se u mopedima maksimalne zapremine motora 50 cm<sup>3</sup> koji razvijaju najveću dopuštenu brzinu kretanja od 50 km/h. [1]

### 2.2. Mjenjač

Mjenjač je dio transmisije koji se nalazi između spojke i diferencijala i prenosi okretni moment i brzinu vrtnje motora, te je najznačajniji dio transmisije jer izravno utječe na krajnje karakteristike motora. Motori s unutarnjim izgaranjem rade u području između najmanje i najveće brzine vrtnje, te jedino u tom rasponu daju ograničeni okretni moment potreban za svladavanje otpora vožnje. Područje brzine vrtnje između najvećeg okretnog momenta i najveće

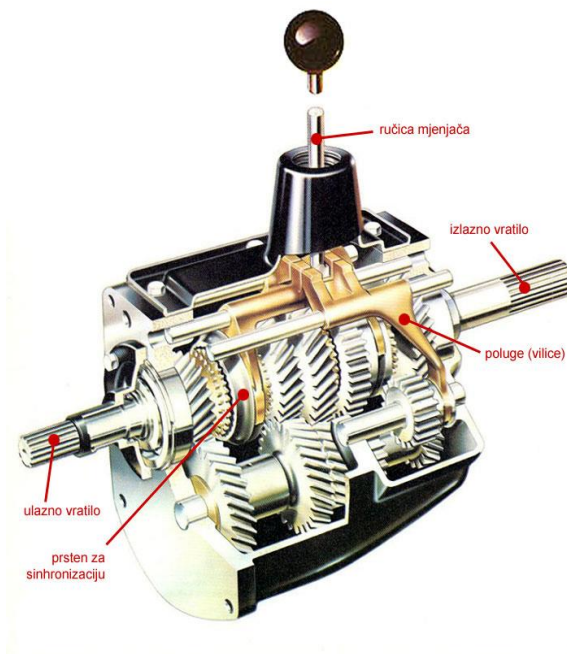


snage naziva se elastično područje rada motora. Motor s unutarnjim izgaranjem sam po sebi ne može dati dovoljan okretni moment za svladavanje svih otpora vožnje i velikih sila koje se pritom javljaju, stoga se mora koristiti mjenjač koji različitim prijenosnim omjerima multiplicira okretni moment motora i tako omogućuje svladavanje svih otpora kretanju. [2]

Prema načinu upravljanja mjenjačem razlikuju se ručni, djelomično automatski i automatski mjenjači, a prema prijenosu snage dijele se na mehaničke, hidraulične, električne i kombinirane. [3]

Zahtjevi prema mjenjačima i njihova zadaća:

- promjena i prijenos okretnog momenta motora
- promjena brzine vrtnje motora
- prekid toka snage i mogućnost rada motora kada je vozilo zaustavljeno i spojka uključena
- promjena smjera vrtnje i mogućnost vožnje unazad
- prijenos snage uz što manje gubitke
- rad motora uz što manju potrošnju i emisiju štetnih plinova
- lagana upotreba i tihi rad
- dug vijek trajanja uz minimalno i ekonomično održavanje
- visok stupanj korisnosti [3]



Slika 6. Ručni mjenjač s 4 stupnja prijenosa [4]



## 2.3.Kardansko vratilo

Kardansko vratilo prenosi okretni moment s mjenjača na diferencijal. Općenito gledano, kardanska vratila spajaju razmaknute pogonske sklopove koji nisu međusobno kruto vezani ili im je položaj promjenjiv. Osnovni dijelovi su kardanski zglob i kardanska osovina. Prilikom vožnje stražnja osovina, koja se oslanja na opruge, titra, pa se radi toga na svakom kraju kardanskog vratila ugrađuje po jedan zglob koji može pratiti to titranje. Isto tako, dok stražnja osovina oscilira, mijenja se razmak između mjenjača i diferencijala, pa se kardansko vratilo mora prilagođavati i po duljini. Stoga se na početku vratila ugrađuje klizni uložak sa žljebovima u kojima se vratilo može pomicati uzdužno. Kardansko vratilo mora prenositi okretni moment uz što manje uvijanje, te prigušiti vibracije i udare pri radu. [10]



Slika 7. Kardansko vratilo [10]

## 2.4.Glavni prijenosnik

Glavni prijenosnik povećava prijenosni odnos za stalni iznos i prenosi okretni moment dalje na pogonske kotače. Kod vozila koja imaju motor sprijeda, a pogon straga, glavni prijenosnik mora prenositi okretni moment pod kutom od 90 stupnjeva, pri čemu se koriste konični i tanjurasti zupčanci, najčešće s hipoidnim ozubljenjem. Na vozilima s prednjim pogonom i poprečno smještenim motorom koriste se cilindrični zupčanci. Osobni automobili i manja vozila imaju jednostupni, a teretna vozila imaju dvostupni glavni prijenosnik. Prvi stupanj redukcije brzine je izveden s koničnim i tanjurastim zupčanicom, a drugi stupanj s cilindričnim zupčanicima, to jest s planetarnim prijenosnikom koji čine vanjski zupčanik s unutarnjim ozubljenjem, satelitski zupčanci i planetarni zupčanik učvršćen za kućište. [3]



Slika 8. Glavni prijenosnik [11]

## 2.5.Diferencijal

Diferencijal je dio transmisije koji se ugrađuje između pogonskih kotača ili između pogonskih mostova ukoliko vozilo ima pogon na više osovina. Između pogonskih kotača ugrađuje se simetrični diferencijal koji omogućuje gotovo ravnomjernu raspodjelu okretnog momenta, a između pogonskih mostova ugrađuje se nesimetrični diferencijal koji prenosi okretno momente različitog iznosa ovisno o opterećenju pojedinog pogonskog mosta.

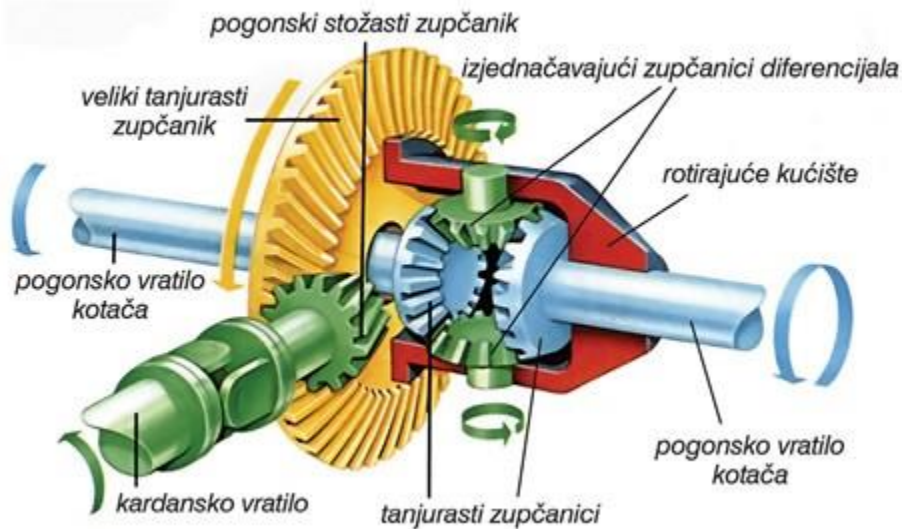
Diferencijal ima zadaću omogućiti da se pogonski kotači mogu okretati različitim brzinama. Pogonski kotači se moraju okretati različitim brzinama u sljedećim situacijama:

- kretanje u zavoju zbog različitih polumjera kretanja pojedinih kotača
- kretanje po neravnom terenu
- različito opterećenje kotača
- različiti tlak, istrošenost i promjera pneumatika

Kotači koji nisu pogonski okreću se slobodno sami za sebe jer nisu međusobno povezani. Pogonski kotači ne smiju biti međusobno povezani jer se na njih dovodi jednak okretni moment putem vratila, te bi tako bile onemogućene različite brzine okretanja što bi dovelo do nestabilne vožnje, različitog trošenja pneumatika, a u najgorem slučaju loma pojedinih dijelova transmisije. Stoga se ugrađuje diferencijal. On može biti izveden s koničnim i cilindričnim zupčanicima. Simetrični diferencijal s koničnim zupčanicima sastoji se od kućišta, osovince, satelitskih zupčanika i planetarnih, to jest bočnih zupčanika na koje su učvršćena vratila pogonskih kotača.

Na pogonske kotače prenosi se približno ravnomjerni okretni moment koji ovisi o momentu sile priranja između kotača i podloge. Kada je pogonski okretni moment veći od okretnog momenta sile priranja na jednom kotaču, dolazi do proklizavanja tog kotača. Primjer ovakve situacije je kada je jedan kotač na suhoj podlozi, a drugi na skliskoj. Ukoliko u ovakvoj situaciji vozilo miruje, kotač na suhoj podlozi će mirovati dok će se kotač na skliskoj podlozi okretati i to brzinom dvostruko većom nego kada bi se vozilo kretalo po pravcu na suhoj podlozi jer je cijeli iznos okretnog momenta poslan na njega umjesto da je podjednako podijeljen na oba kotača.

Kod vozila koja se često eksploatiraju u uvjetima s čestim proklizavanjem ugrađuju se diferencijali s ručnim blokiranjem ili samoblokirajući diferencijali. Ručno blokiranje uključuje vozač pomicanjem ručice ili pritiskom na tipku kod novijih vozila. Blokiranje diferencijala mora biti uključeno samo u uvjetima proklizavanja, a u normalnim uvjetima mora biti isključeno da ne izazove nestabilnu vožnju, različito trošenje pneumatika ili loma pojedinih dijelova transmisije. Samoblokirajući diferencijali imaju ugrađene dijelove koji povećavaju trenje na satelitskim zupčanicima kada se oni okreću oko svoje osi ili povećavaju trenje između bočnih zupčanika i kućišta kada se oni okreću različitim brzinama. Trenjem se otežava različita brzina vrtnje pojedinih kotača što smanjuje mogućnost proklizavanja. Ipak, u ekstremnim uvjetima može doći do proklizavanja jednog pogonskog kotača. [3]



Slika 9. Diferencijal [12]

## 2.6. Pogonska vratila

Pogonska vratila (poluosovine) smještena su između diferencijala i pogonskih kotača. Na njih djeluju sile nastale prijenosom vučne sile, odnosno okretnog momenta, kočenjem, vožnjom u zavojima, bočnim vjetrom, te nagibom podloge. Uobičajeno je da vozila sa stražnjim pogonom i motorom sprijeda straga imaju krutu osovinu, takozvani stražnji most u kojem pogon osovine s diferencijalom i pogonska vratila. [2]

