

# Prijenos snage od motora do pogonskih kotača

---

**Maleš, Katarina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic of Šibenik / Veleučilište u Šibeniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:143:696539>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-26**

*Repository / Repozitorij:*

[VUS REPOSITORY - Repozitorij završnih radova  
Veleučilišta u Šibeniku](#)



**VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU**  
**PROMETNI ODJEL**  
**PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PROMETA**

**Katarina Maleš**

**PRIJENOS SNAGE OD MOTORA DO POGONSKIH**  
**KOTAČA**

**Završni rad**

**Šibenik, 2018**

**VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU**  
**PROMETNI ODJEL**  
**PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJU PROMETA**

**PRIJENOS SNAGE OD MOTORA DO POGONSKIH  
KOTAČA**

**Završni rad**

**Kolegij:** Sredstva i eksploatacija sredstava cestovnog prometa

**Mentor:** prof.dr.sc. Ivan Mavrin

**Student/ica:** Katarina Maleš

**Matični broj studenta:** 1219047999

**Šibenik, rujan 2018.**

## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. VRSTE POGONA.....	2
2.1 Stražnji pogon.....	2
2.2 Prednji pogon.....	6
2.3 Pogon na sve kotače.....	8
3. SPOJKE (izvedba i vrsta).....	10
3.1 Tarna spojka.....	10
3.2 Hidrodinamička spojka.....	17
3.3 Elektromagnetska spojka.....	20
4. MJENJAČ (izvedba i vrsta).....	21
4.1 Mehanički stupnjeviti mjenjač s ručnim upravljanjem...22	
4.2 Djelomično automatizirani stupnjeviti mjenjač.....23	
4.3 Potpuno automatizirani stupnjeviti mjenjač.....25	
5. DIFERENCIJAL (izvedba).....	26
5.1 Diferencijal sa stožnicama.....	27
5.2 Diferencijali s blokadom.....	28
5.2.1 Uključeni diferencijal.....	30
5.2.2 Samokočni diferencijali.....	30
6. OSTALI ELEMNTI TRANSMISIJE .....	32
6.1 Kardanski prijenos.....	33
6.2 Poluosovine.....	34
7. ZAKLJUČAK.....	35
8. LITERATURA.....	

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Veleučilište u Šibeniku

Završni rad

Odjel Promet

Preddiplomski stručni studij Promet

### **PRIJENOS SNAGE OD MOTORA DO POGONSKIH KOTAČA**

KATARINA MALEŠ

Vidici, Ive Družića 5, 22000 Šibenik, [katarinamales14@gmail.com](mailto:katarinamales14@gmail.com)

U završnom radu se opisuje na koji način se prenosi snaga od motora do pogonskih kotača, što sve potrebno za vožnju kao i funkcioniranje vozila i motora. Detaljno se obrađuju elementi same transmisije njezina zadaća te vrste pogona kod motornih vozila.

(stranice 36/ slike 25/ literaturnih navoda 4 / jezik izvornika: hrvatski)

**Rad je pohranjen u:** Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

**Ključne riječi:** Spojka, mjenjač, diferencijal

**Mentor:** prof.dr.sc. Ivan Mavrin

**Rad je prihvaćen za obranu:** Da

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Polytechnic of Šibenik

Final paper

Department of Traffic

Professional Undergraduate Studies of Traffic

KATARINA MALEŠ

Vidici,Ive Družića 5,22000 Šibenik, [katarinamales14@gmail.com](mailto:katarinamales14@gmail.com)

The final work describes how power is transmitted from engine to drive wheel, all necessary for driving as well as the functioning of the vehicle and the engine. The elements of transmission of its task and the type of drive in motor vehicles are discussed separately.

(pages 36/ figures 25 / references 4 / original in croatian language)

**Paper deposited in:** Library of Polytechnic of Šibenik

**Keywords:** Coupling, transmission, differential

**Supervisor:** prof.dr.sc. Ivan Mavrin

**Paper accepted:** Yes

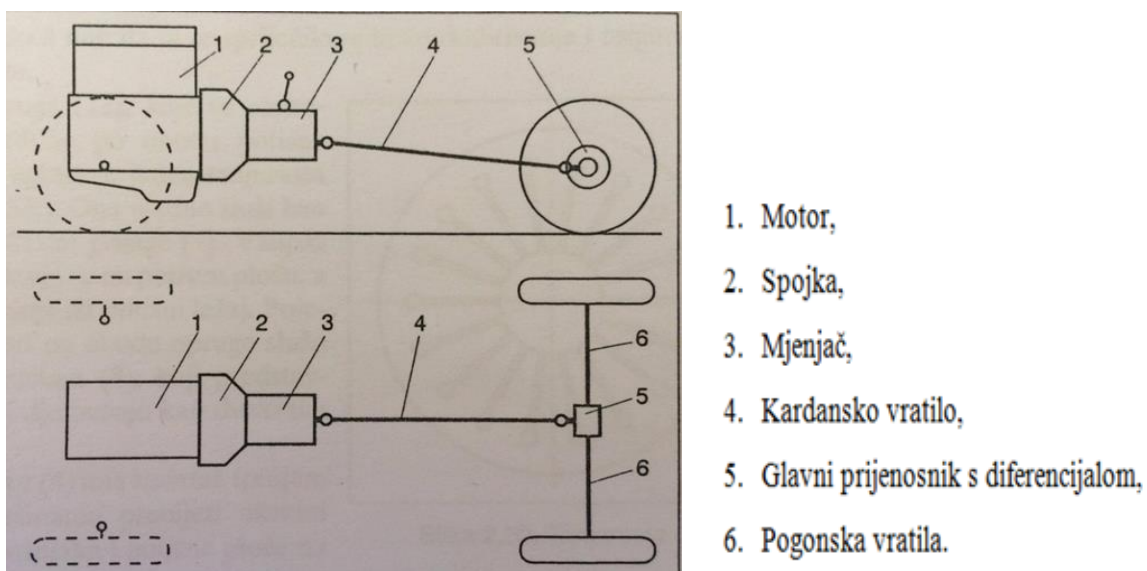
## 1.UVOD

Tema ovog završnog rada je prijenos snage od motora do pogonskih kotača odnosno transmisija motornog vozila. Na početku moramo objasniti na koji način se prenosi snaga s motora na pogonske kotače, kakve sve vrste pogona imamo, također ćemo objasniti samu transmisiju motornog vozila. U radu ćemo govoriti o općim podacima prijenosa snage. Objasniti zadaću transmisije i opisati njezine elemente.

Kod cestovnih vozila snaga motora može se raspodijeliti na tri načina to je prijenos snage motora na sva četiri kotača, pogon na prednje i pogon na stražnje kotače, o tome će biti govora u nastavku rada.

Transmisija motornog vozila ima zadatak prenijeti okretni moment motora na pogonske kotače i transformirati ga po veličini i smjeru djelovanja. Transformacija okretnog momenta po veličini treba se uskladiti u osnovici o brzini vožnje i otporima kretanja, a po smjeru ovisno o smjeru vožnje naprijed ili nazad. Izvedba transmisije može se znatno razlikovati ovisno koji su kotači pogonski gdje i kako je motor smješten te o ugradnji pomoćnih uređaja i strojeva. U osnovi transmisija se sastoji od spojke, mjenjača, glavnog prijenosnika, diferencijala i vratila pogonskih kotača.

Slika 1. Prinsipijelna shema transmisije



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

## 2.VRSTE POGONA

<sup>1</sup>„U ovisnosti o tome kako se snaga motora raspodjeljuje do kotača,kod cestovnih vozila razlikujemo :

- stražnji pogon (Rear wheel drive)
- prednji pogon (Front wheel drive)
- pogon na sva kotače (all wheel drive)

### 2.1 Stražnji pogon

Motor smješten naprijed najčešće je ugrađen na ili neposredno iza prednje osovine, rijetko ispred nje. Snaga s motora vodi se kardanskim vratilom do diferencijala na stražnjoj osovini. Na taj način ostvarena povoljnija raspodjela težine na osovinama. Zbog kardanskog vratila tunnel u podu putničkog prostora oduzima korisni prostor i smeta putnicima.

*Transaxle* je osobitost stražnjeg pogona : motor je smješten naprijed , a mjenjač i diferencijal na stražnjoj osovini. Vozilo se zbog ravnomjerne raspodjele težina na prednju i stražnju osovину (50:50%) u zavojima ponaša neutralno.

