

MOGUĆNOST IZVEDBE POGONA VOZILA

Obranović, Antonio

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:143:741100>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**

Repository / Repozitorij:

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



VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU

ODJEL PROMET

STRUČNI STUDIJ PROMET

Antonio Obranović

MOGUĆNOST IZVEDBE POGONA VOZILA

Završni rad

Šibenik, 2020.

VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU

ODJEL PROMET

STRUČNI STUDIJ PROMET

MOGUĆNOST IZVEDBE POGONA VOZILA

Završni rad

Kolegij: Sredstva i eksploatacija sredstava cestovnog prometa

Mentor: prof. dr. sc. Ivan Mavrin

Student: Antonio Obranović

Matični broj studenta: 1219055630

Šibenik, lipanj 2020.

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	VRSTE POGONA	2
2.1.	<i>Stražnji pogon</i>	3
2.2.	<i>Prednji pogon</i>	5
2.3.	<i>Hibridni pogon</i>	7
3.	POGON NA SVA ČETIRI KOTAČA	9
3.1.	<i>Izračun pogonske snage u vozilu sa pogonom na sva četiri kotača</i>	10
3.2.	<i>Stupanj iskoristivosti transmisije kod pogona na sva četiri kotača</i>	11
4.	SKLOP VOZILA	12
4.1.	<i>Spojka</i>	12
4.1.1.	<i>Tarna spojka</i>	13
4.1.2.	<i>Hidrodinamička spojka</i>	14
4.1.3.	<i>Elektromagnetska spojka</i>	16
4.2.	<i>Mjenjač</i>	17
4.2.1.	<i>Ručni mehanički mjenjač</i>	18
4.2.2.	<i>Potpuno automatizirani mjenjač</i>	18
4.2.3.	<i>Djelomično automatizirani mjenjač</i>	19
4.2.4.	<i>Planetarni mjenjač</i>	21
4.3.	<i>Diferencijal</i>	22
4.3.1.	<i>Princip rada</i>	22
4.3.2.	<i>Diferencijal sa stožnicom</i>	23
4.3.3.	<i>Diferencijal s blokadom</i>	25
4.3.4.	<i>Uključeni diferencijal</i>	26
4.3.5.	<i>Samokočni diferencijal</i>	27
5.	ZAKLJUČAK	29
6.	LITERATURA	30

MOGUĆNOST IZVEDBE POGONA VOZILA

ANTONIO OBRANOVIĆ

Franje Vidovića 44, 43240 Čazma, aobranovic55@gmail.com

Pogone koje se mogu primijeniti kod vozila su prednji pogon, zadnji pogon i pogon na sva četiri kotača. Kod prednjeg pogona sva snaga se prenosi na prednju osovinu, a kod zadnjeg pogona snaga motora se prenosi s kardanskog vratila do diferencijala na stražnju osovinu tim se načinom raspodjeljuje težina na osovine. Pogon vozila je jedan bitan dio svakog vozila koji mu omogućava pokretanje i kretanje u vožnji. Svaki pogon je specifičan na svoj način. Izvedba vozila je također jedan bitan faktor kod pokretanja vozila. On se sastoji od prijenosnog pod sklopa vozila, upravljačkog pod sklopa vozila, hodnog pod sklopa vozila i voznog pod sklopa vozila.

(31 stranica / 20 slika / 2 tablica / 5 literaturnih navoda / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u: Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

Ključne riječi: vrsta pogona, spojka, mjenjač, diferencijal

Mentor: prof. dr. sc. Ivan Mavrin

Rad je prihvaćen za obranu: Da

POSSIBILITY OF VEHICLE DRIVE

ANTONIO OBRANOVIĆ

Franje Vidovića 44, 43240 Čazma, aobranovic55@gmail.com

The drives that can be applied to the vehicle are front-wheel drive, rear-wheel drive and all-wheel drive. In front-wheel drive, all power is transmitted to the front axle, and in rear-wheel drive, engine power is transmitted from the PTO shaft to the differential on the rear axle, thus distributing the weight to the axles. Vehicle propulsion is an essential part of any vehicle that allows it to start and move while driving. Each drive is specific in its own way. Vehicle performance is also an important factor when starting a vehicle. It consists of a portable vehicle floor, a vehicle floor control, a vehicle floor walkway and a vehicle floor drive floor.

(31 pages / 20 figures / 2 tables / 5 references / original in Croatian language)

Paper deposited in: Library of Polytechnic of Šibenik

Keywords: type of drive, clutch, gear shift, differential

Supervisor: prof. dr. sc. Ivan Mavrin

Paper accepted: Yes

1. UVOD

Tema završnog rada je mogućnost izvedbe pogona vozila. Prvo se treba ustanovit koje sve vrste pogona u današnje vrijeme se koristi na vozilima. Biti će objašnjene nove vrste pogona – hibridni pogon. Pogone koje se mogu primijeniti kod vozila su prednji pogon, zadnji pogon i pogon na sva četiri kotača. U radu će se opisivati neke stvari vezane za vrste pogona, govorit će se i nešto o sklopovima vozila.