Postoje dvije vrste pogonskih vratila. Jednostavno uležajeno vratilo je unutrašnjim krajem ugrađeno u ležaj, koji je istodobno i ležaj pogona osovine. Na vanjskoj strani je ležaj ugrađen između vratila i cijevi stražnje osovine. Vratilo je izloženo opterećenjima zbog težine vozila. Dvostruko uležajeno vratilo, zove se i tročetvrtinsko vratilo, a u stražnjem mostu također ga vodi ležaj koji nosi pogon osovine. Vanjski ležaj je ugrađen između glavčine kotača i cijevi stražnje osovine. Pogonsko je vratilo kotača izloženo opterećenjima samo pri vožnji kroz zavoje. [13]

**VKJC 1106**



Slika 10. Pogonsko vratilo [14]

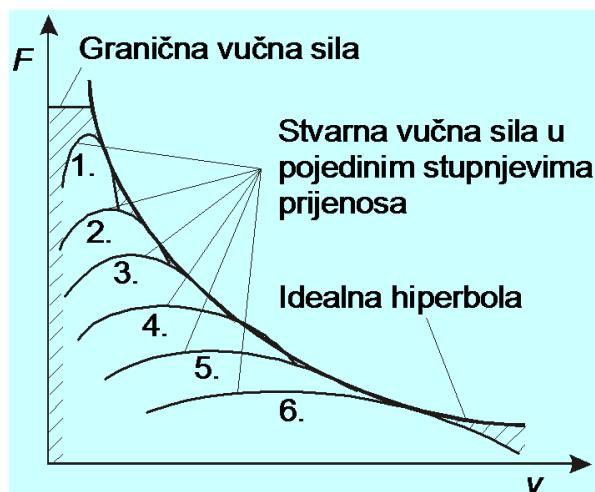
### 3. Ručni mjenjači u cestovnim motornim vozilima

U današnje vrijeme još uvijek veliku većinu čine vozila koja pokreću motori s unutarnjim izgaranjem. Njihova široka primjena proizlazi iz niza prednosti poput male težine i volumena po jedinici snage i relativno dobra korisnost. Motori s unutarnjim izgaranjem sami po sebi ne mogu dati potreban okretni moment za svladavanje svih otpora vožnje i velikih sila koje se pritom javljaju, stoga se mora koristiti mjenjač koji različitim prijenosnim omjerima multiplicira okretni moment motora i tako omogućuje svladavanje svih otpora kretanju. [3], [2]

Kod ručnih mjenjača vozač sam mora uključivati i isključivati spojku, najčešće pritiskom na pedalu spojke nogom, te također mora sam birati stupanj prijenosa, najčešće rukom putem poluge birača stupnjeva.

#### 3.1.Princip rada i dijelovi

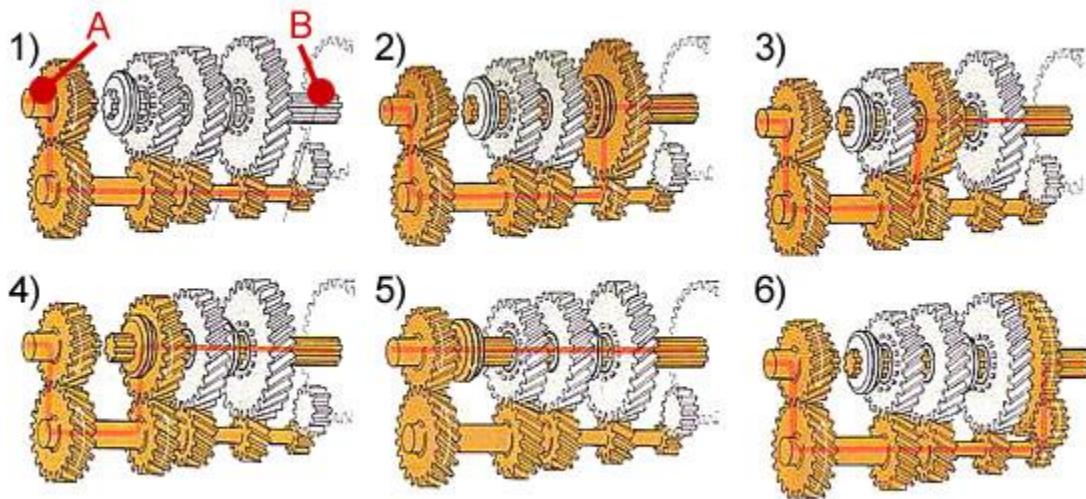
Nedostaci motora s unutarnjim izgaranjem (benzinskih i dizelskih) očituju se u nepovoljnim brzinskim značajkama i velikoj ovisnosti potrošnje goriva o režimu rada. Na niskim okretajima imaju vrlo mali okretni moment, u srednjim okretajima stvari se bliže idealnom, ali pri visokim okretajima otpori unutar motora naglo rastu, a okretni moment se smanjuje. Zbog takve loše radne karakteristike potreban im je sustav prijenosa snage s više prijenosnih omjera, kako bi se izlazna radna karakteristika što više približila idealnoj. [15]



Slika 11. Vučna značajka vozila sa 6 stupnjeva prijenosa u usporedbi s idealnom vučnom značajkom [16]

Na slici 10. je vidljivo da su vučna sila ( $F$ ) i brzina kretanja vozila ( $v$ ) međusobno obrnuto proporcionalne veličine što znači da će pri određenoj snazi motora, ako je potrebna vučna sila velika, brzina kretanja vozila morati biti mala, i obrnuto, pri velikoj brzini kretanja vozila vučna sila će biti mala. [16] Redukcija je najveća u najnižem stupnju prijenosa, pa je vučna sila na kotačima najveća. Kako raste brzina auta, tj. smanjuje se redukcija u mjenjaču, opada i vučna sila na kotačima. Zato auto slabije ubrzava u trećem nego u prvom stupnju prijenosa i još slabije u petom, ali se vozilo brže kreće jer je snaga umnožak brzine i sile. Ovim načinom je vučna karakteristika približena idealnoj vučnoj sili parnog stroja ili elektromotora, u obliku hiperbole. [15]

Mjenjači imaju spojku koja omogućuje odvajanje prijenosa momenta na mjenjač te promjenu stupnja prijenosa bez opterećenja. Iza spojke su, obično na dva ili tri vratila postavljene, setovi zupčanika, upareni u odgovarajuće prijenosne omjere. Svaki stupanj prijenosa ima svoj zupčanički par koji je uvijek u zahvatu, a vozač ručicom mjenjača aktivira željeni par, odnosno stupanj prijenosa. Da bi se uključivanje para izvelo što lakše, obavlja se sinkronizacija, odnosno usklađivanje brzina vrtnje dijelova koji se uključuju. Otpuštanjem spojke ponovno se spaja pogon i prijenos, ali s drugim prijenosnim omjerom. [15]



Slika 12. Postavke zupčanika ovisno o odabranom stupnju prijenosa [4]

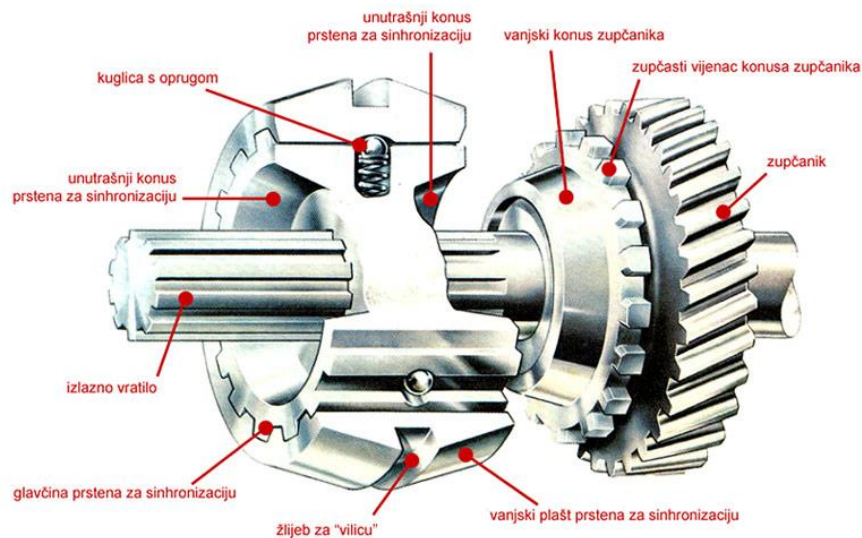
Postavke zupčanika:

- 1) prazni hod - zupčanicu ulaznog vratila (A) koje vodi od spojke čvrsto su vezani za vratilo i okreću se s njim. Zupčanicu izlaznog vratila (B) koje vodi do diferencijala slobodno se okreću na svojem vratilu koje miruje. Oni su sa zupčanicama ulaznog vratila u stalnom kontaktu i predstavljaju parove prema stupnjevima prijenosa



- 2) prvi stupanj - u ovom stupnju najveći zupčanik izlaznog vratila povezan je polugama (vilicama) s izlaznim vratilom. U ovom slučaju ostvaruje se najveći prijenosni odnos, na primjer 3,92:1 što znači da zupčanik na vratilu koje vodi do diferencijala ima 3,92 puta više zuba od zupčanika ulaznog vratila s kojim je u vezi. Ovime se ostvaruje se najveći prijenos okretnog momenta prema diferencijalu, odnosno pogonskim kotačima, ali i najmanja brzina njihovog okretanja. Tada je vučna sila na kotačima najveća
- 3) drugi stupanj - odabirom drugog stupnja zupčanik prvog stupnja prijenosa se opet slobodno okreće na izlaznom vratilu. Sada je zupčanik drugog stupnja prijenosa pomoću poluga čvrsto spojen s izlaznim vratilom. U kombinaciji s određenim zupčanikom ulaznog vratila, ostvaruje se prijenosni odnos od, na primjer, 2,04:1 u korist zupčanika na izlaznom vratilu što znači da se izlazno vratilo okreće 2,04 puta sporije od ulaznog vratila
- 4) treći stupanj - slično kao u prethodnom stupnju prijenosa, sada zupčanic prvog i drugog stupnja nisu čvrsto spojeni s izlaznim vratilom, nego prijenos obavlja zupčanik trećeg stupnja prijenosa. Ostvaruje se prijenosni omjer od, na primjer, 1,37:1 što znači da se izlazno vratilo sada okreće 1,37 puta sporije od ulaznog vratila, odnosno od koljenastog vratila
- 5) četvrti stupanj - ako mjenjač ima samo četiri stupnja, onda je ovo zadnji stupanj. Svi su zupčanic izlaznog vratila isključeni, a pogon se s ulaznog vratila nastavlja u jednakom omjeru na izlazno vratilo (1:1). Za svaki će se okretaj koljenastog vratila osovina koja vodi do diferencijala okrenuti 1 puta. Da je ovo konstrukcija s pet stupnjeva, postojao bi još jedan zupčanik na izlaznom vratilu, prijenosni omjer bi mogao iznositi 0.91:1, a za svakih 0.91 okretaja koljenastog vratila izlazno vratilo bi se okrenulo jedan okretaj
- 6) hod unazad - zupčanic prvog, drugog i trećeg stupnja prijenosa na izlaznom su vratilu i dalje isključeni (kao i izravna veza ulaznog i izlaznog vratila), a poluge za povezivanje zupčanika sada su ostvarile vezu između zupčanika na izlaznom vratilu, jednog međuzupčanika i zupčanika na ulaznom vratilu. Sada se zupčanik izlaznog vratila okreće u suprotnom smjeru uz prijenosni odnos, na primjer, 3,42:1, zbog čega je između zupčanika ulaznog vratila i zupčanika izlaznog vratila ugrađen još jedan zupčanik (jer se dva međusobno povezana zupčanika okreću u suprotnim smjerovima) [4]