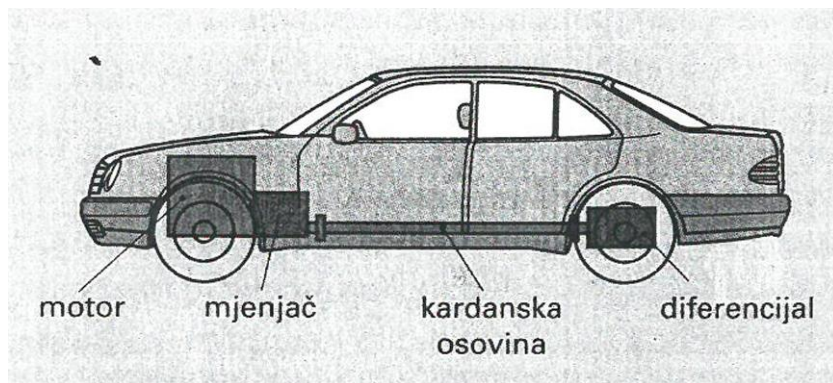
Motor može biti postavljen i na stražnjem dijelu vozila (Rear engine drive) iznad ili iza stražnje osovine .Ugradnjom bokser-motora ne gubi se puno korisnog prostora . Nedostaci (ograničen prostor za prtljagu ,problematičan smještaj spremnika goriva, osjetljivost na bočne udare vjetra, sklonost zanošenju vozila-preveliki zaokret) ograničavaju ugradnju motora na stražnjem dijelu vozila.“

---

<sup>1</sup> Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

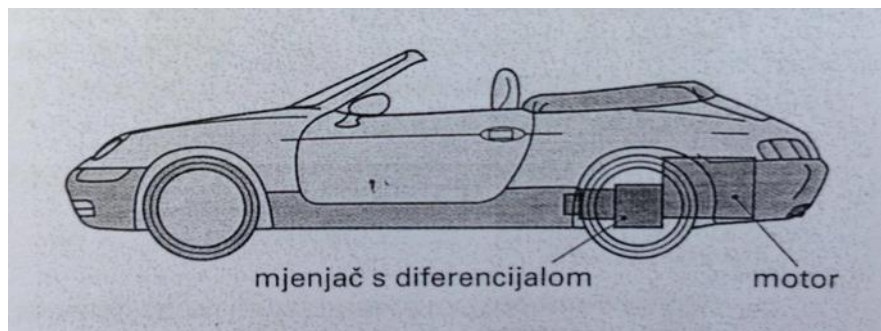


Slika 2. Transmisija vozila , stražnji pogon



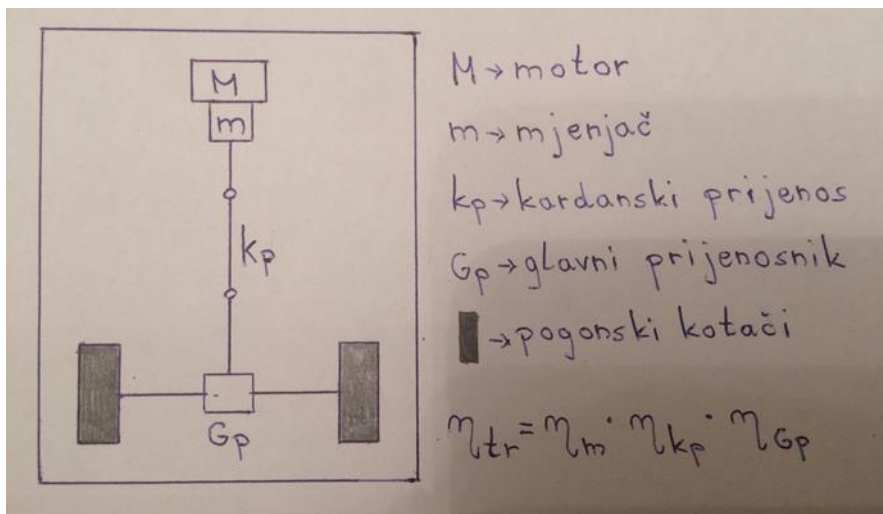
Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Slika 3. Stražnji pogon , motor straga



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

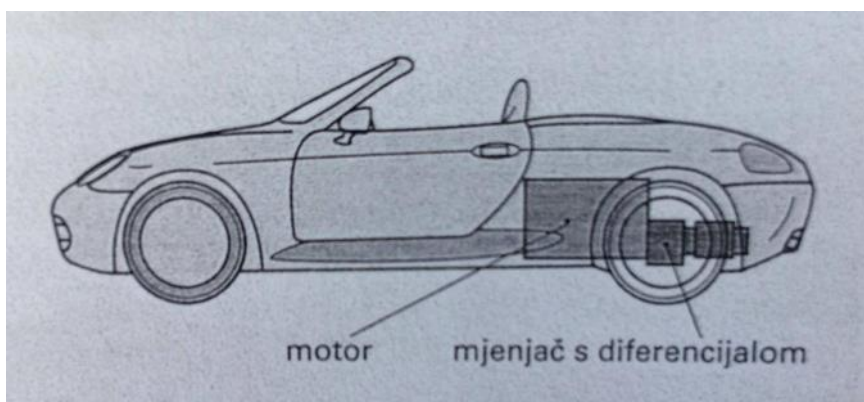
Slika 4. Skica pogona na stražnje kotače



Izvor: Predavanje prof.dr.sc. Ivan Mavrin

Središnje smješten motor primjenjuje se za trkaća i sportska vozila. Motor se nalazi ispred stražnje osovine s povoljnijom raspodjelom težine na obje osovine, a zbog težišta vozilo se ponaša neutralno. Nedostaci su teško dostupan motor i ograničen broj sjedećih mjesta zbog toga što stražnje klupe nema ili je simbolična.

Slika 5. Središnje smješten motor



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006

Motori smješteni ispod poda su pogodni za autobuse i teretna vozila. Motor je postavljen približno sredini vozila te što bliže podlozi, pridonosi povoljnijem položaju težišta vozila i ravnomjernom opterećenju osovina. Prednost je dobra iskorištenost prostora kao i dostupnost motora s donje strane vozila.

Slika 6. Motor ispod poda

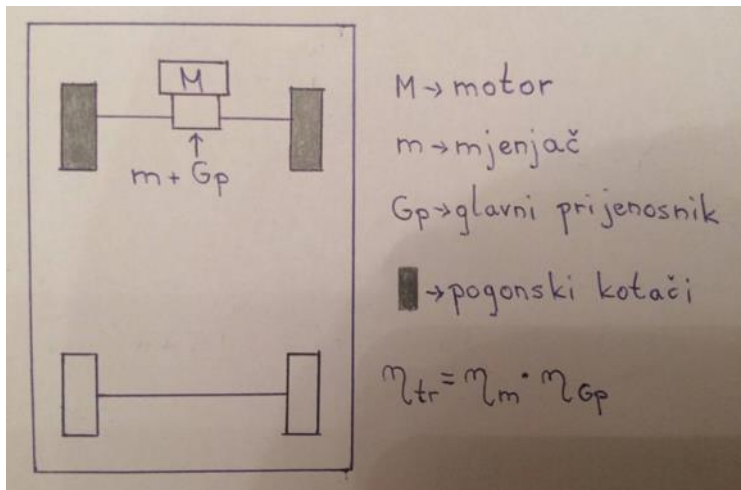


Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006

## 2.2 Prednji pogon

Motor je u prednjem dijelu vozila i može biti ispred, na osovini te iza nje. Motor , spojka , mjenjač te diferencijal čine jedan blok .

Slika 7. Skica pogona na prednje kotače



Izvor: Predavanje prof.dr.sc. Ivan Mavrin

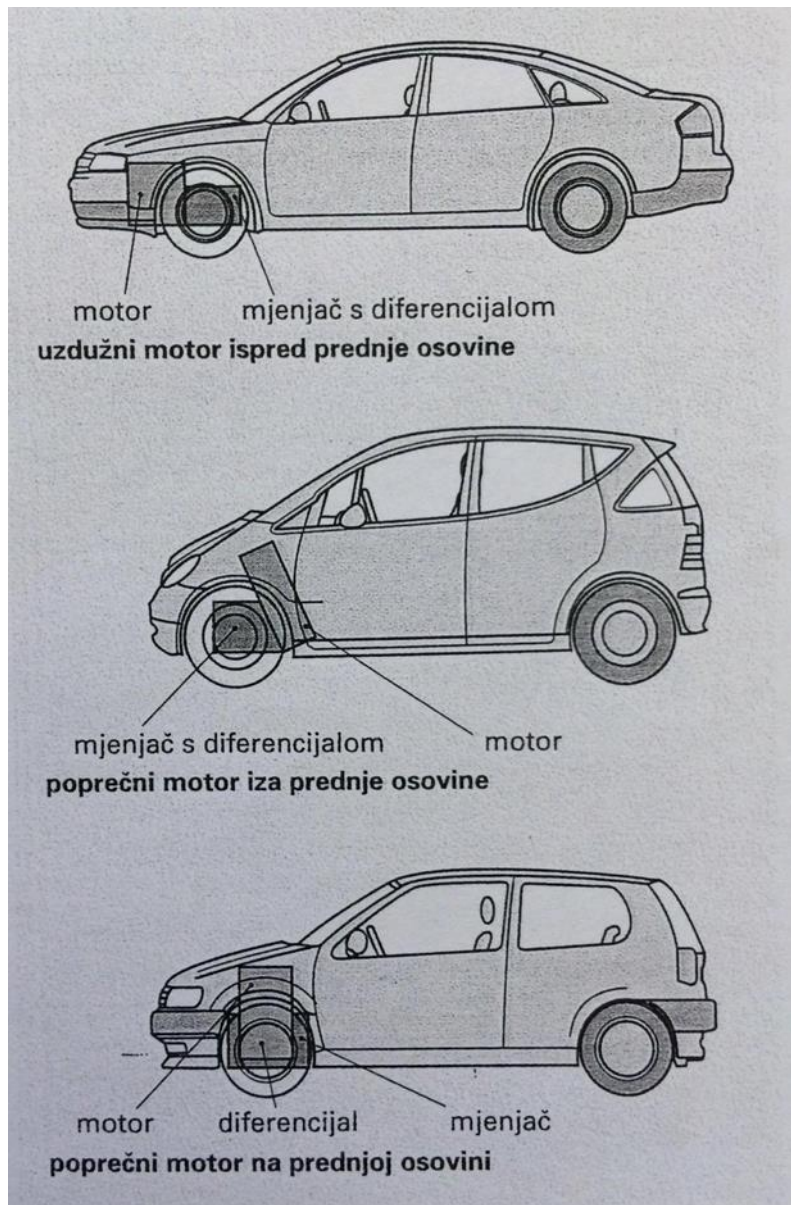
Prednosti ovakve konstrukcije :

- manja težina vozila,
- kraći put prijenosa sile do kotača (manji gubitci),
- nema tunela u putničkom prostoru
- veliki prtljažnik,
- kod poprečno ugrađenih motora jednostavan zagonski prijenosnik ,manji prebačaj mase na prednju osovini ,veliki slobodni prostor za noge na prednjim sjedištima,
- vozilo je stabilno jer pogonske sile vuku (ne guraju vozilo kao kod stražnjeg pogona).