Kod prednjeg pogona sva snaga se prenosi na prednju osovinu, a kod zadnjeg pogona snaga motora se prenosi s kardanskog vratila do diferencijala na stražnju osovinu tim se načinom raspodjeljuje težina na osovine. Kod pogonu na sva četiri kotača snaga motora prenosi se na prednju i zadnju osovinu i dijeli se u dvije skupine stalni pogon i povremeni pogon na sva četiri kotača.

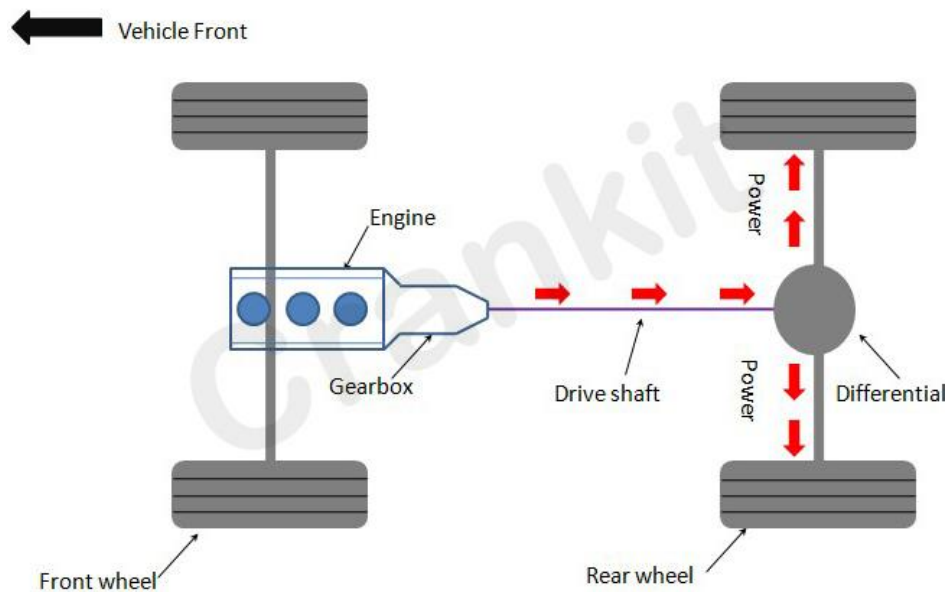
2. VRSTE POGONA

Pogon motornih vozila se može podijeliti zavisno o prijenosu snage do pogonskih kotača ovisno o kako je snaga motora raspoređena do kotača. Kod cestovnog vozila razlikujemo:

- a) stražnji pogon (rear wheel drive)
- b) prednji pogon (front wheel drive)
- c) pogon na sva četiri kotača (all wheel drive)

U današnje vrijeme pod vrstu pogona se također ubraja i alternativna vrsta pogona vozila, najpoznatija vrsta takvog pogona je hibridni pogon. Pod taj pogon se podrazumijeva kombinacija dvije pogonske energije.

Slika 1. Prijenos snage- cestovno vozilo

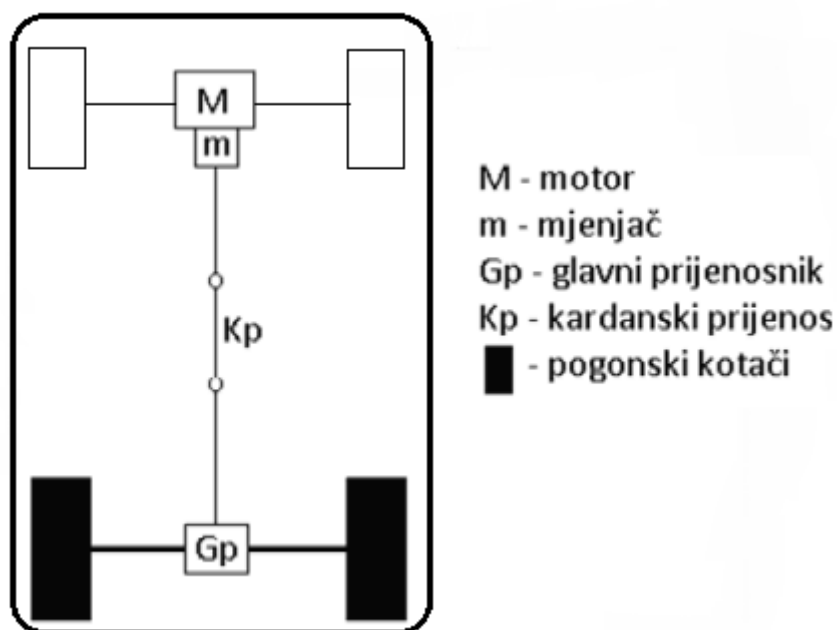


Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (10.03.2020.)