Mali, ali važan dio mjenjača su sinkroni. To su pomični spojni prsteni, koji usklađuju, odnosno sinkroniziraju broj okretaja ulaznog vratila i para zupčanika koji se sprema biti uključen u prijenos snage te prenijeti moment nakon spajanja. Oni omogućuju mekano biranje između određenih parova zupčanika, pod uvjetom da u tom trenutku spojka mora biti odvojena. [15]



Slika 13. Sinkron [4]

### 3.2. Utjecaj broja stupnjeva na karakteristike vozila

Broj stupnjeva ručnog mjenjača ponajviše utječe na njegove značajke i izlazne karakteristike motora i samog vozila. U današnje vrijeme standard za osobne automobile predstavljaju ručni mjenjači s 5 stupnjeva, česti su 6 stupanjski mjenjači, a postoje i modeli sportskih automobila sa 7 stupanjskim ručnim mjenjačima. Nekoliko je prednosti većeg broja stupnjeva prijenosa.

- Efikasnost - najštedljiviji način vožnje određenom brzinom je prilikom što nižeg broja okretaja motora, odnosno koljenastog vratila, što rezultira manjim gubicima energije uzrokovanih trenjem u transmisiji, te manjim brojem taktova izgaranja u minuti i samim time manjom potrošnjom goriva. Što više stupnjeva prijenosa mjenjač ima, lakše je pronaći idealan (u ovom slučaju što manji) broj okretaja motora za određenu brzinu vrtnje kotača
- Bolje ubrzanje vozila - ubrzavanje vozilom u najvišem stupnju prijenosa nije dobar način ukoliko se želi postići maksimalno ubrzanje jer je okretni moment na kotačima najmanji što rezultira slabim ubrzanjem. Više stupnjeva prijenosa omogućava pronalazak najpovoljnijeg raspona broja okretaja motora za ubrzanje, koji je obično blizu broja okretaja gdje motor daje najveću snagu. Također, više stupnjeva prijenosa omogućava ugradnju glavnog prijenosnika s većim prijenosnim omjerom što rezultira većim okretnim momentom na kotačima, bez narušavanja krajnje moguće brzine vozila



- Veća krajnja brzina vozila - ugradnja glavnog prijenosnika s većim prijenosnim omjerom povećava okretni moment na kotačima, ali istovremeno smanjuje krajnju brzinu kretanja vozila pri maksimalnom broju okretaja motora u najvišem stupnju prijenosa. Dodavanjem dodatnog stupnja prijenosa uz iste prijenosne omjere mjenjača i glavnog prijenosnika omogućava se veća maksimalna brzina vozila [17]

### **3.3.Prednosti ručnih mjenjača**

Ručni mjenjači imaju mnoge prednosti, a neke od njih su:

- Jednostavnost i pouzdanost - lakši popravak u slučaju kvara i jednostavniji su za dizajnirati i proizvesti, velika većina je robusno izrađena i dugotrajna
- Cijena - jednostavnost i manje materijala za izradu dovodi do manje cijene proizvodnje, te manje ukupne cijene vozila prilikom kupnje
- Manja ukupna masa - zbog jednostavnosti imaju manje dijelova i samim time manju ukupnu masu. Razlika istog vozila s ručnim i automatskim mjenjačem može iznositi između 50 i 80 kilograma, što je značajno kod sportskih automobila visokih performansi
- Efikasnost - kada je spojka uključena gotovo 100% okretnog momenta se prenosi kroz mjenjač. Ručni mjenjači obično imaju nižu potrošnju goriva od automatskih mjenjača
- Vozač ima veću kontrolu - ručni mjenjači omogućuju preskakanje stupnjeva prijenosa i odabir željenog stupnja prijenosa [18]

## 4. Poluautomatski mjenjači

Poluautomatski mjenjači čine kombinaciju između ručnih i automatskih mjenjača. U najčešćim konfiguracijama takvi mjenjači nemaju pedalu spojke jer je ona automatska i kontrolirana putem elektroničkih senzora, a njenu aktivaciju vrše elektromehanički ili hidraulički aktuatori. Vozač sam odabire željeni stupanj prijenosa. Suvremeni poluautomatski mjenjači obično imaju opciju potpuno automatskog rada prilikom kojeg elektronika bira stupanj prijenosa ovisno o opterećenju i broju okretaja motora, pa se takvi mjenjači često svrstavaju pod automatske mjenjače.

### 4.1.Princip rada poluautomatskih mjenjača

Kod suvremenih poluautomatskih mjenjača vozač bira stupnjeve prijenosa postepeno, bez mogućnosti preskakanja stupnjeva, pomicanjem ručice birača prema naprijed (obično označeno kao "+") za viši stupanj ili unatrag (obično označeno kao "-") za niži stupanj prijenosa. Drugu konfiguraciju birača brzina, preuzetu iz bolida Formule 1, čine dvije poluge smještene iza upravljačkog kola čijim povlačenjem vozač bira stupnjeve prijenosa bez potrebe za pomicanjem ruku s upravljača, povlačenjem desne poluge bira se viši stupanj, a lijeve niži stupanj prijenosa. Ovakva konfiguracija je sve češća u osobnim automobilima, a gotovo neizostavna u sportskim automobilima visokih performansi.

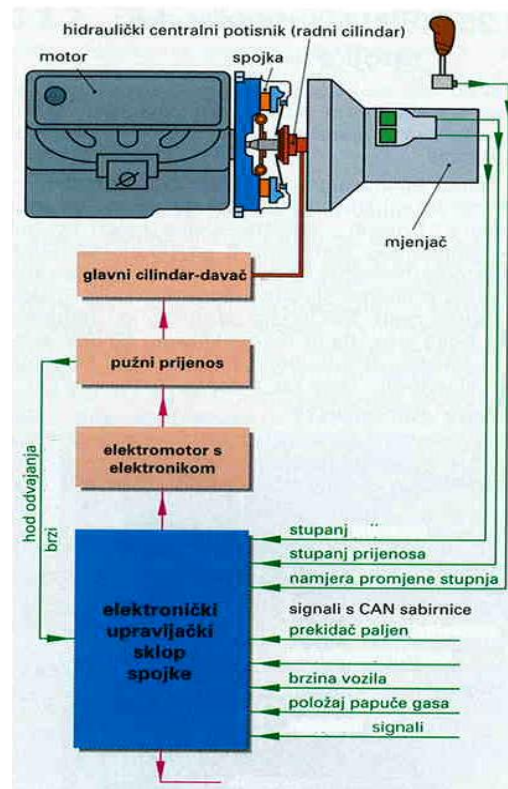
Obzirom da vozač nema nadzor nad spojkom, određeni senzorski signali, odnosno parametri utječu na upravljački proces, a to su: prekidač paljenja, brzina vrtnje motora, prepoznavanje stupnja prijenosa, prepoznavanje namjere promjene stupnja prijenosa, hod odvajanja, položaj pedale gasa, brzina vozila, te ABS/ASR signali. [2]

Dijelovi ovakve automatske spojke čine:

- samopodešavajuća spojka s tanjurastom oprugom i hidrauličnim središnjim potisnikom
- senzori za prepoznavanje namjere promjene stupnja prijenosa, trenutnog stupnja prijenosa, te hoda odvajanja
- upravljački uređaj sustava spojke
- izvršni elementi koje čine elektromotor s pužnim prijenosom, glavni cilindar i središnji potisnik [2]

Pomoću različitih ulaznih podataka kao što su brzina vrtnje kotača i motora, te mjenjača upravljački uređaj izračunava optimalno proklizavanje spojke za meko pokretanje vozila. [2]

Prepoznavanje trenutnog stupnja prijenosa omogućeno je pomoću dva beskontaktna senzora zakreta na uključnim polugama u mjenjaču. Uz signale sa senzora, za prepoznavanje stupnja prijenosa i namjere promjene stupnja upravljački uređaj prima signale preko CAN sabirnice od upravljačkih uređaja motora i ABS/ASR-a. Upravljački sklop obrađuje ulazne podatke, te na temelju njih generira i šalje izlazne signale izvršnim članovima, odnosno aktuatorima, te se tako kontrolira uključivanje i isključivanje spojke uz optimalno proklizavanje. Prilikom promjene stupnja prijenosa upravljački uređaj preko elektromotora s pužnim prijenosom djeluje na glavni cilindar, porast tlaka aktivira radni cilindar središnjeg potisnika i spojka se odvaja. Nakon uključivanja stupnja prijenosa, senzor javlja o odabranom stupnju prijenosa. Upravljački uređaj daje signal na elektromotor s pužnim prijenosom. Senzor u pužnom prijenosu mjeri hod odvajanja i šalje signal upravljačkom uređaju. Spojka uključuje s reguliranim proklizavanjem. Prilikom promjene stupnja prijenosa nije potrebno popustiti papučicu gasa jer upravljački uređaj automatski smanjuje količinu ubrizganog goriva, a nakon uključivanja spojke ponovno vraća količinu ubrizganog goriva. Tijekom normalne vožnje upravljački uređaj izračunava razliku brzine vrtnje motora i vratila spojke, te održava proklizavanja spojke u potrebnim granicama da bi se prigušile torzijske vibracije. Prilikom naglih ubrzavanja i promjena opterećenja, spojka se može nakratko isključiti, te se takvim kontroliranim proklizavanjem sprječava trzanje zbog promjena stupnjeva prijenosa. [2]



Slika 14. Shematski dijagram elektromehaničkog-sklopa prijenosa [1]

## 4.2.Prednosti i nedostaci poluautomatskih mjenjača

Neke od prednosti poluautomatskih mjenjača su:

- veća udobnost vožnje bez potrebe za pritiskanjem pedale spojke, te ugrađena i brza promjena stupnja prijenosa
- nemogućnost odabira krivog stupnja prijenosa i moguće štete na transmisiji i motoru
- manji potreban prostor, masa i troškovi spram automatskih mjenjača
- mogućnost individualnog stila vožnje zbog mogućnosti ručnog biranja stupnjeva prijenosa
- mogućnost odvojenih programa za sportsku vožnju, lošije uvjete na kolniku ili vuču priključnih vozila
- visoka mehanička učinkovitost i smanjena potrošnja goriva
- manje trošenje tarnih obloga i potisnog ležaja
- prigušene torzijske vibracije i izostanak trzanja i štetnih prekida pogona
- ugodno pokretanje vozila iz stanja mirovanja [19], [2]