Nedostaci su:

- nepovoljna raspodjela težine : veće opterećenje prednje osovine,
- sklonost zanošenju vozila (premalen zaokret)
- veće trošenje pneumatika prednje osovine.

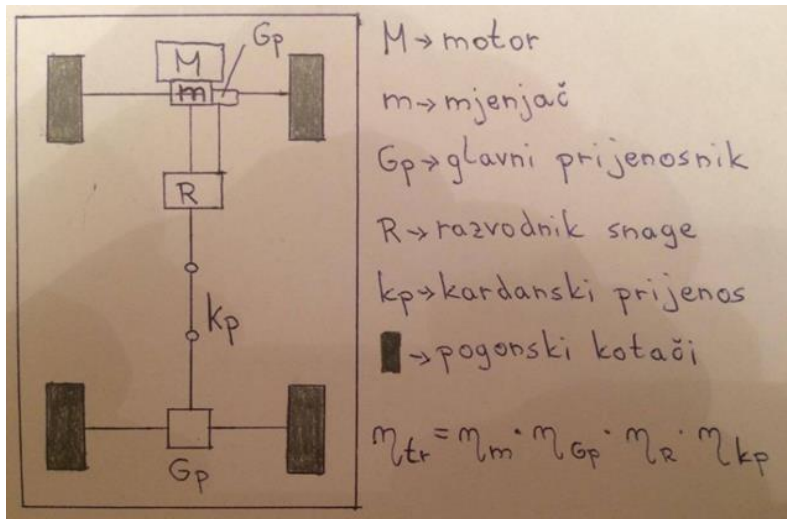
Slika 8. Prednji pogon



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006

## 2.3 Pogon na sve kotače

Slika 9. . Skica pogona na sva četiri kotača



Izvor: Predavanje prof.dr.sc. Ivan Mavrin

Razlikujemo:

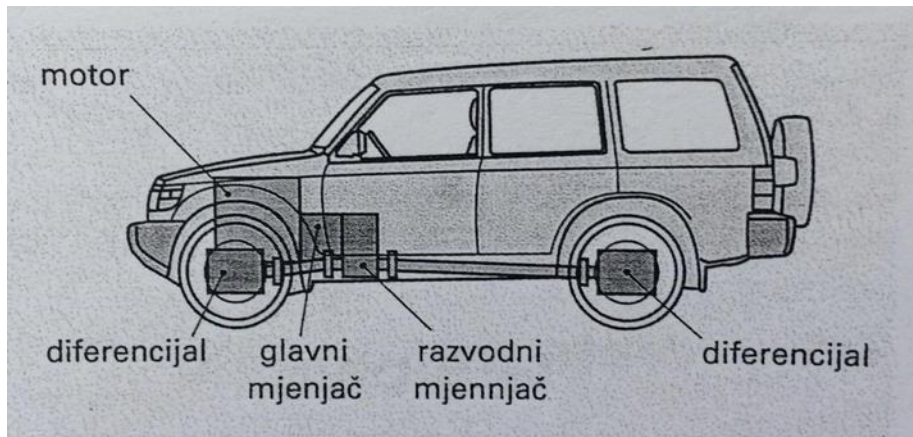
- permanentni ili stalni pogon,
- povremeni pogon na sve kotače.

Kod permanentnog pogona obje se osovine stalno pogone. Kod osobnih vozila diferencijal stražnje osovine pogoni se kardanom iz razvodnog mjenjačkog prijenosnika. Središnji diferencijal izjednačava razliku broja okretaja prednje i stražnje osovine, sprječavajući naprezanja i trošenje dijelova mjenjača i kotača.

Kod povremenog pogona iz razvodnog mjenjačkog prijenosnika, pričvršćenog na glavni mjenjač, ide po jedno kardansko vratilo na stražnju te prednji diferencijal. U pravilu je pogon stražnje osovine permanentan, dok se prednji pogon uključuje po potrebi. Diferencijal mogu biti opremljeni blokadom. U slučaju kvara na središnjem diferencijalu ne smije se voziti s pogonom na sve kotače. Glavčine sa spojkama slobodnog hoda na prednjim kotačima sprječavaju okretanje poluosovina i kardana pri isključenom pogonu prednjih osovine.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Slika10. Terensko vozilo s pogonom 4WD



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006

### **3. SPOJKE (Izvedba i vrsta)**

Spojka mora omogućiti odvajanje motora od ostalog dijela transmisije i njihovo postupno spajanje. Odvajanje je potrebno u slučajevima promjene stupnjeva prijenosa u mjenjaču , pri zatvaranju vozila da se izbjegne zaustavljanje motora , ako je mjenjač u određenom stupnju prijenosa i pri pokretanju motora da se smanji otpori iz mjenjača.

Postupno spajanje motora s ostalim dijelom transmisije potrebno je da se izbjegnu povećana dinamička opterećenja i da se omogući pokretanje vozila iz stanja mirovanja do brzine kada motor može prihvatiti opterećenje .

Spojka je uključena kada se povezuje motor sa ostalim djelom transmisije , čime je osiguran prijenos okretnog momenta , a isključena kada je odvojen motor od ostalog dijela transmisije i prekinut prijenos okretnog momenta.

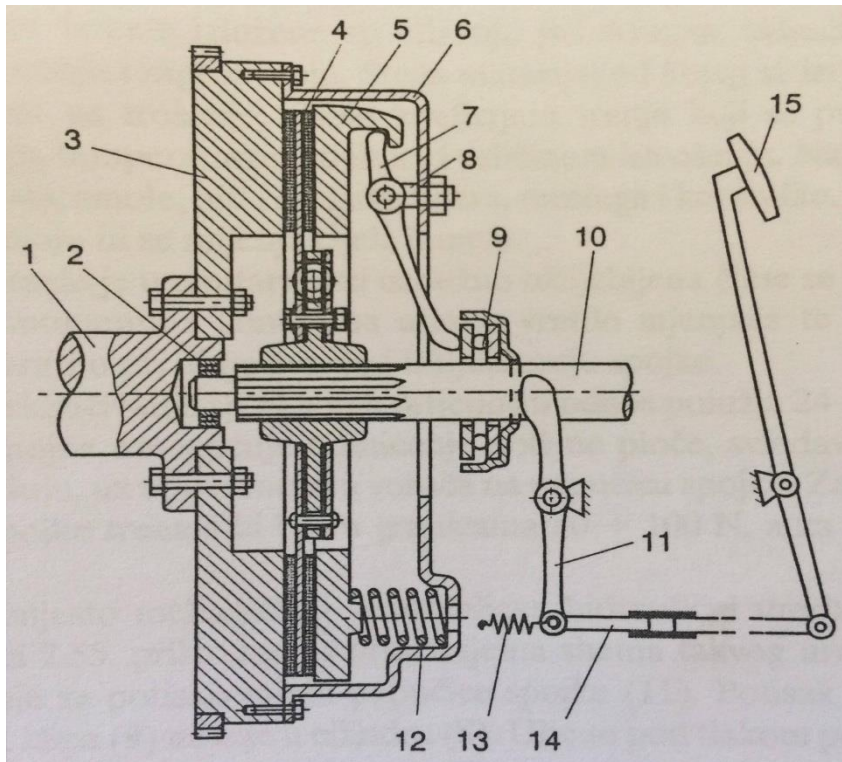
Spojka može biti izvedena kao tarne , hidrodinamička i elektromagnetska . Uređaj za isključivanje i uključivanje spojke može biti mehanički , hidraulički , električni , kombinirani , sa servouređajem i automatski.

#### **3.1 Tarne spojke**

Tarne spojke prenose okretni moment motora trenjem klizanja između pogonskog i gornjeg dijela. Pogonski dio spojke na motornim vozilima je zamašnjak , a gornji dio uzdužno je pomičan i montiran na vratilu spojke . Najčešće se izvode spojke s jednom lamelom , a mogu biti izvedene i sa više njih.