2.1. *Stražnji pogon*

Motor je smješten na prednjem dijelu. Češće se ugrađuje na ili neposredno iza prednje osovine, rijetko kad ispred nje. Snaga motora prenosi se kardanskim vratilom do diferencijala te potom na stražnje poluosovinu. Ovim načinom se ostvaruje povoljnija raspodjela težine na osovina. Zbog kardanskog vratila na sredini putničkog prostora u podu tunel zauzima koristan prostor i smeta putnicima. Transaxle je osobitost stražnjeg pogona: motor je smješten na prednjoj, a diferencijal i mjenjač na stražnjoj osovini. Zbog ravnomjerne raspodjele težine na stražnju i prednju osovину (50:50 %) vozilo je u zavojima stabilnije.

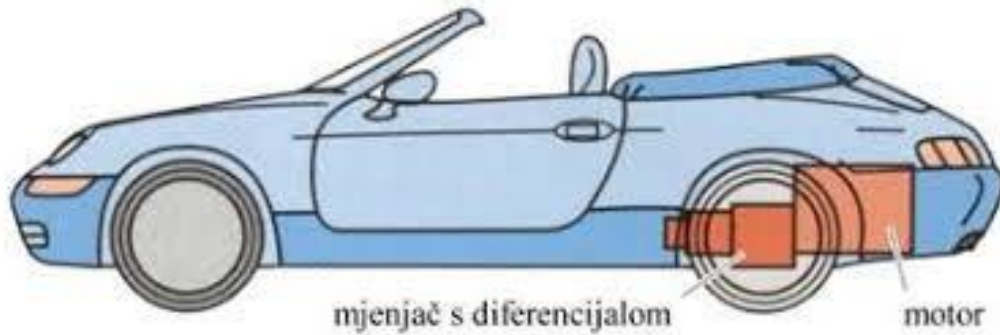
Slika 2. Skica zadnjeg pogona



Izvor: Izradio autor (Predavanje prof.dr.sc. Ivan Mavrin)

Motor može biti ugrađen na stražnjem dijelu vozila, iza ili iznad stražnje osovine. Ugradnjom bokser-motora puno korisnog prostora se ne gubi. Nedostaci: osjetljiv na bočne udare vjetra, ograničen prostor za prtljagu, sklonost zanošenja vozila, problematičan smještaj spremnika za gorivo.

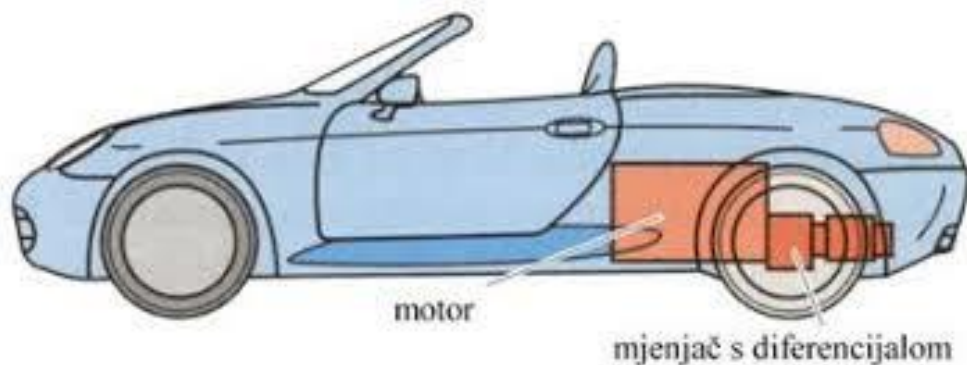
Slika 3. Stražnji pogon



Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (10.03.2020.)

Motor smješten na središnjem dijelu koristi se za trkaća i sportska vozila. Ispred stražnje osovine motor se nalazi sa raspodijeljenom težine na obje osovine, a zbog težišta vozilo se ponaša stabilnije. Nedostaci: motor je teško dostupan i broj sjedećih mjesta je ograničen jer stražnja klupa nije ugrađena.

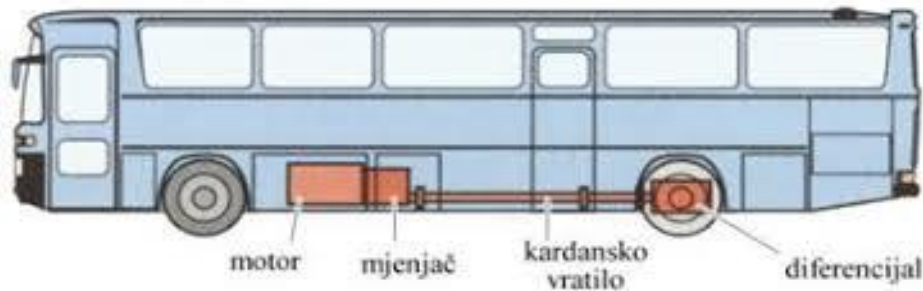
Slika 4. Motor smješten na sredinu



Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (10.03.2020.)