Nedostaci poluautomatskih mjenjača:

- kompleksniji od ručnih mjenjača
- skuplji prilikom kupovine i skuplje održavanje
- češći kvarovi nego kod ručnih mjenjača
- ponekad se javljaju proklizavanja i trzanja tijekom manevriranja prilikom parkiranja [20]

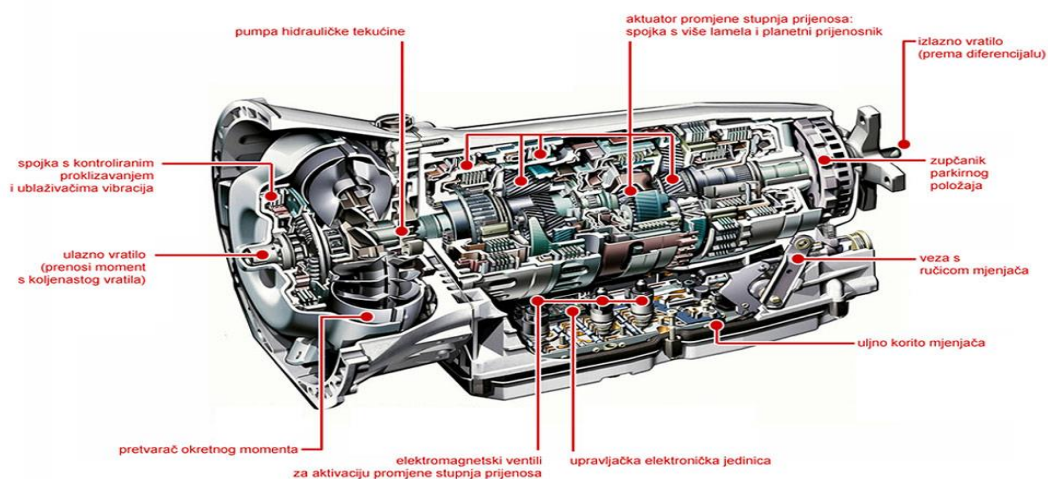
## 5. Potpuno automatski mjenjači

Potpuno automatski mjenjači, obično zvani automatski mjenjači, su vrsta mjenjača koji mijenjaju stupnjeve prijenosa bez djelovanja vozača. Vozačeva zadaća je jedino odabir smjera kretanja prilikom kretanja iz stanja mirovanja, a ostali stupnjevi prijenosa se odabiru automatski. Većina današnjih automatskih mjenjača ima mogućnost ručnog biranja stupnjeva prijenosa, što vozaču daje veću kontrolu prilikom vožnje.

Kanadski inženjer Alfred Horner Munro je 1921. godine dizajnirao automatski mjenjač koji je koristio stlačeni zrak umjesto hidrauličkog ulja, ali je zbog toga nije mogao prenijeti dovoljnu snagu i nikada nije dosegao komercijalnu upotrebu. General Motor je 1930. godine razvio prvi automatski mjenjač s hidrauličkim uljem, a 1940 je uveden "*Hydra Matic*" mjenjač kojeg je 1948. koristio Oldsmobile i tako postao prvi automobil s pravim automatskim mjenjačem. [21]

### 5.1. Automatski mjenjači s hidrodinamičkim pretvaračem okretnog momenta

Ovo je najčešće korištena konstrukcija automatskih mjenjača. Koristi hidrodinamičku spojku ili hidrodinamički pretvarač okretnog momenta i planetarni prijenosnik omogućavajući različite prijenosne omjere. Hidrodinamički pretvarač okretnog momenta, planetarni prijenosnik i elektrohidrauličko upravljanje čine glavne dijelove ove konstrukcije. [2]



Slika 15. Automatski mjenjač sa 7 stupnjeva prijenosa [22]

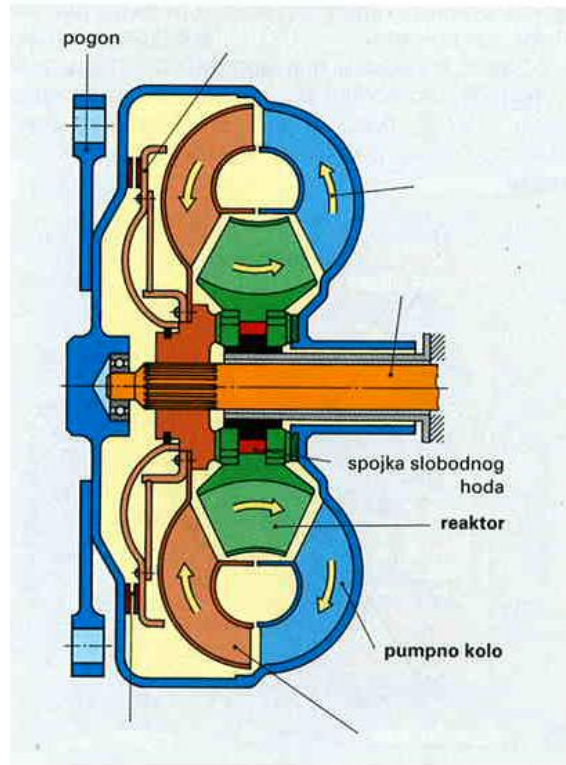
Hidrodinamički pretvarač okretnog momenta služi kao spojka za pokretanje vozila i pojačava okretni moment. Zadaci koje mora ispuniti su promjena i prijenos okretnog momenta motora, mekano i komforno pokretanje vozila i prigušivanje torzijskih vibracija motora. Hidrodinamički pretvarač sastoji se od pumpnog i turbinskog kola, reaktora sa spojkom slobodnog hoda i premosne spojke. [2]

Zamašnjak je povezan s kućištem pretvarača okretnog momenta i ono se okreće zajedno sa zamašnjakom. Unutar kućišta je smješteno pumpno kolo koje je s njime nepomično povezano tako da se i ono okreće jednakom brzinom kao i zamašnjak. Okretanje pumpnog kola, uslijed centrifugalne sile, uzrokuje izbacivanje ulja na vanjskim dijelovima pumpnog kola, dok stvoreni podtlak povlači nove količine ulja iz središnjeg dijela pumpnog kola. Upravo u obrnutom smjeru, kreće se ulje kroz turbinsko kolo - ulazi s vanjske strane (na obodu), a izlazi u sredini. Na tom putu, zahvaljujući ugrađenim lopaticama, ulje mijenja smjer kretanja što u konačnici okreće turbinsko kolo. Turbinsko kolo je povezano vratilom s mjenjačem. Konačno, obzirom da se ulje koje izlazi iz turbinskog kola kreće u smjeru suprotnom od smjera vrtnje pumpnog kola, između izlaznog dijela turbinskog i ulaznog dijela pumpnog kola smješten je stator koji ispravlja smjer kretanja ulja te time podiže učinkovitost pumpe. Prijenos okretnog momenta unutar pretvarača okretnog momenta ovisi o brzini rada motora, pa pri najnižim brojevima okretaja (prazni hod) među rotorima djeluju iznimno male sile što rezultira mirovanjem rotora turbine, a time i mjenjača te samog vozila. U praksi se ovi sustavi izvode s malo povećanim djelovanjem sila na rotor turbine što omogućava lagano kretanje naprijed bez pritiska na papučicu gasa što se naziva "funkcijom puzanja" (*Crawl Function*). Pretvarač okretnog momenta može povećati okretni moment motora za otprilike dva do tri puta, a to nastaje onda kada se motor okreće znatno brže nego pogonsko vratilo mjenjača (najčešće pri niskim brzinama kretanja vozila, odnosno prilikom kretanja). No, ta razlika u brzini vrtnje, pored povećanja okretnog momenta ima i svoju lošu stranu koja se očituje u gubitku energije što je razlog zbog kojeg automobili s klasičnim automatskim mjenjačem u pravilu imaju nešto veću potrošnju goriva od adekvatnih automobila s ručnim mjenjačem i mehaničkom spojkom. Pri višim brzinama rada motora, broj okretaja motora i pogonskog vratila mjenjača približno je jednak, pa se, kako se energija ne bi bespotrebno trošila na razliku (koliko god neznatna bila) u brzinama vrtnje, pretvarači okretnog momenta opremaju mehanizmom za zaključavanje koji, pri višim brzinama rada, privremeno čvrsto povezuje pumpu i turbinu pretvarača okretnog momenta kako bi se brzine okretanja u potpunosti izjednačile. [6]

Značajke hidrodinamičkog pretvarača okretnog momenta:

- nema trošenja dijelova
- meko i komforno pokretanje vozila iz stanja mirovanja
- kompaktna konstrukcija

- nema "gušenja" motora prilikom pokretanja jer je pojačanje okretnog momenta maksimalno
- povećanje okretnog momenta je automatsko ovisno o uvjetima vožnje
- tihi rad i gotovo potpuno prigušivanje vibracija zahvaljujući djelovanju ulja [2]



Slika 16. Hidrodinamički pretvarač okretnog momenta [1]

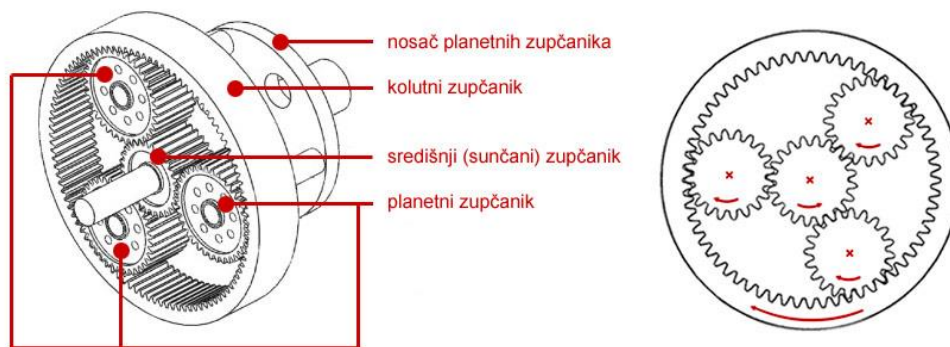
Planetarni prijenosnik ugrađuje se nakon pretvarača okretnog momenta, te mijenja okretni moment, brzinu vrtnje motora i smjer vrtnje za vožnju unatrag. Izvode se kao Ravigneauxov, Wilsonov, Simpsonov i Lepelletierov sklop. Planetni prijenosnici su vrsta zupčaničkih prijenosnika u kojima se zupčanici (planeti), pored rotacije oko vlastite osi, kružno gibaju po unutarnjem obodu kolutnog zupčanika (s unutarnjim ozubljenjem) te oko središnjeg (sunčanog) zupčanika.