Slika 11. Tarna spojka s jednom lamelom



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006

Elementi označeni na slici .:

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1. Koljenasto vratilo motora,             | 9. Potisni ležaj,               |
| 2. Ležaj,                                 | 10. Ulazno vratilo mjenjača,    |
| 3. Zamašnjak,                             | 11. Donji kraj dvokrake poluge, |
| 4. Lamela,                                | 12. Opruge,                     |
| 5. Potisna ploča,                         | 13. Opruga,                     |
| 6. Poklopac,                              | 14. Spona,                      |
| 7. Dvokrake poluge,                       | 15. Papučica spojke.            |
| 8. Kružni otvori za učvršćivanje vijcima, |                                 |

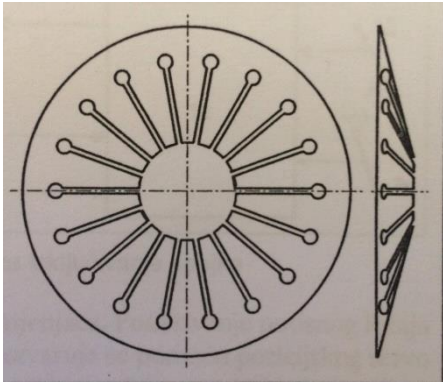
Na slici 11. je prikazana je jedna izvedba tarne spojke s jednom lamelom .Kada je spojka uključena okretni moment se prenosi s koljenastog vratila motora zamašnjaka, poklopca i potisne ploče preko lamele na ulazno vratilo mjenjača. Pritom se okretni moment prenosi trenjem na tarnim površinama između zamašnjaka ,lamele i potisne ploče. U uključenom stanju nema klizanja na tarnim dodirnim površinama jer je moment sila trenja veći od okretnog momenta koji se prenosi s motora prema mjenjaču. Potrebnu normalnu silu za stvaranje trenja osiguravaju opruge smještene po obodu spojke.

Isključivanje spojke ostvaruje se potiskivanjem papučice. Drugi kraj papučice povlači sponu ,a ona povlači donji kraj dvokrake poluge. Ona drugim krajem potiskuje potisni ležaj. Potisak se prenosi na dvokrake poluge , koje svojim drugim krajem povlače potisnu ploču svladavajući silu opruga. Odmicanjem potisne ploče od lamele iščezava trenje na tarnim površinama čine se slobodno se okreće u odnosu na koljenasto vratilo motora u ležanju. Uzdužno ožljebljeni dio ulaznog vratila mjenjača i glavčine lamele omogućuje da se lamela može pomicati uzduž vratila pri isključivanju i uključivanju spojke.

Spojka se uključuje opuštanjem papučice , odnosno suprotnim pomicanjem mehanizma za isključivanje. Pritom treba papučicu postupno otpuštati da se osigura postupno uključivanje spojke. Opruge potiskuju potisnu ploču na lamelu i zamašnjak. Nakon potpunog otpuštanja papučice spojka je uključena. Prazni hod papučice spojke podešava se navojnim uređajem na uzdužnoj sponi. Vraćanje papučice spojke u početni položaj osigurava opruga. U uključenom stanju spojke između dvokrakih poluga i potisnog ležaja mora biti zazor 2 do 3mm da bi se spriječilo njihovo dodirivanje i osiguralo potpuno uključivanje spojke.

Umjesto opruga , koje su ravnomjerno raspoređene po obodu potisne ploče, često se ugrađuje jedna tanjurasta opruga. Ona ujedno služi kao zamjena na dvokrake poluge. Vanjski obod opruge oslanja se na potisnu ploču , a unutarnji se oslanja na potisni ležaj. Pojedini kružni otvori po obodu opruge služe za učvršćenje vijcima , koji predstavljaju oslonac pri djelovanju kao dvokraka poluga.

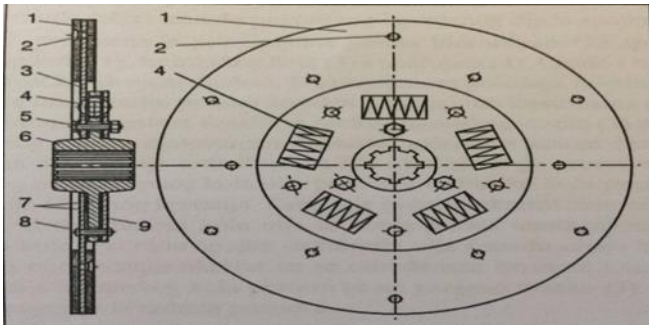
Slika12 . Tanjurasta opruga



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Lamela spojke ima zadatak trenjem na tarnim površinama prenijeti okretni moment sa zamašnjaka i potisne ploče na ulazno vratilo mjenjača.

Slika13 . Lamela spojke



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

1. Tarne obloge ,
2. Zakovice,
3. Ploča,
4. Opruge,
5. Vijci,
6. Glavčina
7. Klizne ploče,
8. Zakovice,
9. Ploče ,

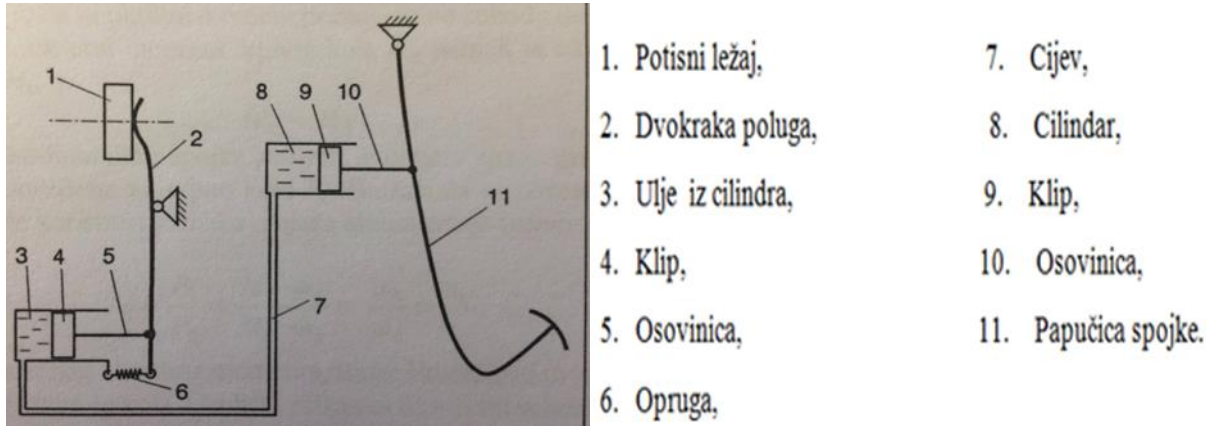
Na slici 13. prikazana je jedna izvedba lamele spojke. Tarne obloge učvršćene su zakovicama ili lijepljenjem na ploču, koja je s glavčinom i pločom spojena vijcima, odnosno zakovicama. Ploča ima valovitu izvedbu, ili se umeće valovita opruga na dijelu koji između tranih obloga. Time se ostvaruje aksijalna elastičnost lamele, odnosno mekše uključivanje spojke. Za postizanje torzijske elastičnosti lamele postavljene su opruge između glavnične i ploče. Da bi se omogućilo relativno torzijsko zakretanje glavnične u odnosu na ploče između njih su postavljene klizne ploče. Tarne obloge lamele izložene su klizanju pri svakom uključivanju spojke, pa prema tome trošenju i zagrijavanju. Stoga materijal od kojeg se izrađuju mora imati visoku otpornost na trošenje, visoki koeficijent trenja koji se puno ne mijenja s brzinom klizanja, temperaturnom, tlakom i veličinom istrošenja. Najčešće se izrađuju od smjese azbesta smole, niti i opiljaka bakra, mesinga i keramike. Nakon istošenja obloge se mijenjaju ili se mijenja cijela lamela.

Glavnična lamela je u unutarnjosti uzdužno ožlijebljena čime se omogućuje prijenos okretnog momenta s lamele na ulazno vratilo mjenjača te njezino uzdužno pomicanje po vratilu pri uključivanju i isključivanju spojke.

Uređaj za isključivanje spojke ima prijenosni odnos polužja 24/25. Time se pri isključivanju spojke omogućuje odmicanje potisne ploče, svladavajući sile oprug koje na nju djeluju, uz umjerenu silu vozača na papučicu spojke. Za manja vozila sila na papučicu spojke trebala biti u granicama 80/100N, a za veća i teža vozila 100/150N.

Često se umjesto mehaničkog upotrebljava hidraulični uređaj za isključivanje spojke. Na slici 14. prikazana je principijelna shema takvog uređaja. Isključivanje spojke ostvaruje se potiskivanjem papučice spojke. Potisak se prenosi preko osnovinice, klipa na uljee u cilindru. Ulje se pod tlakom potiskuje kroz cijev u cilindar gdje djeluje na klip. Sila se nadalje prenosi preko osnovinice na dvokraku polugu te potisni ležaj. Pri uključivanju spojke i nakon otpuštanja papučice spojke opruga vraća dvokraku polugu u početni položaj. Pritom se ulje iz cilindra vraća u cilindar.

Slika14 . Hidraulični uređaj za isključivanje spojke

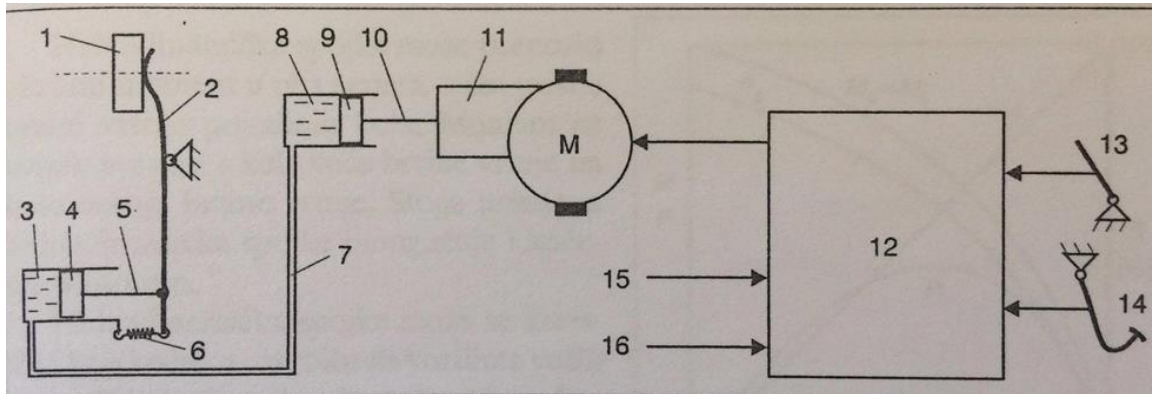


Izvor: Zavada, J. : Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2000.