Motor smješten ispod poda osobito je pogodan za teretna vozila i autobuse. Motor je postavljen u središnjem dijelu vozila da bude što bliže podlozi, zbog toga pridonosi ravnomjernom opterećenju osovina i povoljnog položaja težište vozila. Prednost je dobro iskorištenje prostora, te je motor dostupan s donje strane vozila.

Slika 5. Motor ispod poda vozila



Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (10.03.2020.)

2.2. *Prednji pogon*

Motor se nalazi smješten u prednjem dijelu vozila, a može biti ugrađen ispred, iza prednje osovine ili na prednjoj osovini. Jedan blok sastoji se od motor, spojka, mjenjač i diferencijal.

Prednosti ove konstrukcije su:

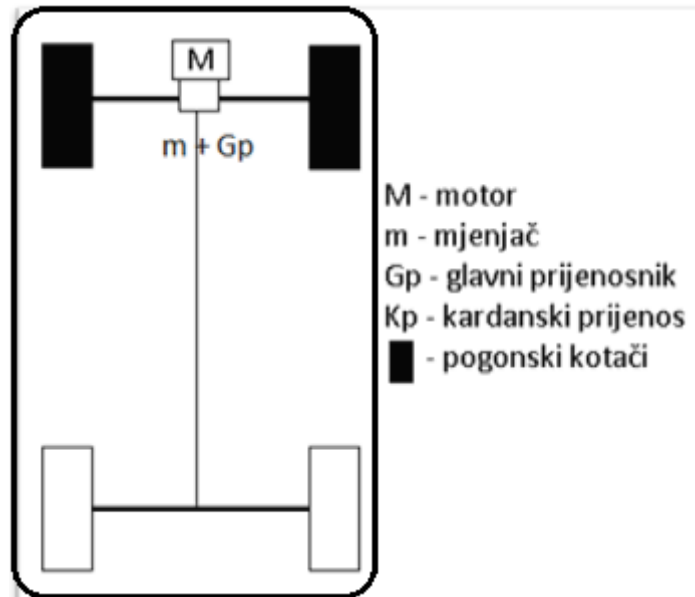
- a) manja težina vozila,
- b) kraći put prijenosa sile do kotača (manji gubici),
- c) nema tunela u putničkom prostoru,
- d) veliki prtljažnik,
- e) kod poprečno ugrađenih motora jednostavan zagonski prijenosnik, manji prebačaj mase na prednju osovinu, veliki slobodni prostor za noge na prednjim sjedištima,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

Nedostaci su:

- a) nepovoljna raspodjela težine: veće opterećenje prednje osovine,
- b) sklonost zanošenju vozila (premalen zaokret),
- c) veće trošenje pneumatike prednje osovine.¹

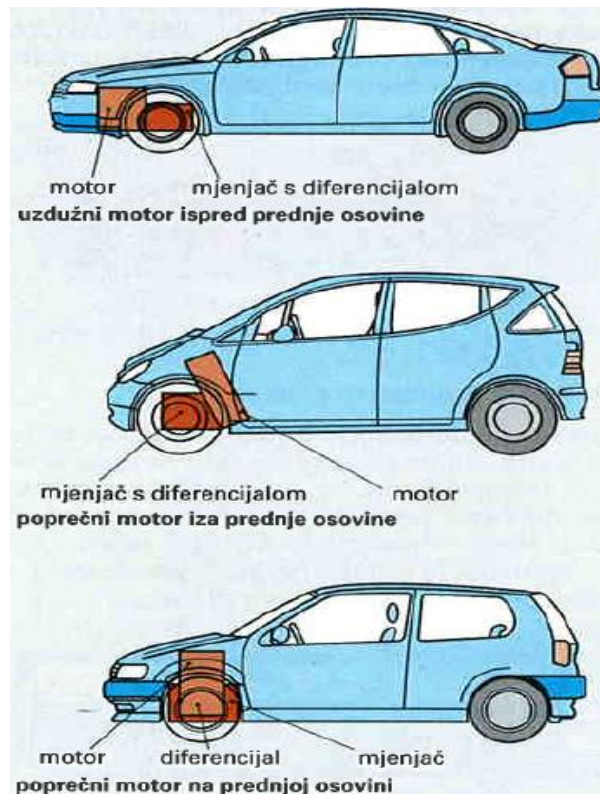
¹ Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Slika 6. Skica prednjeg pogona



Izvor: Izradio autor (Predavanje prof.dr.sc. Ivan Mavrin)

Slika 7. Prednji pogon



Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (16.03.2020.)

2.3. Hibridni pogon

Hibridni pogon je pogon vozila koji nema jedan oblik pogonskog izvora nego više, primjerice elektromotor i motor s unutrašnjim izgaranjem. Cilj ovog pogona je iskoristiti sve prednosti izvora pogona u različitim uvjetima rada vozila. Vrste hibridnog pogona su:

- a) MsUI + elektromotor + baterije,
- b) MsUI + elektromotor + vanjski dovod električne energije (trolej),
- c) MsUI + zamašnjak,
- d) Plinska turbina + generator + baterija + elektromotor

Često isprobavan hibridni pogon je kombinacija MsUI s elektromotorom i baterijom.