Planetarni prijenosnik se sastoji od nekoliko međusobno povezanih zupčanika. Središnji zupčanik (sunčani) nalazi se na središnjem vratilu i okružen je s nekoliko manjih (planetnih) zupčanika koje povezuje zajednički nosač povezan s vratilom, oko kojih kruži kolutni zupčanik kod kojeg se zubi nalaze s unutarnje strane. Blokiranjem pojedinih zupčanika unutar planetarnog prijenosnika mijenjaju se i njihovi međusobni odnosi. Kako su zupčanici od kojih se sastoji planetarni prijenosnik različitih veličina (i brojeva zuba), ovim se kombinacijama

(blokiranjem pojedinih zupčanika) dobivaju različite brzine okretanja izlaznog vratila. Različite brzine okretanja izlaznog vratila, u konačnici, posljedica su odabira različitih prijenosnih omjera. Kombinacijom dvaju ili više planetarnih prijenosnika (npr. ZF-ov 8-stupanjski automatski mjenjač koristi ih četiri, uz pet elemenata za blokiranje - pet spojki s više lamela) dobiva se širok raspon dostupnih prijenosnih omjera. Najčešće, jedan je planetni prijenosnik zadužen za dva stupnja prijenosa. No, zbog takve su konstrukcije automatski mjenjači duži od ručnih i kompleksniji. [22]

Značajke planetarnog prijenosnika:

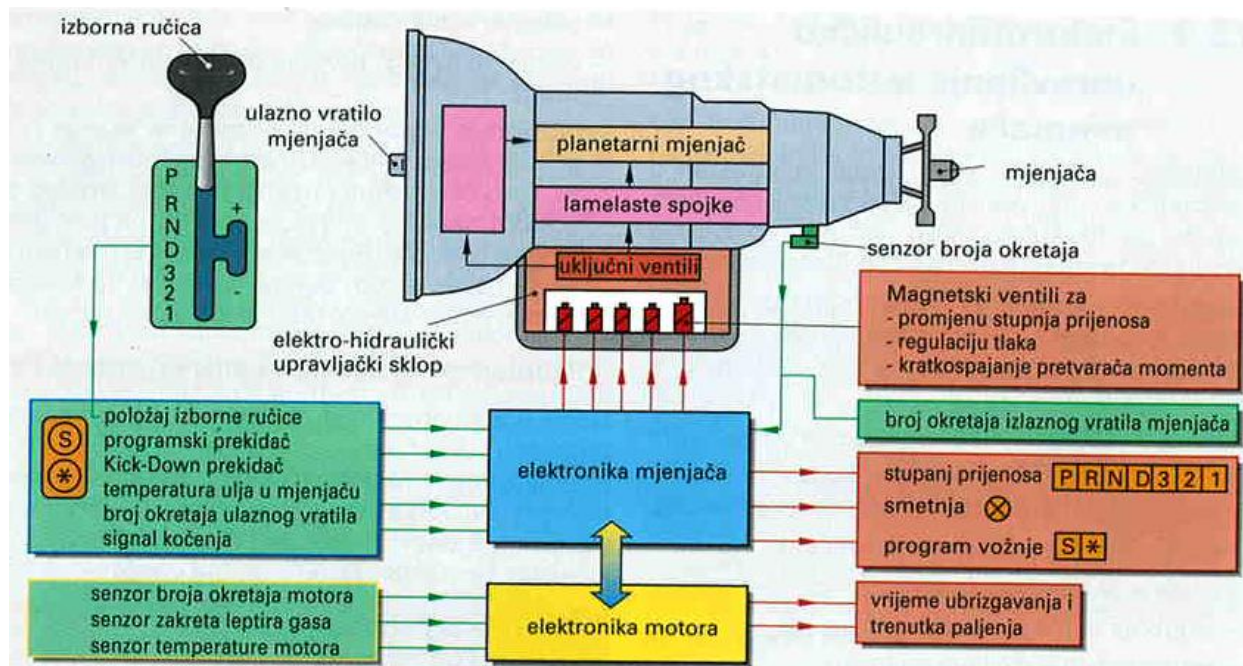
- prebacivanje stupnjeva bez prekida toka snage
- manje sile na zubima jer je više zuba u zahvatu
- miran i tih rad jer su svi zubi stalno u zahvatu
- kompaktna konstrukcija [2]



Slika 17. Planetarni prijenosnik i smjer vrtnje pojedinih zupčanika [22]

U elektrohidrauličkom upravljanju elektronički uređaj mjenjača obrađuje signale sa senzora koji prate razne parametre pogonskog stanja vozila te ovisno o voznoj situaciji upravlja određenim elektromagnetskim ventilima. Ti ventili aktiviraju hidrauličke ventile koji usmjeruju hidraulički tlak određenim uključnim elementima. Pogonom i kočenjem različitih uključnih elemenata djeluje se na promjenu stupnja prijenosa. [2]





Slika 18. Shematski prikaz elektrohidrauličkog upravljanja mjenjačem [1]

U signale s vozila spadaju:

- položaj ručice mjenjača - P (parkiranje), R (vožnja unatrag), N (prazan hod), D (vožnja unaprijed), L (vožnja u nižim stupnjevima prijenosa)
- *Tiptronic* funkcija - ručni odabir stupnjeva
- programski prekidač - odabir režima rada mjenjača, npr. S (sportski), E (ekonomični), W (zimski)
- prekidač kočnih svjetala
- signali s ostalih sustava, npr. ABS/ASR, TCS, ESP, *Tempomat*

U signale s mjenjača spadaju:

- brzina vrtnje ulaznog vratila mjenjača
- brzina vrtnje izlaznog vratila mjenjača
- temperatura ulja u mjenjaču

U signale s motora spadaju:

- položaj pedale gasa s *Kickdown* prekidačem

- opterećenje motora (trajanje ubrizgavanja, odnosno količina goriva)
- brzina vrtnje motora
- temperatura rashladne tekućine [2]

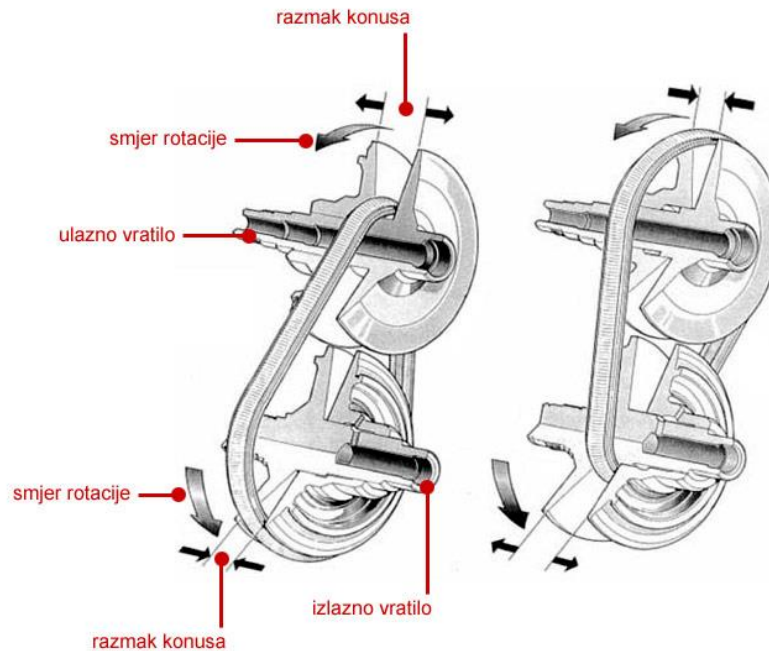
Značajke elektrohidrauličkog upravljanja mjenjačem:

- visok komfor i kratko vrijeme promjene stupnjeva prijenosa
- korištenje zajedničkih senzora
- optimiziranje potrošnje goriva i emisije štetnih plinova
- moguć izbor različitih programa promjene stupnjeva prijenosa ovisno o želji vozača
- jednostavno ostvarivanje različitih sigurnosnih funkcija kao što su blokada ručice mjenjača, sprječavanje previsokog broja okretaja motora [2]

## **5.2.Kontinuirani automatski mjenjači**

Kontinuirani automatski mjenjači omogućavaju prijenos okretnog momenta kroz beskonačan broj prijenosnih omjera i tako mogu iskoristiti punu snagu motora pri bilo kojoj brzini vozila, a vozilo dostiže najveću moguću brzinu.

Ova konstrukcija mjenjača nema prethodno definiranih prijenosnih omjera, tj. stupnjeva prijenosa. Sve se zasniva na dva dvostruka konusa, jednom na ulazu (pogonski konusi), a drugom na izlazu mjenjača (pogonjeni konusi). Promjenom razmaka dvaju konusa mijenja se i opseg po kojem prolazi prijenosni remen (ili prijenosni lanac, ovisno o konstrukciji mjenjača). Tako manji opseg na ulaznom kompletu konusa i veći na izlaznom stvara učinak jednak prijenosu s manjeg na veći zupčanik ručnog mjenjača i može predstavljati neki niži stupanj prijenosa. Ako je opseg na ulaznim konusima veći od opsega na izlaznim dobivamo kombinaciju prijenosa koja odgovara nekom višem stupnju prijenosa, dakle takvom koji prenosi manje okretnog momenta prema diferencijalu i kotačima, ali povećava brzinu vrtnje izlaznog vratila što je pogodno za veće brzine vožnje. Tijekom promjene razmaka konusa na jednoj strani mjenjača uvijek se mijenja i razmak konusa na drugoj strani kako bi prijenosni remen ostao jednako zategnut. Dakako, ako se na jednoj strani razmak smanjuje, na drugoj se istovremeno povećava i obratno. Na slici 17. prikazan je način rada kontinuiranog mjenjača s konusima promjenjivog razmaka i prijenosnim klinastim remenom, lijevo je niži, a desno viši stupanj prijenosa. [22]



Slika 19. Načelo rada kontinuiranog mjenjača [22]

Kontinuirani mjenjači su najčešće izvedeni da nude dva načina rada - potpuno automatski i ručni sa sekvencijalnom izmjenom stupnjeva prijenosa. U potpuno automatskom načinu rada ovakvi mjenjači mijenjaju prijenosne omjere kontinuirano (najčešće kod hibridnih vozila) ili kroz nekoliko predefiniраниh prijenosnih omjera. Pri ručnoj izmjeni, mjenjač prijenosne omjere prebacuje između predefiniраниh vrijednosti.