Da bi se na većim i težim vozilima olakšao rad vozača , odnosno smanjila potreba sila potiskivanja papučice spojke , ugrađuje se servouređaj u mehanizam za isključivanje spojke. On može biti izveden kao opružni , vakuumski ili pneumatski.

Automatski uređaj za isključivanje spojke omogućuje automatsko pokretanje s kontroliranim uključivanjem spojke bez naglih trzaja i proklizavanja kotača , isključivanje spojke pri kočenju te u kombinaciji sa servo uključivanjem mjenjača primjenu potpuno automatiziranog mjenjača. Potiskivanje potisnog ležaja preko hidrodinamičkog sklopa ostvaruje se pomoću pozicijskog servo motora. Njime upravlja upravljački elektronski uređaj na osnovni informacija o položaju i brzini promjene položaja papučice snage položaju i brzini promjene položaja papučice spojke , brzini vrtnje motora i brzini kretanja vozila.

Slika15 . Hidraulični uređaj za isključivanje spojke



Izvor: Zavada, J. : Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2000.

Elementi označeni na slici:

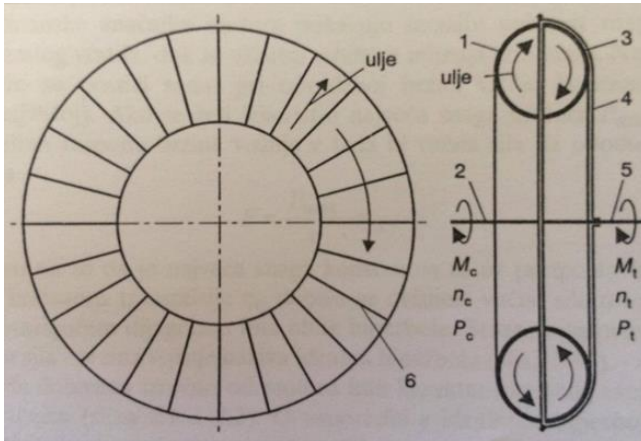
- 1.Potisni ležaj,
- 2-10.Hidrodinamički sklop
- 11.Pozicioni servo motor,
- 13.Brzina promjene položaja papučice snaga,
- 14.Brzina promjene položaja papučice spojke,
- 15. Brzina vrtnje motora,
- 16.Brzina kretanja vozila

Automatik uređaj za isključivanje spojke može biti izveden bez papučice spojke , a u kombinaciji s djelomično automatiziranim mjenjačem. Pritom se u elektronski upravljački uređaj dovode i informacije o odabranom stupnju prijenosa u mjenjaču. Pri svakoj promjeni stupnja prijenosa uređaj automatski isključuje i uključuje spojku.

### 3.2 Hidrodinamička spojka

Hidrodinamička spojka prenosi okretni moment koristeći promjenu količine gibanja radnog fluida (ulja) između pogonskog i gonjenog dijela spojke.

Slika 16 . Shema hidrodinamičke spojke



Izvor: Zavada, J. : Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2000

Element na slici :

- 1.Crpno kolo,
- 2.Pogonsko vratilo,
- 3.Turbinsko kolo,
- 4.Poklopac,
- 5.Gonjeno vratilo,
- 6.Radijalne lopatice .

Na slici16 . prikazana je principijelna shema hidrodinamičke spojke. Ona se sastoji od crpnog kola, turbinskog kola i poklopca. Crpno i turbinsko kolo međusobno su fizički odvojeni dijelovi. U sklopljenom položaju zajedno imaju oblik torusa. Oba kola imaju radni prostor izveden s radijalnim lopaticama i ispunjen uljem. Okretni moment motora dovodi se preko pogonskog vratila na crpno kolo.

Rotacijom crpnog kola, a djelovanjem lopatica, zajedno s kolom okreće se i ulje. Zbog rotacije na ulje djeluje centrifugalna sila i potiskuje ga prema obodu crpnog kola. Iz vanjskog oboda crpnog kola ulje prelazi u turbinsko kolo predajući mu dio kinetičke energije obodnog kretanje. Tako ulje prenosi okretni moment s crpnog na turbinsko kolo. U turbinsko kolo ulje se kreće prema unutarnjem rubu odakle prelazi u crpno kolo. Pri radu spojke cirkulacija ulja između obaju kola je neprestana. Ovisno o opterećenju okretat će se određenom brzinom i turbinsko kolo. Okretni moment s turbinskog kola prenosi se na gonjeno vratilo. Poklopac sprječava istjecanje ulja iz radnog prostora.

Za prijenos okretnog momenta s crpnog na turbinsko kolo mora brzina vrtnje crpnog kola  $n_c$  biti veća od brzine vrtnje turbinskog kola  $n_t$ , jer samo u tom slučaju postoji razlika centrifugalnih sila koje djeluju na ulje u crpnom i turbinskom kolu uzrokujući njegovu cirkulaciju između kola. Relativna razlika brzina vrtnje crpnog i turbinskog kola, izražena u postocima, naziva se klizanje  $s$ , tj.

$$s = \frac{n_c - n_t}{n_c} \cdot 100.$$

S obzirom na to da se okretni moment prenosi samo između dvaju tijela (crpnog i turbinskog kola), okretni moment crpnog kola  $M_c$  jednak je okretnom momentu turbinskog kola  $M_t$ , tj.

$$M_c = M_t.$$

Korisnost hidrodinamičke spojke jednaka je omjeru snage predane turbinskom kolu  $P_t$  i snage dovedne na crpno kolo  $P_c$ . Budući da su okretni momentni obaju kola jednaki bit će korisnost jednaka omjeru brzina vrtnje turbinskog i crpnog kola, tj.

$$\eta = \frac{P_t}{P_c} = \frac{M_t \cdot \omega_t}{M_c \cdot \omega_c} = \frac{\omega_t}{\omega_c} = \frac{n_t}{n_c}$$

Hidrodinamička spojka može prenositi okretni moment u oba smjera, a što ovisi o brzini vrtnje pojedinih kola. Moment se uvijek prenosi s kola veće brzine vrtnje na kolo manje brzine vrtnje. Stoga primjena hidrodinamičke spojke omogućuje i kočenje motorom.



Hidrodinamička spojka može se koristiti i kao kočnica , osobito na vozilima većih masa. Pritom se turbinsko kolo veže za kućište i nepokretno je, a energija kočenja ovisi o brzini vrtnje crpnog kola , a može se podešavati stupnjem punjenja uljem

Hidrodinamička spojka ima sljedeće prednosti:

- Nije potreban mehanizam za isključivanje ,
- Omogućuje polagano pokretanje vozila pri bilo kojem stupnju prijenosa u mjenjaču,
- Omogućuje puštanje motora u rad i zaustavljanje vozila pri uključenom stupnju prijenosa mjenjaču,
- Sprječava zaustavljanje motora i pri najvećim opterećenjima,
- Prigušuje torzijske vibracije,
- Predstavlja elastičnu vezu u transmisiji.

U nedostatke hidrodinamičke spojke mogu se navesti :

- Stalno radi s određenim gubicima,
- Veća težina od tarne spojke,
- Ometa promjenu stupnjeva prijenosa u mjenjaču zbog stalnog prijenosa okretnog momenta na turbinsko kolo,
- Za neometane promjene stupnjeva prijenosa u mjenjaču potrebna je tarne spojke.

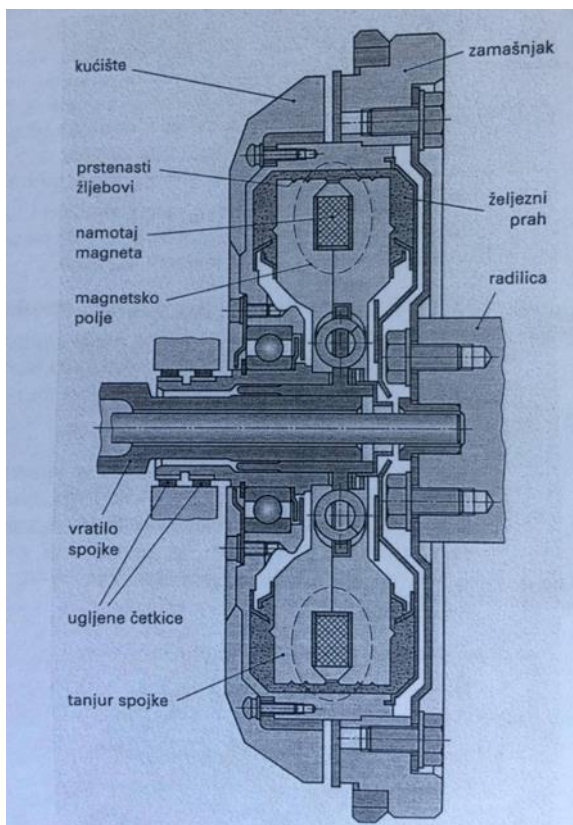
Hidrodinamička spojka nalazi primjenu na vozilima koja se u eksploataciji često pokreću iz stanja mirovanja, teškim vozilima i građevinskim strojevima s velikim promjenama opterećenja.