Princip rada hibridnog pogona u vožnji na kratke staze i vožnji konstantnom brzinom baterije opskrbljuju elektromotor potrebnom električnom energijom. Snaga se vodi preko spojke K2 na mjenjač. Pri vožnji na duge relacije kod ubrzanju i pri punom opterećenju, vozilo pogoni motor s unutarnjim izgaranjem, tok snage se vodi preko spojke K1 i K2 na mjenjač. Između motora i mjenjača ugrađen je električni sustav koji radi kao generator i može se iskoristiti za punjenje baterije. Spojka K1 se isključuje pri kočenju i odvaja MsUI, a elektromotor prelazi u generatorski pogon. Pritom se preko spojke K2 pogoni rotor, a energija gibanja vozila (kinetička energija) pretvara se u električnu i pohranjuje u bateriju (kao kemijska).²

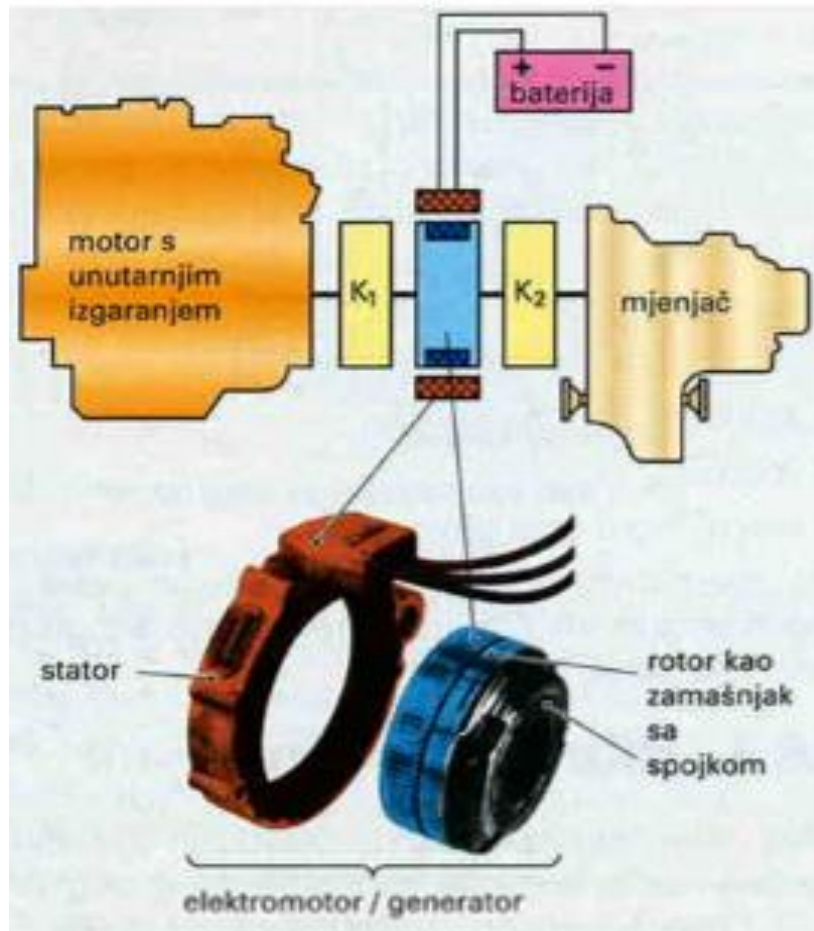
Tablica 1. Prednosti hibridnog pogona

Elektromotor	MsUI
<ul style="list-style-type: none">➤ mala buka,➤ nema ispušnih plinova,➤ visoka korisnost elektromotora (~90%).	<ul style="list-style-type: none">➤ veliki radijus kretanja vozila,➤ velik okretni moment u srednjem i gornjem području broja okretaja,➤ mogućnost postizanja visokih brzina vozila.

Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (05.04.2020.)

² Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Slika 8. Hibridni pogon – motor s unutarnjim izgaranjem + elektromotor



Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (05.04.2020.)

Kako MsUI s ovakvom pogonskom kombinacijom češće može raditi u području opterećenja s povoljnim stupnjem korisnosti, raste ukupni stupanj korisnosti i potrošnja energije pada. Nedostatci koncepta su viša cijena pogona, težina baterija i prostora kojeg one zauzimaju (manji korisni teret).