Kontinuirani mjenjači su idealan za ostvarivanje prijenosa u kojem motor može uvijek raditi u najučinkovitijem rasponu broja okretaja, pri različitim brzinama kretanja vozila. To pridonosi nižoj potrošnji goriva u usporedbi s klasičnim automatskim mjenjačima. Nadalje, kod ovakvih mjenjača izostaju trzaji tipični za promjene stupnjeva prijenosa automatskih mjenjača, a gubici u CVT mjenjaču su manji nego li u klasičnom automatskom što omogućava bolja ubrzanja. [22]

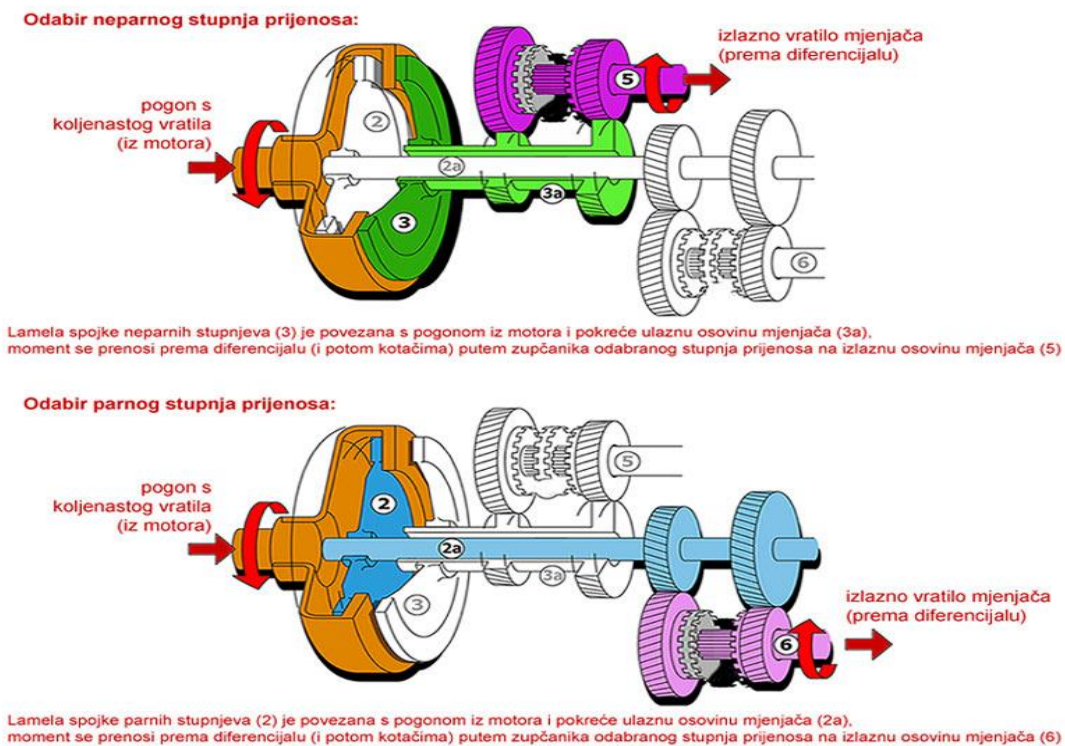
### 5.3.Mjenjači s dvostrukom spojkom

Mjenjač s dvije spojke ili DCT (*Dual Clutch Transmission*) je vrsta poluautomatskog ili automatiziranog ručnog mjenjača koji je opremljen s dvije spojke, od kojih je jedna povezana s parnim zupčanicima, odnosno stupnjevima prijenosa, a druga s neparnim. Obzirom da ima

moćnost potpuno automatskog rada, obično se svrstava pod automatske mjenjače. Mjenjači s dvostrukom spojkom su zapravo dva ručna mjenjača smještena u zajedničkom kućištu koji skupa rade.

Kada je mjenjač, na primjer, u 2. stupnju prijenosa, a vozilo i dalje ubrzava, nadzorno računalo zaključuje da treba pripremiti idući, to jest viši (3.) stupanj prijenosa. U tom se slučaju zupčanik 3. stupnja povezuje s izlaznim vratilom. Pri promjeni stupnja prijenosa, spojka koja je povezana s parnim stupnjevima prijenosa se isključuje (lamela se odvaja čime se prekida prijenos okretnog momenta), a istovremeno se uključuje spojka povezana s neparnim stupnjevima prijenosa. Tako se prijenos momenta nastavlja kroz 3. stupanj, prema izlaznom vratilu mjenjača. [23]

Ovakav način rada donosi dvostruku prednost. Prvo, radi gotovo trenutnog isključivanja jedne i uključivanja druge spojke, gotovo nema prekida prijenosa okretnog momenta kroz mjenjač što omogućava bolja ubrzavanja nakon promjene stupnja prijenosa jer isključivanje i ponovno uključivanje spojke klasičnog mjenjača traje znatno dulje. [23]



Slika 20. Načelo rada EDC mjenjača s dvije spojke (Renault Group) [23]

Prema konstrukcijskoj izvedbi dvostruke spojke se dijele u dvije grupe:

- mokre dvostruke spojke s hidrauličkim aktiviranjem

- suhe dvostruke spojke s elektrohidrauličkim ili elektromehaničkim aktiviranjem [2]

Osnovni dijelovi mokrih dvostrukih spojki su:

- dvije lamelne spojke K1 i K2 u uljnoj kupki. Vanjska spojka K1 sa svojim unutarnjim lamelama spojena je s punim vratilom, dok je unutarnja spojka K2 spojena sa šupljim vratilom
- uključni klipovi za svaku spojku s tlačnim prostorom i prostorom za izjednačenje
- hidraulička opskrbna jedinica

Značajke mokrih dvostrukih spojki su nepotreban sklop za izjednačavanje trošenja obloga, mali ugradbeni prostor, mala tromost, ali određeni gubici snage zbog pokretanja uljne pumpe. [2]

Konstrukciju suhe dvostruke spojke s elektrohidrauličkim aktiviranjem čine:

- dva usporedno postavljena tanjura spojke. K1 je spojena s punim vratilom, a K2 sa šupljim
- jedna gonjena međuploča uležištena na šupljem vratilu mjenjača
- dvije tanjuraste opruge sa SAC kompenzacijom trošenja obloga
- dvije potisne ploče
- dvije potisne vilice s potisnim ležajevima
- dva radna cilindra

Značajke ovakvih spojki jest primjena s motorima s najvećim okretnim momentom do 250 Nm zbog lošeg hlađenja. Uz to potreban je SAC sustav regulacije trošenja. Ovakav sustav ima veliku tromost, ali i manje gubitke snage zbog nedostatka pumpe za stvaranje sile pritiska, te za hlađenje spojke. [2]

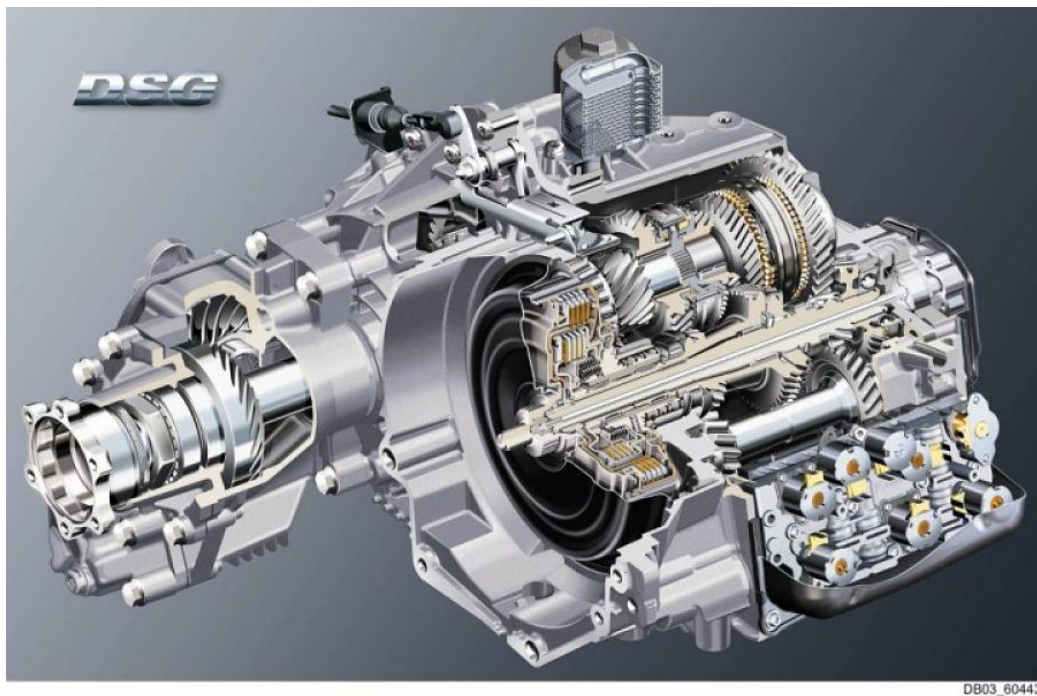
Elektromehaničko aktiviranje spojke čine opruga, potisna vilica, kuglična matica s valjčićem, te elektromotor s vretenom. Značajke takve izvedbe su da je nepotrebna uljna pumpa, a u start - stop sustavu već pri pokretanju motora prazni hod se može smanjiti na minimum. [2]

Jedan od najboljih i sve više prisutan mjenjač s dvostrukom spojkom je Volkswagenov DSG (*Direct Shift Gearbox*) mjenjač koji kombinira jednostavnost konvencionalnog automatskog mjenjača sa snagom ručnog mjenjača. Mjenjač se kontrolira putem takozvanog mehatroničkog modula, koji sadrži elektroničku kontrolnu jedinicu prijenosa, različite senzore i hidrauličnu jedinicu u jednom kompaktnom paketu. Upravljačka jedinica koristi informacije kao što su brzina motora, brzina vožnje, položaj pedale gasa i način vožnje za odabir optimalnog stupnja prijenosa i određivanje idealnog trenutka prebacivanja. Hidraulička upravljačka jedinica zatim



provodi naredbe za promjenu stupnja prijenosa u složenom slijedu pojedinačnih, precizno koordiniranih postupaka. Modul mehatronike može izvesti složene operacije promjene stupnja prijenosa u djeliću sekunde. Sastoji se od upravljačke jedinice i sklopa upravljačkog ventila zajedno s pojedinačnim sensorima i aktuatorima. Upravljačka jedinica mjenjača je u stalnoj vezi s kontrolnom jedinicom motora. Ta razmjena parametara određuje idealnu točku za promjenu stupnja prijenosa, što znači da motor uvijek troši onoliko goriva koliko je potrebno u tom trenutku. DSG ima dva načina vožnje: Normal i Sport. U sportskom modu, DSG kasnije prebacuje u viši stupanj i, ako je potrebno, može ranije prebacivati u niži stupanj. Promjene stupnja prijenosa također se mogu izvršiti ručno. Čitav postupak može se učiniti još više sportski pomoću prekidača na upravljaču. Spojka se uvijek automatski aktivira.