### 3.3 Elektromagnetska spojka

Elektromagnetske spojke s feromagnetskim prahom ugrađuju se u osobna vozila s kontinuiranim automatskim mjenjačima kao spojke za pokretanje vozila.

U tanjuru spojke ugrađen je elektromagnet spojen na strujni krug. U zračnom procijepu između tanjura (rotora) i kućišta spojke nalazi se fini feromagnetski prah. Želi li se postići prijenos okretnog momenta, mora se uključiti struja kako bi elektromagnet stvorio magnetsko polje i magnetizirao prah. Što je jače struja to je i magnetsko polje jače, pa je manje klizanje tanjura spojke. Jakošću struje upravlja elektronički sklop na temelju broja okretaja motora, brzine vozila i položaja papučice gasa.<sup>3</sup>

Slika.17.Elektromagnetska spojka



Izvor:Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

<sup>3</sup> Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

## **4. MJENJAČ (Izvedbe i vrste)**

Mjenjač se nalazi između spojke i diferencijala , a mijenja i prijenosi broj okretaja motor.

Zadaća motora je :

- Promjena vučne sile na pogonskim kotačima i njihove brzine što približnije toku idealne hiperbole,
- Promjena smjera kretanja , odnosno i hod natrag,
- Prekid prijenosa okretnog momenta , što je potrebno za rad motora na prazanom hod dok vozilo miruje i pri pokretanju motora , ako je spojka uključena,
- Prijenos okretnog momentana na ostale dijelove transmisije , odnosno pomoćne uređaje .

Mjenjač treba prenositi snagu uz što manje gubitke , omogućiti rad motora sa što manjom potrošnjom goriva i emisijom štetnih sastojaka , biti lak za rukovanje , tih u radu, imati dug vijek trajanja i zahtijevati minimalno održavanje.

Osnovni parametar mjenjača jest njegov prijenosni odnosno pomoćne uređaja.

U nastavku rada ćemo opisati nekoliko vrsta mjenjača onim najpopularnijim.

### **Mjenjači za putničke automobile**

U grupu mjenjača za osobna vozila mogu se svrstati:

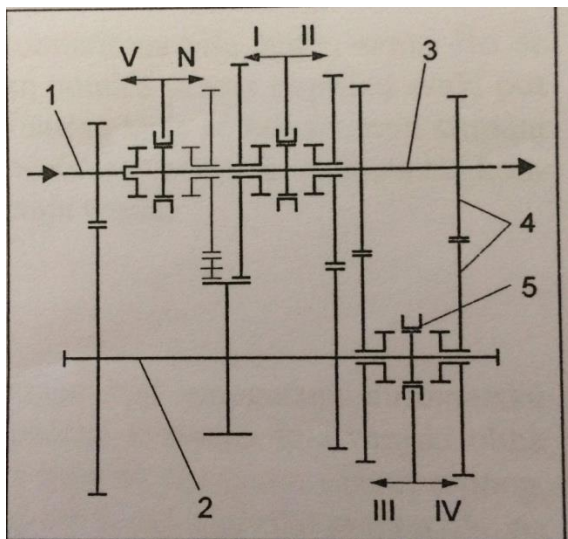
- Mehanički stupnjeviti mjenjači s ručnim upravljanjem,
- Djelomično automatizirani stupnjeviti mjenjači,
- Potpuno automatizirani mjenjači,ci
- Mehanički kontinuirani mjenjači.

#### 4.1. Mehanički stupnjeviti mjenjač s ručnim upravljanjem

Ova vrta mjenjača je najzastupljenija na putničkim automobilima. Prednosti ovih mjenjača čine visoka korisnost, jednostavna konstrukcija, mala težina, visoka pouzdanost i dugi vijek trajanja. Mogu biti 4 do 6 stupnjeva prijenosa, ali su danas najzastupljeniji sa 5 stupnjeva prijenosa. Pod ručnim upravljanjem podrazumijeva se zajedno proces uključivanja spojke i pokretanja, kao i proces promjene stupnjeva prijenosa. Mjenjači se izvode s uključivanjem pomoću zupčastih spojki s uređajem za sinkroniziran.

Na slici 18. prikazana je principijelna shema jedne od više mogućih izvedbi mjenjača s petim stupnjeva prijenosa. Sastoji se od ulaznog vratila, prijenosnog vratila, izlaznog vratila, sklopa zupčanika i zupčastih spojki s uređajem za sinkronizaciju.

Slika .18. Mjenjač s pet stupnjeva prijenosa



Izvor: Zavada, J. : Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2000.

Rimskim brojevima od I do V i strelicama označeno je uključivanje pojedinih stupnjeva prijenosa za hod naprijed, a s N je označeno uključivanje stupnja za hod natrag. Sa strelicom na ulaznom vratilu označen je ulaz okretnog momenta u mjenjač

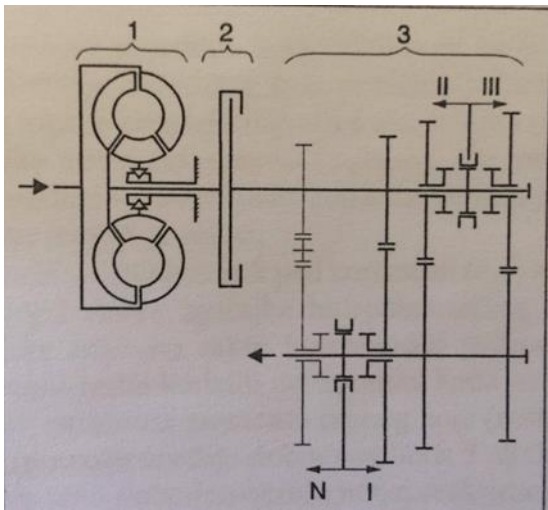
## 4.2 Djelomično automatizirani stupnjeviti mjenjač

Djelomično automatizirani mjenjač može biti izveden na dva načina:

- Automatizirano isključivanje i uključivanje spojke s ručnom promjenom stupnjeva prijenosa,
- Vozač uključuje i isključuje spojku, a promjena stupnjeva prijenosa je automatizirana.

Prvi slučaj je više zastupljen na putničkim, a drugi na teretnim.

Slika 19. Djelomično automatizirani mjenjač



Izvor: Zavada, J. : Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2000.

Na slici 19. prikazan je primjer djelomično automatiziranog mjenjača koji ima hidrodinamički pretvarač(1), tarnu spojku (2) i mehanički mjenjač s jednom redukcijom i tri stupnja prijenosa(3). Pri pomicanju ručice mjenjača tarna spojka se automatski isključuje i omogućuje nesmetano ručno uključivanje određenog stupnja prijenosa. Nakon uključivanja stupnja prijenosa tarna spojka se automatski uključuje. Uključivanje pojedinih stupnjeva prijenosa za vožnju naprijed označeno je strelicama i rimskim brojevima (I,II i III), a za hod natrag strelicom i slovom N.

4

<sup>4</sup> Zavada, J. : Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2000.

Hidrodinamički pretvarač ima slijedeću zadaću:

- Omogućuje pokretanje vozila iz bilo kojeg stupnja prijenosa,
- Premošćuje grubo stupnjevanje prijenosa , jer su samo tri stupnja prijenosa,
- Ublažava torzijske vibracije pri uključivanju tarne spojke.

Osnovni nedostatak ovog rješenja jest relativno niska korisnost mjenjača koja proizlazi iz stalnog prijenosa okretnog momenta preko hidrodinamičkog pretvarača. Zbog toga ovi mjenjači nisu naišli na širu primjenu.

Mjenjač bez hidrodinamičkog pretvarača s automatiziranim isključenjem i uključivanjem tarne spojke pri promjeni stupnja prijenosa koriste se na vozilima Formule-1. Vozač samo odabire pritiskom na jedno dugme u viši stupanj prijenosa, a pritiskom na drugo dugme u niži stupanj prijenosa. Pritom nije automatizirani proces pokretanja vozila.

Slično je rješenje na nekim putničkim automobilima više klase , samo što se umjesto dugmadi koristi ručica mjenjača koja se pomiče prema naprijed svaki put kad se želi povećati stupanj prijenosa , a prema natrag kad želi smanjiti stupanj prijenosa. Nivo automatiziranosti najčešće se povećava uvođenjem elektronski kontroliranog uključivanja tarne spojke i pri pokretanju vozila.

### 4.3 Potpuno automatizirani stupnjeviti mjenjač

Potpuno automatizirani stupnjeviti mjenjač podrazumijeva automatsko pokretanje , odnosno uključivanje spojke i promjenu stupnjeva prijenosa prema odgovarajućem programu. Takvi mjenjači imaju sljedeće prednosti u odnosu na neautomatske :

- Rasterećenje vozača i povećanje komfora voženje,
- Brža promjena stupnjeva prijenosa nego što to čini prosječni vozač i
- Pravovremena promjena stupnjeva prijenosa što pridonosi smanjenju potrošnje goriva.

Najzastupljenija izvedba ovih mjenjača sastoji se od hidrodinamičkog pretvarača (Trilok-pretvarača) i planetarnog mjenjača. Ovi automatizirani mjenjači najčešće se nazivaju automatski mjenjači. Planetarni mjenjač primjenjuje se zbog toga što ima manju težinu i dimenzije od klasičnog te omogućuje promjenu stupnjeva prijenosa bez prekida tijeka snage. Osim toga, lakše je izvesti automatizaciju promjene stupnjeva prijenosa. Uključivanje pojedinih stupnjeva ostvaruje se lamelastim spojkama te pojasnim i lamelastim kočincama. Djelovanje spojki i kočnica najčešće se ostvaruje hidrauličkim putem uz pomoć automatskog upravljanja.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Zavada, J. : Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2000.