3. POGON NA SVA ČETIRI KOTAČA

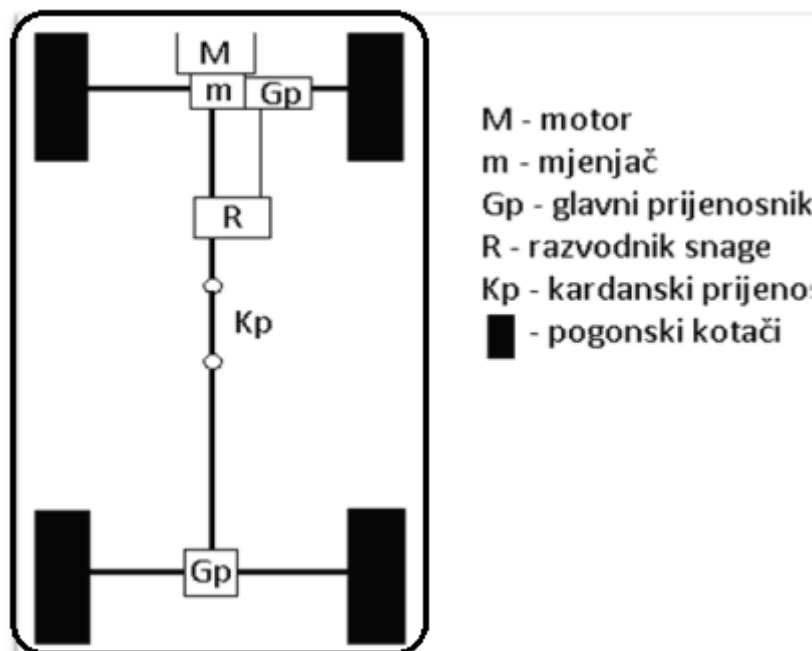
Razlikujemo ove pogone:

- Stalni pogon (permanentni)
- Povremeni pogon na sva četiri kotače

U permanentnom pogonu obje osovine imaju stalan pogon. Kod osobnog automobila diferencijal zadnje osovine pogoni se kardanom iz razvodnog prijenosnika mjenjača. Središnjem diferencijalu je uloga izjednačavanje razlike broja okretaja prednje i zadnje osovine, sprječavajući naprezanje i trošenje dijelova kotača i mjenjača.

U povremenom pogonu iz razvodnog prijenosnika mjenjača, pričvršćenog na glavni mjenjač, ide jedno kardansko vratilo na prednji i zadnji diferencijal. U pravilu prednji pogon se uključuje prema potrebi, a dok je pogon zadnje osovine permanentan. Diferencijali su opremljeni blokadom. U slučaju kvara na središnjem diferencijalu se ne smije voziti s pogonom na sva četiri kotača. Glavčine sa spojka slobodnog hoda na prednjim kotačima sprječavaju okretanje kardana i poluosovina kad je isključen pogon prednje osovine.

Slika 9. Skica pogona na sva četiri kotača



Izvor: Izradio autor (Predavanje prof.dr.sc. Ivan Mavrin)

3.1. *Izračun pogonske snage u vozilu sa pogonom na sva četiri kotača*

Pogonski kotač jednog vozila može prenijeti na podlogu samo onu vrijednost pogonske sile koja veličinom odgovara sili trenja između pneumatika i podloge :

$$F_{tr} = F_N \times \mu$$

F_N – okomita komponenta težine vozila kojom kotač djeluje na podlogu [N]

μ - koeficijent trenja između pneumatika i podloge

Tablica 2. Vrijednosti koeficijenta trenja između pneumatika i podloge

Vrsta kolničkog zastora	Stanje kolničkog zastora	Granične vrijednosti	Prosječna vrijednost
Beton	Suh, nov, grub	0,73– 0,90	0,82
	Suh, star, istrošen, glatki	0,65– 0,80	0,72
	Mokar, star, istrošen, glatki	0,41– 0,67	0,54
Asfalt	Suh, nov, grub	0,72 – 0,87	0,80
	Suh, star, istrošen, glatki	0,70– 0,89	0,80
	Mokar, star, istrošen, glatki	0,53– 0,73	0,63
Makadam	Suh, tvrd, prašnjav	0,41– 0,55	0,48
	Vlažan, tvrd, blatnjav	0,37– 0,47	0,42
	Mokar, tvrd, pješčan	0,27– 0,43	0,35
Snijeg	Utrti suhi	0,13– 0,19	0,16
	Rasuti suhi	0,12– 0,16	0,14
	Raskvašeni mokri	0,18– 0,22	0,20

Izvor:<http://repositorij.fsb.hr/3147/1/analiza%20materijala%20valjaka%20za%20mjerenje%20kočne%20sile.pdf>

(25.05.2020.)

Na primjer svaki od kotača vozila s ukupnom masom 3500 kg u idealnom je slučaju opterećen masom od 600kg, tj. Silom od 6000N. Na zaleđenoj cesti s $\mu = 0,1$ svaki kotač može prenijeti pogonsku silu od:

$$F_{pog} = F_{tr} = F_N * \mu = 6000 \times 0,1 = 600 \text{ N}$$

vozilo s jednom pogonjenom osovinom

$$F_{pog} = 2 \times 600 = 1200 \text{ N}$$

vozilo s dvije pogonjene osovine

$$F_{pog} = 4 \times 600 = 2400 \text{ N}$$

Vozilo s pogonom na sva četiri kotača može prenijeti dvostruko veću pogonsku silu, odnosno okretni moment nego vozilo sa samo dva pogonska kotača.³

3.2. Stupanj iskoristivosti transmisije kod pogona na sva četiri kotača

Na primjer motor automobila pri $n_M=4000$ okr/min na izlazu motora ostvaruje moment od $M_M=182$ Nm, pri tome je efektivna snaga motora 93.2 kW.