DSG iz Volkswagena omogućuje brzo i glatko mijenjanje brzina s lakoćom automatskog mjenjača. Potrošnja goriva automobila s DSG-om ponekad je niža od modela s ručnim mjenjačem (ovisno o načinu vožnje). [24]



Slika 21. DSG mjenjač [25]

## 5.4. Usporedba različitih vrsta mjenjača i njihovog utjecaja na značajke vozila

Tržište Sjedinjenih Američkih Država je oduvijek bilo sklonije automatskim mjenjačima u cestovnim motornim vozilima. Prema jednom istraživanju čak 97% novoregistriranih automobila opremljeno nekom vrstom automatskog mjenjača. Suprotno tome, na europskom tržištu su ručni mjenjači uvijek bili mnogo zastupljeniji, ali posljednjih godina bilježi se rast prodaje automobila s automatskim mjenjačima. Procjenjuje se da je još uvijek oko 80% automobila u Europi opremljeno s ručnim mjenjačem. Rezultati Auto Expressa u Velikoj Britaniji pokazuju kako je tamo 2012. godine registrirano 506720 automobila s automatskim mjenjačem, dok je 2017. godine ta brojka narasla na čak 1016516 primjeraka. U ukupnoj prodaji na tržištu Velike Britanije brojke izgledaju ovako: 2012. godine 24,7 posto novih automobila imalo je automatski mjenjač, dok se 2017. godine taj postotak penje na čak 37,7 posto. [26]

Klasični automatski mjenjači s pretvaračem okretnog momenta su znatno napredovali od pojave DSG-a jer su proizvođači morali reagirati i pružiti alternativu automaticima s dvostrukom spojkom koji su se pokazali superiornima u gotovo svim poljima. Mazdin 6-stupanjski automatski mjenjač jedan je od najboljih i najnaprednijih klasičnih automatskih mjenjača za motore automobila gradske i kompaktne klase. Ipak, vidljivi su jasni nedostaci u odnosu na ručni mjenjač. Ubrzanje Mazde 3 sa 105 konjskih snaga i dieselskim motorom s automatskim mjenjačem do 100 km/h iznosi 11,6 sekundi što je 0,6 sekundi sporije nego s ručnim mjenjačem. Manja je i maksimalna brzina (181 naprema 185 km/h), a automatski mjenjač loše rezultate postiže i u potrošnji goriva. S ručnim mjenjačem automobil troši 3,8 l/100 km, a s automatikom 4,4 što je čak 16% više. Također, automatski je mjenjač i skuplji. Kod konkretne Mazde ovaj mjenjač stoji čak 16.000 kuna. Ipak u pogledu komfora modernom klasičnom automatiku mjenjaču nema premca u klasi, izmjene su glatke i neprimjetne. Klasični automatski mjenjači ipak imaju mnogo bolji učinak kod snažnijih i većih automobila, a u kompaktnoj klasi se ne mogu mjeriti s DSG-om. Od istaknutijih proizvođača osim Mazde klasične automatike u kompaktnoj klasi koriste Opel i Peugeot. [27]

Od kada se pojavio DSG mjenjač postao je mjerilo vrhunskog automatskog mjenjača, pogotovo u nižim klasama (kompaktna i gradska) u kojima je pokrenuo pravu automatik revoluciju. Naime, u ovim klasama automatski mjenjači su bili prava rijetkost, a od pojave DSG-a ima ih sve više. DSG je u većini karakteristika nadmoćan klasičnom automatskom mjenjaču što je vidljivo i po podacima aktualnog VW Golfa koji je s DSG mjenjačem nadmoćan modelu s ručnim mjenjačem. Golf s DSG-om i sedam brzina ima identičnu maksimalnu brzinu i ubrzanje kao i model s ručnim mjenjačem (198 km/h, 10,2 sekunde do 100 km/h), a u pogledu potrošnje čak i štedi 5% u odnosu na ručni mjenjač (3,9 naprema 4,1 l/100 km).

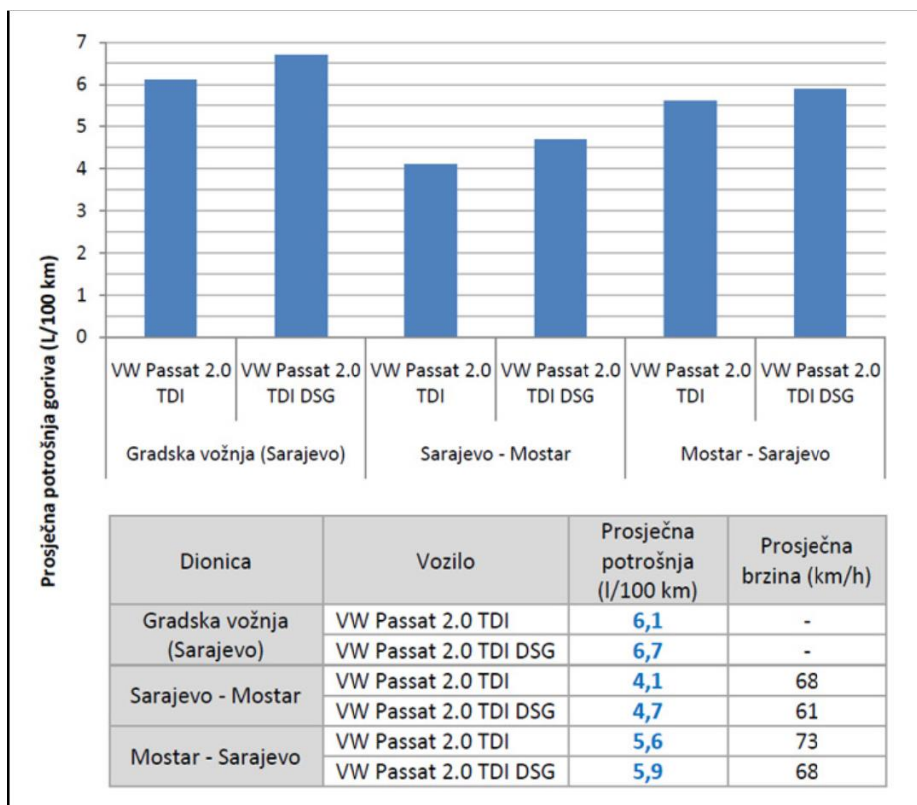
Ipak u pogledu komfora DSG nije najidealnije rješenje, pogotovo kada se radi o agresivnijoj vožnji i prebacivanju iz višeg u niži stupanj prijenosa. Trzaji su izraženiji nego kod klasičnog automatskog mjenjača, ne samo zbog toga što DSG-u nedostaje uglađenosti već i zbog toga što mijenja mnogo brže i agresivnije od klasičnog automatskog mjenjača. Ipak, radi se o još uvijek vrlo komfornom mjenjaču. U pogledu cijene DSG stoji loše kao i klasični automatici. Na Golfu on stoji gotovo 15.000 kuna. Mjenjače s dvostrukom spojkom u ovim klasama vozila nude brojni proizvođači a ponajbolje imaju Hyundai, Kia i Renault. [27]

Iako je robotizirani mjenjač *Easytronic* po konstrukciji više ručni mjenjač nego automatski, radi u potpunosti automatski stoga s pravom spada u usporedbu. Radi se o robotiziranom ručnom mjenjaču kod kojega funkciju uobičajene papučice spojke preuzima elektrohidraulični sklop, koji umjesto vozača upravlja radom spojke i prebacivanjem stupnjeva prijenosa. Ovakvi mjenjači koriste se kod manjih klasa automobila prvenstveno zato što su osjetno kompaktniji, lakši i jeftiniji od klasičnih automatika i DSG-a. No zato ovakvi mjenjači imaju osjetne minuse u odnosu na klasične automatike kada su u pitanju komfor ili performanse. Primjerice Opel Corsa s benzinskim motorom od 90 konjskih snaga uparen s robotiziranim mjenjačem Easytronic s pet brzina do 100 km/h dolazi za 0,7 sekundi sporije nego verzija s ručnim mjenjačem (13,9 naprema 13,2 sekunde). Maksimalna brzina je identična (175 km/h), dok je kod potrošnje prednost na strani automatika koji troši 4% manje (4,8 litara u odnosu na 5 litara). Trzaji su vrlo izraženi, a izmjene traju dosta dugo, a prilikom agresivnije vožnje dojam je da brzine mijenja neki nevješti vozač početnik. Prilikom umjerenije vožnje ti trzaji su manje izraženi, no još uvijek gori nego kod druge vrste automatika. Prednost ovakvih mjenjača je cijena, na Corsi on stoji svega 3000 kuna. Ovakvi mjenjači česti su i kod modela Peugeotta i Citroena. [27]

Kontinuirani varijabilni mjenjač (CVT) bi u teoriji trebao biti najbolje rješenje jer se mjenjač može najbolje prilagoditi trenutnim potrebama. No u praksi ovo rijetko funkcionira pa CVT mjenjači uglavnom narušavaju performanse i nepovoljno utječu na komfor pogotovo prilikom agresivnije vožnje. No, s druge strane konstrukcijski su jednostavniji i provjereno izdržljiviji od drugih tipova mjenjača pa ih uglavnom Japanski proizvođači i dalje preferiraju. Na primjeru Nissana X-Traila CVT s dieselskim motorom od 130 konjskih snaga se i nije proslavio. Performanse su znatno narušene. Maksimalna brzina je u odnosu na ručni mjenjač manja (180 u odnosu na 188 km/h), a ubrzanje osjetno sporije (11,4 sekunde naprema 10,5 sekundi). I u pogledu potrošnje CVT nije neka prednost jer troši 4% više nego verzija s ručnim mjenjačem (5,1 naprema 4,9 l/100 km). Ni s cijenom koja je 16.000 kuna viša ne briljira, a najbolji nije ni u pogledu komfora. Iako nema nikakvih trzaja smeta glasan i vrlo neprirodan rad motora, pogotovo pri agresivnijoj vožnji. CVT mjenjače koriste svi Toyota Hibridi, ali i Honda. Upravo primjer Civica u kojem CVT radi mnogo bolje i efikasnije pokazuje da i takvi mjenjači mogu biti konkurentni s drugim automaticima, no na Nissanu to nije slučaj. [27]



U slijedećem testu uspoređeni su modeli Volkswagen Passata B7 s ručnim i DSG mjenjačem s 2.0 dizelskim motorom od 140 konjskih snaga. Cijena modela s DSG mjenjačem iznosila je otprilike 17500 kuna više. Iako tvornički podaci navode ubrzanje od 0 do 100 km/h za vrijeme od 9.8 sekundi, model s ručnim mjenjačem je bio brži 0.1 sekundu, što je zanemarivo. Treba uzeti u obzir i veću masu DSG modela od 30 kilograma, te veće kotače (235/45 R17) spram 215/55 R16. Gledano iz vozačke perspektive, znatno snažniji start ima Passat s ručnim mjenjačem, ali je zato izmjena stupnja prijenosa kod DSG mjenjača je neusporedivo brža zbog njegove dvostruke spojke i elektronskog upravljanja sustavom transmisije. Kod ručnog mjenjača ubrzanje mnogo zavisi o vozačevim sposobnostima i istreniranosti izmjene stupnja prijenosa. Tvornički podaci kažu da Passat s ručnim mjenjačem troši 5,6/4,0/4,6 l/100 km (grad, otvorena cesta, kombinirano), a Passat DSG troši u prosjeku 0,5 litara više. Praktičnim testom pokazalo se da modelu s ručnim mjenjačem za kretanje zaista treba manja količina energije, odnosno troši manje goriva u odnosu na model s DSG transmisijom. Posebno se isticalo to da je Passat s ručnim mjenjačem pri vožnji otvorenom cestom trošio manje količine goriva uz veće brzinske prosjeke. [28]



Slika 22. Dijagram potrošnje goriva na testu [28]

## 6. Zaključak

Razvojem tehnologije i sve većom ekološkom osviještenosti proizvođači ulažu velika sredstva i napore u unaprjeđenje cestovnih motornih vozila i svih sustava koji ih sačinjavaju. Veliku ulogu u eksploatacijskim značajkama ima sustav transmisije. Ona utječu na karakteristike ubrzanja, opterećenosti motora, potrošnje goriva u različitim režimima vožnje, te maksimalne brzine vozila. S vozačevog gledišta vrsta transmisije utječe na ugodnost vožnje, koncentraciju vozača na događanje u prometu, te omogućuje nekim osobama s invaliditetom vrlo lako upravljanje vozilom.