## 5 . DIFERENCIJAL (izvedba)

Diferencijal se ugrađuje kako bi se omogućio prijenos okretnog momenta i pri različitim brzinama vrtnje pogonskih kotača. Razlika u kutnim brzinama vrtnje pogonskih kotača. Razlika u kutnim brzinama javlja se :

- Pri kretanju vozila u krivini,
- Na neravnoj podlozi,
- Pri različitim promjerima kotača (statički-različiti promjeri pneumatika , dinamički – zbog različitog tlaka , istrošenosti ili opterećenja)

U svim slučajevima razlika je u kutnim brzinama nastala je zbog toga što kotači moraju prijeći u istom vremenu različite putove (odnosno isti put ali s različitim promjerom).

Osnovni zadatak diferencijala je povećati i prenijeti okretni moment i pri različitim kutnim brzinama pogonskih kotača tj. on mora:

- **Izjednačiti različite brzine vrtnje pogonskih kotača**-kotači pogonske osovine ne smiju biti spojeni na jednu osovinu, jer bi zbog različitih brzina vrtnje kotača došlo do lomova ili klizanja jednog od kotača.
- **Ravnomjerno razdijeliti okretno momente** – na pogonske kotače, bez obzira na razliku u brzinama vrtnje kotača. Veličina okretnog momenta određena je kotačem koji ima lošije držanje s podlogom.

Mehanizmi izjednačavanje mogu biti:

- S konusnim zupčanicima (stožnicima),
- S čeonim zupčanicima (čelnicima. Ona je rijetka .)
- Pužnim prijenosom (ugrađuju se u 4WD vozila kao razvodni mjenjači sa samokočnim djelovanjem –TorSen diferencijali).



## Princip rada

Rad diferencijal možemo objasniti na primjeru koloturnika. Pravocrtno gibanje vozila po ravnoj podlozi, s jednakim promjerima pneumatika, odgovara translaciji koloturnika brzinom  $V_0$  zbog djelovanja sile  $F_0$ . Kako koloturnik ne rotira to vrijedi:

$$V_a = V_b = V_0$$

$$F_0 = F_a + F_b$$

Pri gibanju vozila u zavoju, smanjuje se brzina rotacije unutrašnjeg kotača dok se vanjskom za jednakim iznosom povećava. Na primjeru koloturnika u tom slučaju brzina centra  $V_0$  ostaje konstantnom, ali mijenjaju se brzine točaka  $V_a$  i  $V_b$ : za koliko se smanji  $V_a$ , toliko se povećava  $V_b$ . Kako je snaga pravilno raspodijeljena na oba kotača, to se i sile moraju promijeniti (snaga je umnožak sile i brzine!):  $F_a$  se povećava i  $F_b$  smanjuje, pa koloturnik počne okretati ulijevo.

### 5.1 Diferencijal sa stožnicama

Mali stožasti zupčanik pogoni tanjurasti zupčanik spojen s kućištem diferencijala. Unutar kućišta diferencijala nalaze se slobodno okretljivi stožnici za izjednačavanje (sateliti ili trkači), uzubljeni sa stožnicima poluvratila (malim tanjratim zupčanicima).

**Vožnja po pravcu** – oba pogonska kotača okreću se jednakim brojem okretaja pa tako i stožnici poluvratila. Kako s obje strane djeluju jednake sile, sateliti ne mogu rotirati oko svojih osi, već se okreću zajedno sa kućištem.

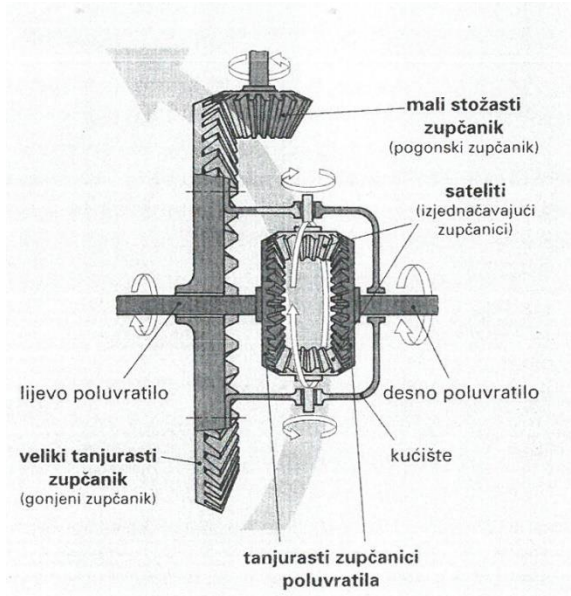
**Jedan kotač zakočen, drugi se slobodno okreće** – zakoči li se jedno od poluvratila, drugo se unatoč tome može okretati, jer se u tom slučaju sateliti okreću oko svojih osi i kotrljaju po stožniku zakočena poluvratila. Razlika u brzinama vrtnje kotača time je izjednačena: slobodnookretljivi kotač rotira dvostruko većom brzinom u odnosu na tanjurasti zupčanik.

Kako slobodnookretljivi kotač ne prenosi nikakav okretni moment, to ni zakočeni ništa ne može prenijeti: vozilo stoji u mjestu.

**Vožnja u zavoju** – gibanjem vozila u zavoju unutrašnji kotač prevaljuje kraći put, pa se pojavljuje razlika u brzini lijevog i desnog kotača. Sateliti počinju rotirati oko svojih osi čime

izjednačavaju razliku u kutnim brzinama pogonskih kotača. Oba kotača prenose jednake momente okretanja veličinu okretnog momenta određuje kotač s lošijom trakcijom .

Slika20. Diferencijal sa stožnicima



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

## 5.2 Diferencijali s blokadom

Diferencijal s blokadom (diferencijali s mehanizmom za kočenje) mogu spriječiti izjednačenje razlike brzina vrtnje između :

- Kotača jedne osnovice (tzv. Poprečna blokada),
- Razvodnih mjenjača na zasebnim pogonskim osnovinama (uzdužna blokada)

Veličina okretnog momenta kod diferencijala s blokadom određena je kotačem s boljim prijanjanjem (veća vuča ili bolje držanje).

Obični diferencijal , bez blokade , otkriva svoj nedostatak kad jedan od pogonskih kotača izgubi trakciju : tada diferencijal i drugom kotaču dodijeli jednak okretni moment-nulu. Diferencijal s blokadom dodjeljuje veći okretni moment upravo kotaču s boljim prijanjanjem. Veličina okretnog momenta koja će se dodijeliti tom kotaču određena je kočnim brojem ugrađenog prijenosnika i njegovom trakcijom.

**Kočni broj** (vrijednost zatvaranja diferencijala)

Kočni broj S izkazuje moguću razliku okretnih momenata između lijevog i desnog kotača jedne pogonske osovine , ili razliku momenata dvije pogonske osovine (kod 4WD vozila)

$$S = \frac{\text{razlika } M_{\text{kotača}}}{\Sigma M_{\text{kotača}}} * 100 (\%)$$

$M_{\text{kotača}}$  – okretni moment kotača

$\Sigma M_{\text{kotača}}$ - zbroj okretnih momenata kotača

Kočni broj daje se u postocima , u odnosu na ukupni okretni moment na tanjurastom zupčaniku.

Diferencijali s blokadom mogu biti :

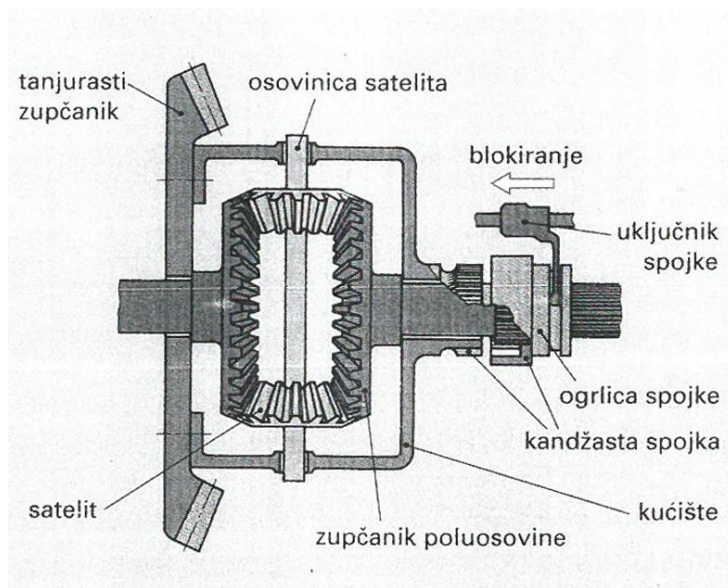
- Uključeni,
- Samokočni .

### 5.2.1 Uključeni diferencijal

Na slici prikazan uključni diferencijal s blokadom ima uključenu vilicu i kandžastu spojku.

Uključivati se može mehanički –rukom , ili pneumatski. Potiskivanjem klizne polovine spojke (zubate ogrlice) zahvatom se zuba čvrsto povezuje poluosovine istodobno se blokira i druga a to znači da se obje poluosovine vežu u jednu cjelinu , bez ikakva izjednačenja ( $S=100\%$ )

Slika 21. Diferencijal sa zubastom spojkom



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

### 5.2.2 Samokočni diferencijali

Oni samostalno blokiraju pojedine poluosovine. Kotaču s većom vučom (trakcijom) daje se veći okretni moment. Kočni broj ovakvih diferencijala obično između 25 i 70 %.