Prijenosni omjer mjenjača u ovisnosti na stupnj prijenosa: $i = 4.55$, $i_{II} = 2.36$, $i_{III} = 1.7$, $i_{IV} = 1.24$, $i_V = 1$. Prijenosni omjer glavnog prijenosnika (diferencijala): $i_{GP}=4,1$.

Stupnjevi djelovanja: kardanski razvodnik snage $\eta_R=0.94$, glavni prijenosnik $\eta_{GP}=0.96$, prijenos $\eta_{KP}=0.99$, mjenjač $\eta_{MJ}=0.95$. A dinamički radijus kotača iznosi $r_d = 0.35$ m.

a) Stupanj iskoristivosti transmisije:

$$\eta_{UK} = \eta_{mj} \cdot \eta_{GP}^2 \cdot \eta_R \cdot \eta_{KP} = 0.815$$

b) Potrebno je izračunati prijenosni omjer za zadani stupanj prijenosa:

$$i_{uk} = i_{MJ} \cdot i_{GP} = 1.24 \cdot 4.1 = 5.084$$

$$M_k = M_M \cdot i_{uk} \cdot \eta_{uk} = 754.11 \text{ Nm}$$

c) Broj okretaja pogonskih kotača:

$$i_{uk} = \frac{n_M}{n_K} \Rightarrow n_k = \frac{n_M}{i_{uk}} = 786.78 \frac{\text{okr}}{\text{min}} = 13.113 \frac{\text{okr}}{\text{s}}$$

Prema broju okretaja kotača može se izračunati brzina automobila. Jedan okretaj kotača automobila prema naprijed je jednak iznosu duljine njegovog opsega.

$$O = 2\pi r_d = 2.2 \text{ m}$$

Pri brzini okretanja kotača od 13.113 okretaja u sekundi, to znači da u jednoj sekundi prijeđe udaljenost od 28.85 svojeg opsega. Brzina kojom se automobil kreće može se izračunati:

$$v = n_k \cdot O = 13.113 \frac{\text{okr}}{\text{s}} \cdot 2.2 \text{ m} = 28.85 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad 4$$

³ Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

⁴ Predavanje mag. ing. mech, pred. Luka Olivari, kolegij: Teorija kretanja vozila

4. SKLOP VOZILA

Dio vozila koji služi za pokretanje vozila. Sastoji se od prijenosnog sklopa vozila, upravljačkog sklopa vozila, hodnog sklopa vozila i voznog sklopa vozila .

4.1. *Spojka*

Spojka omogućava razdvajanje motora od ostatka transmisije te njihovo postepeno spajanje. Odvajanje spojke je potrebno prilikom promjene stupnja prijenosa mjenjača, kod pokretanja motora radi smanjenja otpora iz mjenjača, prilikom zaustavljanja vozila da ne dođe do zaustavljanja motora.

Postepeno spajanje motora s ostatkom transmisije zbog izbjegavanja povećanog dinamičkog opterećenja da se omogući pokretanje vozila iz stanja mirovanja do određene brzine kod koje motor može prihvatiti opterećenje.

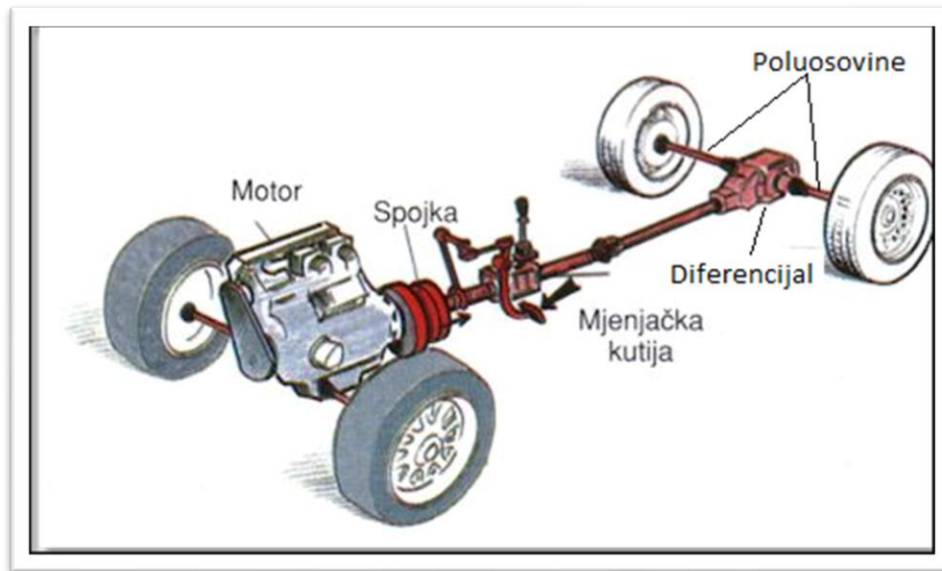
Spojke se mogu aktivirati ručno, nožno i automatski.