Na europskom tržištu su još uvijek u velikoj većini zastupljeni ručni mjenjači zbog svoje dugogodišnje dobre dokazanosti u eksploataciji. Njihova konstrukcija je jednostavna, čineći ih jeftinim za proizvodnju, ugradnju i popravak što kod krajnjeg korisnika iziskuje manja materijalna sredstva. Uz navedeno, ručni mjenjači imaju visok stupanj korisnosti jer prenose gotovo 100% okretnog momenta s motora dalje na transmisiju, te se tako gubi manje energije rezultirajući manjom potrošnjom goriva i jeftinijom eksploatacijom.

Automatski mjenjači su oduvijek zvučali primamljivo, ali donedavno se nisu svojim značajkama mogli nadmetnuti ručnim mjenjačima, osim na američkom tržištu. Razvojem tehnologije posljednjih godina razlike između automatskih i ručnih mjenjača su se drastično smanjile, katkada tako da automatski mjenjači pokazuju bolje karakteristike od ručnih u onim značajkama u kojima su ručni mjenjači uvijek bili dominantni. Vozila opremljena automatskim mjenjačima su bila karakteristična po većoj potrošnji goriva, slabijim ubrzanjima i manjoj krajnjoj brzini, te većoj ukupnoj masi. Prebacivanje stupnjeva prijenosa bilo je sporo i neuglađeno, uz mali broj stupnjeva prijenosa za hod unaprijed. Razvojem poluautomatskih mjenjača nastojalo se kombinirati značajke ručnih i automatskih mjenjača omogućivši vozaču ručno mijenjanje stupnjeva prijenosa bez upotrebe spojke koja je automatski nadzirana, a s time i veću kontrolu nad vozilom. Takvi mjenjači su bili nešto bolji, ali i dalje skupi, kompleksni i često podložni kvarovima. Moderni automatski mjenjači nude do 9 stupnjeva prijenosa za hod unaprijed uz visok komfor vožnje i smanjene gubitke u prijenosu. Promjene stupnjeva su mekane i brže nego ikad, a velik broj stupnjeva prijenosa omogućava sustavu da uvijek bira najpovoljniji stupanj prijenosa obzirom na opterećenje motora, te tako daje najbolju vučnu silu na kotače ili s druge strane nisku potrošnju. Ukupno gledano najbolja vrsta automatskih mjenjača su mjenjači s dvostrukom spojkom jer su uspjeli objediniti najbolje značajke ručnih i automatskih mjenjača. Gubici snage u prijenosu su gotovo jednako mali kao kod ručnih, promjene stupnjeva prijenosa su jako brze, a uglađenost promjene neznatno lošija nego kod klasičnih automatskih mjenjača. Konstrukcija je relativno jednostavna. Mjenjači s kontinuiranim prijenosom su idejno vrlo dobro zamišljeni, ali se u eksploataciji još nisu najbolje pokazali zbog

povećane buke, slabijeg ubrzanja, te veće potrošnje goriva. Automatski mjenjači su sve češća opcija prilikom kupovine vozila radi navedenih poboljšanja, ali i dalje su cjenovno nepovoljniji od ručnih mjenjača, ali je sigurno da su automatski mjenjači budućnost i da će njihova zastupljenost u cestovnim motornim vozilima sve brže rasti.

## Literatura

- [1].Šafran, S., Vlašić, Z., Tehnika motornih vozila, Hrvatska obrtnička komora: Pučko otvoreno učilište Zagreb, 2006. godine
- [2].Ranogajec, D., Voloder, I., Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište Zagreb, 2013. godine
- [3].Zavada, J., Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, 2000. godine
- [4]. <http://www.autonet.hr/tehnika/skola/prijenos-snage-ii/> (pristupljeno 15.8.2018.)
- [5].<http://mehanizacija.ftn.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2015/12/04-OMV-menjac1.pdf> (pristupljeno 15.8.2018.)
- [6]. <http://www.autonet.hr/tehnika/skola/prijenos-snage-i/> (pristupljeno 16.8.2018.)
- [7]. <https://www.prometna-zona.com/hidraulicne-spojke-i-pretvaraci/> (pristupljeno 16.8.2018.)
- [8].<https://www.mecholic.com/2017/06/fluid-coupling-fluid-clutch.html>(pristupljeno 20.8.2018.)
- [9].<https://www.mecholic.com/2016/01/electromagnetic-clutch-working-application-advantages.html> (pristupljeno 20.8.2018.)
- [10]. <https://www.prometna-zona.com/kardansko-vratilo/> (pristupljeno 21.8.2018.)
- [11].<https://hr.wikipedia.org/wiki/Zup%C4%8Danik#/media/File:Gear-kegelzahnrad.svg> (pristupljeno 22.8.2018.)
- [12].[https://autoportal.hr/clanak/dobro\\_je\\_znati\\_diferencijal\\_preciznije\\_diferencijalni\\_prijenos\\_nik\\_](https://autoportal.hr/clanak/dobro_je_znati_diferencijal_preciznije_diferencijalni_prijenos_nik_) (pristupljeno 23.8.2018.)
- [13]. <https://www.prometna-zona.com/osovine/> (pristupljeno 24.8.2018.)
- [14]. <https://www.euroton.hr/avtodeli/pogonsko-vratilo-p-123935.aspx#gallery> (pristupljeno 25.8.2018.)
- [15].[https://www.autoportal.hr/clanak/dobro\\_je\\_znati\\_rucni\\_mjenjac\\_kako\\_funkcionira\\_i\\_ce\\_mu\\_sluzi](https://www.autoportal.hr/clanak/dobro_je_znati_rucni_mjenjac_kako_funkcionira_i_ce_mu_sluzi) (pristupljeno 25.8.2018.)
- [16]. Cestovna prijevozna sredstva, autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti

- [17].<https://www.carthrottle.com/post/engineering-explained-4-reasons-why-transmissions-with-loads-of-gears-are-a-good-idea/> (pristupljeno 27.8.2018.)
- [18].<https://www.carthrottle.com/post/engineering-explained-how-manual-transmissions-work-and-why-theyre-better/> (pristupljeno 28.8.2018.)
- [19].<http://ciak-auto.hr/novosti/automatizirani-rucni-mjenjac-inteligentno-mijenjanje-brzina/> (pristupljeno 28.8.2018.)
- [20].<https://www.autotrader.com/car-info/definitions-automated-manual-transmission-214430> (pristupljeno 29.8.2018.)
- [21].<https://www.mistertransmission.com/a-brief-history-of-the-automatic-transmission/> (pristupljeno 29.8.2018.)
- [22].<http://www.autonet.hr/tehnika/skola/prijenos-snage-iii/> (pristupljeno 29.8.2018.)
- [23]. <http://www.autonet.hr/tehnika/skola/prijenos-snage-iv/> (pristupljeno 30.8.2018.)
- [24]. <https://www.volkswagen.com.sg/technology/dsg> (pristupljeno 1.9.2018.)
- [25].<https://autoportal.hr/clanak/dsg-u-passatu-2-0-tdi-vec-pri-65-km-h-i-samo-1200-min-%C5%A1alta-%C5%A1estu> (pristupljeno 1.9.2018.)
- [26]. <https://www.jutarnji.hr/autoklub/aktualno/saltanje-sve-nepozeljnije-rucni-mjenjaci-polako-idu-u-povijest-a-to-je-samo-jos-jedna-od-stepenica-prema-potpuno-autonomnim-automobilima/7742556/> (pristupljeno 1.9.8.2018.)
- [27.] <http://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/test/automatski-vs-rucni-mjenjaci-9295> (pristupljeno 1.9.8.2018.)
- [28]. <http://www.carlander.ba/testovi/uporedni-test-passat-b7-vs-passat-dsg/> (pristupljeno 5.9.2018.)

## Popis slika

Slika 1. Konstrukcija cestovnog motornog vozila

Slika 2. Transmisijski sustav vozila s pogonom na stražnje kotače

Slika 3. Dijelovi tarne spojke

Slika 4. Hidrodinamička spojka

Slika 5. Elektromagnetska spojka

Slika 6. Ručni mjenjač s 4 stupnja prijenosa

Slika 7. Kardansko vratilo

Slika 8. Glavni prijenosnik

Slika 9. Diferencijal

Slika 10. Pogonsko vratilo

Slika 11. Vučna značajka vozila sa 6 stupnjeva prijenosa u usporedbi s idealnom vučnom značajkom

Slika 12. Postavke zupčanika ovisno o odabranom stupnju prijenosa

Slika 13. Sinkron

Slika 14. Shematski dijagram elektromehaničkog-sklopa prijenosa

Slika 15. Automatski mjenjač sa 7 stupnjeva prijenosa

Slika 16. Hidrodinamički pretvarač okretnog momenta

Slika 17. Planetarni prijenosnik

Slika 18. Shematski prikaz elektrohidrauličkog upravljanja mjenjačem

Slika 19. Načelo rada kontinuiranog mjenjača

Slika 20. Načelo rada EDC mjenjača s dvije spojke (Renault Group)

Slika 21. DSG mjenjač

Slika 22. Dijagram potrošnje goriva na testu



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

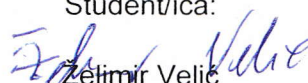
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ završnog rada

pod naslovom **Utjecaj automatskih mjenjača na eksploatacijske značajke cestovnih motornih vozila**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 6.9.2018

Student/ica:



Zelimir Velić

(potpis)