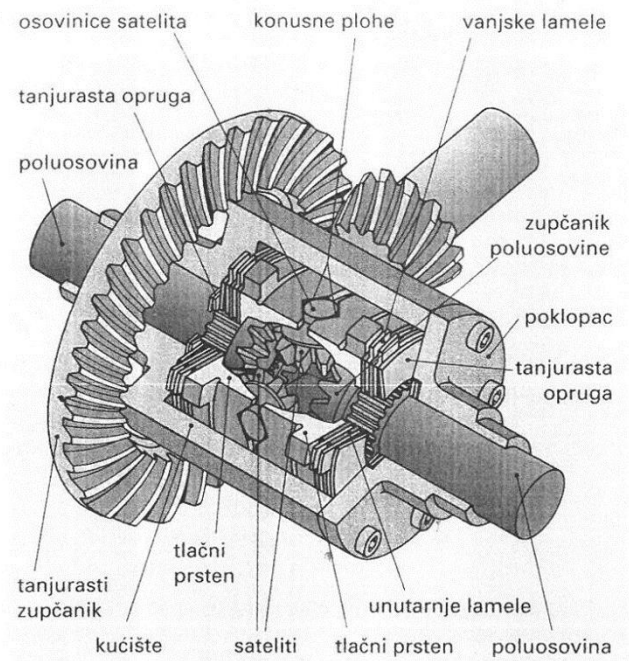
Razlikujemo nekoliko konstrukcija :

- Diferencijali s lamelastim spojkama,
- TorSen diferencijali,
- Visoko –spojke,
- Automatski diferencijali s blokadom (ASD),
- Elektronički diferencijali (ESD ili EDS),
- Haldex-spojka.

## Diferencijal s lamelastim spojka

Običnom jednostavnom diferencijalu dodane su dvije lamelaste spojke s tlačnim prstenovima. Svojim izdancima koji ulaze u uzdužne utore kućišta diferencijala, tlačni prstenovi uzdužno su pokretni rotiraju zajedno s kućištem.

Slika 22 .Samokočni diferencijal s lamelastom spojkom



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

## 6.OSTALI ELEMENTI TRANSMISIJE

Zglobni prijenosnici dio su transmisije koji omogućuju prijenos okretnog momenta i u slučaju kada se vratila ne nalaze u istoj osi. Pomak vratila može biti konstantan ili promjenjiv, kutni ili translacijski (aksijalni i radijalni). U zglobne prijenosnike spadaju: kardanska vratila, poluvratila i zglobovi.

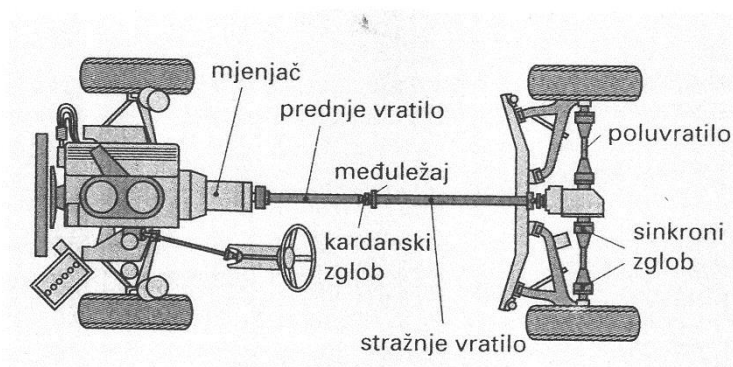
Prijenos okretnog momenta odvija se bez promjene veličine , ako se zanemare mehanički gubici koje nije moguće izbjeći.

Zadaci zglobnih prijenosnika su:

- Prenijeti okretni moment s mjenjača na pogonski most , odnosno kotače,
- Omogućiti pomake vratila (aksijalne , radijalne i kutne),
- Prigušiti torzijske vibracije.

Pogon na stražnje kotače i motorom sprijeda, okretni moment motora prenosi se preko spojke i mjenjača na kardansko vratilo. S njega se okreni moment preko diferencijala na stražnjoj osovini prenosi na poluvratila i zglobove stražnjih kotača .

Slika 23.Tok snage kod vozila s naprijed postavljenim motorom i stražnji pogon



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Prednji pogon/motor sprijeda i stražnji pogon/motor straga- ovo je kompaktnija konstrukcija jer nema kardanskog vratila. Diferencijal se nalazi u kućištu mjenjača , i s njega se okretni moment prenosi preko sinkronih zglobova i poluvratila na kotače.

## 6.1 Kardanski prijenos

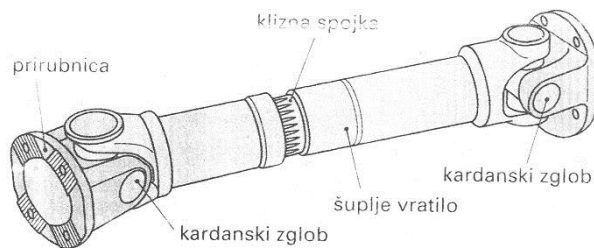
Kardanski prijenos služi za prijenos snage , odnosno momenta okretanja između pojedinih razmaknutih pogonskih sklopova vozila koji nisu međusobno kruto vezani , ili je međusobni položaj sklopova promjenljiv .

Kardanski prijenos ugrađuje se u vozila s naprijed postavljenim motornom i stražnjim pogonom, kao i u vozila s pogonom na sve kotače

Dijelovi kardana :

- Vilica s prirubnicom,
- Križ kardana,
- Klizna spojka (žljebasta osovina),
- Vilica s kardanskim vratilom.
- 

Slika 24.Kardansko vratilo s dva križna zgloba



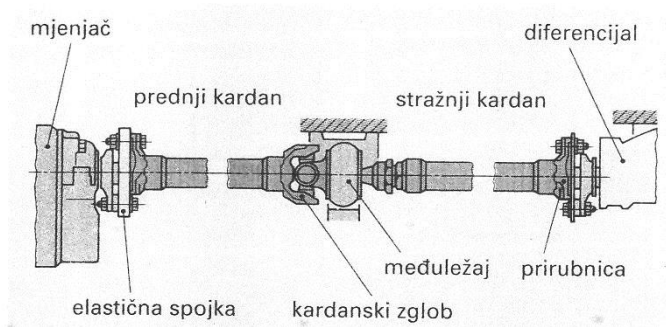
Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Zbog pregibanja kardanskom se vratilu mijenja dužina , pa se mora ugraditi klizna spojka ili kakav elastični element.

U vozila s nezavisnim ovjesom i velikim razmakom između mjenjača i diferencijala , ugrađuje se dvodijelno kardansko vratilo s međuležajem , koji omogućuje elastičnost ovješnje i kutne pomake osovine. Međuležaj je pričvršćen na karoseriju vozila i – radi sprječavanja prijenosa buke – odvojen je gumenim amortizerom .

Dvodijelnim kardanskim vratilom smanjuju se vibracije i postiže mirniji rad .

Slika 25. Dvodijelno kardansko vratilo



Izvor: Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

## 6.2 Poluosovine

Poluosovine su pogonska vratila koja prenose okretni moment s diferencijala do pogonskih kotača. Ugrađuju se u vozila sa zavisnim kao i s nezavisnim ovjesom.

Tijekom vožnje poluvratila su opterećena silama koje su nastale :

- Prijenosom vučne sile,
- Kočenjem ,
- Kretanjem vozila u zavoju ,
- Zbog nagiba ceste i bočnog vjetra,
- Neravnim trenom .

U kojoj će mjeri poluvratila biti naprezana gornjim silama , ovisi o konstrukciji nošenja , pa razlikujemo :

- Opterećeno poluvratilo – preuzima sve sile , ali u manjem iznosu,
- Poluopterećeno – preuzima sve sile , ali u manjem iznosu ,
- Neopterećeno – naprezano je samo momentom okretanja.

Konstrukcija poluvratila uglavnom ovisi o tome jesu li pogonski kotači i upravljani. Kad su kotači upravljani , poluvratila imaju sinkrone zglobove (tzv.homokinetičke zglobove).



## **7. ZAKLJUČAK**

U radu dan je prikaz mogućnosti prijenosa snage od motora do pogonskih kotača. Jedan od važnijih sustava na motornim vozilima je prijenos snage motora na kotače odnosno transmiju. Zadatak transmisije je prenijeti okretni moment na pogonske kotače te promjena okretnog momenta i broja okretanja motora uz što manje moguće gubitke.

Elementi transmisije su: spojka , diferencijal, mjenjač, kardansko vratilo , pogonsko vratilo.

Svi elementi transmisije u svojoj izvedbi ima svoje prednosti i nedostatke te u kombinaciji sa svim elementima transmisije uzima se optimalno izvedbe za zadanu funkciju vozila.

## **8.LITERATURA**

### **Knjige**

1. Zavada, J. : Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2000.
2. Grupa autora: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

### **Internetske stranice.**

3. <http://www.autonet.hr/tehnika/skola/prijenos-snage-v/> 17.8.2018
4. [https://autoportal.hr/clanak/dobro\\_je\\_znati\\_diferencijal\\_preciznije\\_diferencijalni\\_prijenosnik](https://autoportal.hr/clanak/dobro_je_znati_diferencijal_preciznije_diferencijalni_prijenosnik) 29.8. 2018