Spojka u transmisiji vozila prezentira razdvojiva vezu između mjenjača i motora predstavlja spojka koja omogućuje:

- prijenos okretnog momenta motora na mjenjač – u cijelom radnom području okretaja motora i u svim radnim uvjetima spojka mora prenijeti odgovarajući okretni moment na mjenjač
- lagano i meko pokretanje vozila – pomoću trenja klizanja pri pokretanju vozila izjednačuje se broj okretaja motora između pokretnog zamašnjaka i nepokretnog ulaznog vratila mjenjača
- prekid toka snage motora na mjenjač – odvajanjem mjenjača od motora olakšava se pokretanje hladnog motora: ulje u mjenjaču je zbog niskih temperatura viskoznije, pa su potrebne veće sile za pokretanje. Pri promjeni stupnja prijenosa uključeni se dijelovi mjenjača rasterećuju čime je omogućena promjena stupnja prijenosa bez udaraca i oštećenja dijelova mjenjača i motora
- zaštita motora i transmisije od preopterećenja – spojka svojim klizanjem sprječava prijenos prevelikih okretnih momenata, npr. pri usporavanju motorom

- prigušivanje udarnih naprezanja i torzijskih vibracija – vibracije nastaju periodičkom izmjenom neradnih taktova, a prigušuju se prigušenim elementima (npr. torzijskim prigušnikom ili dvomasenim zamašnjakom).⁵

Slika 10. Skica sklopa vozila



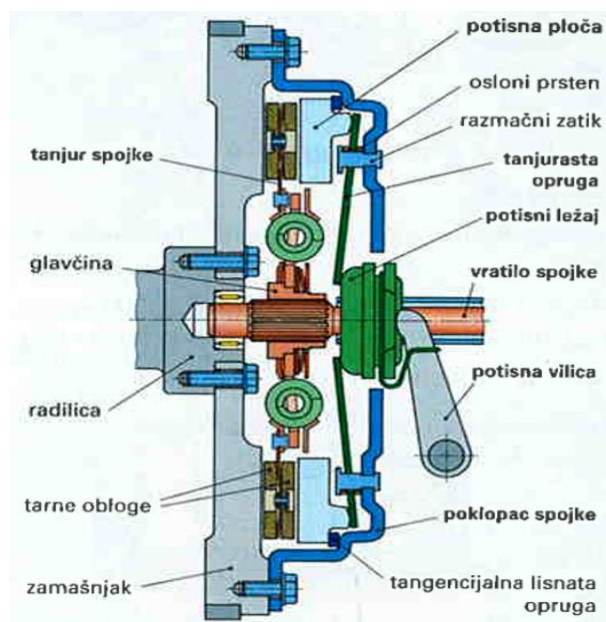
Izvor: http://www.instruktor-voznje.com.hr/spojka_kvacilo_kuplung/ (05.04.2020.)

4.1.1. Tarna spojka

Zadatak tarne spojke je da okretni moment prenosi na motor trenjem klizanja gonjenog i pogonskog dijela. Gonjeni dio spojke na motornim vozilima uzdužno se pomiče i montiran se na vratilo spojke, a pogonski dio je zamašnjak. Snaga koju tarne spojke prenose ovisi o broju okretaja, tlačnoj sili na kojoj se tarne površine međusobno dodiruju, srednjem radijusu i koeficijentu trenja.

⁵ Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Slika 11. Tarna spojka – tanjurasta (lamelna) spojka



Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (05.04.2020.)

4.1.2. Hidrodinamička spojka

Hidrodinamička spojka je kombinacija pumpe i turbine. Pričvršćena je na zamašnjak motora i ne povećava okretni moment motora. Osnovni dijelovi: turbinsko kolo, pumpno kolo, kućište i hidrauličko ulje (ATF ulje).

Loptice pumpnog kola čvrsto su vezene s kućištem. Okretanjem zamašnjaka okreće se i pumpno kolo, dovodeći u strujanje hidrauličko ulje (prijenosnik energije: prenosi kinetičku energiju na turbinsko kolo vezano na vratilo spojke). Centrifugalna sila tjera ulje od sredine prema vanjskom obodu. Kad turbina miruje na ulje u tom kolu ne djeluje centrifugalna sila pa je ulje iz pumpe potiskuje prema središtu gdje opet prelazi u pumpu. Tako nastaje kruženje ulja sve dok postoji razlika u broju okretaja pumpe i turbine. Kako turbina uvijek ima nešto niži broj okretaja to ulje neprestano kruži i predaje turbini dio zamaha od pumpe.

Prednosti hidrodinamičke spojke:

- Predstavlja elastičnu vezu u transmisiji,
- Prigušenje torzijske vibracije,
- Ne potreban mehanizam za isključivanje.

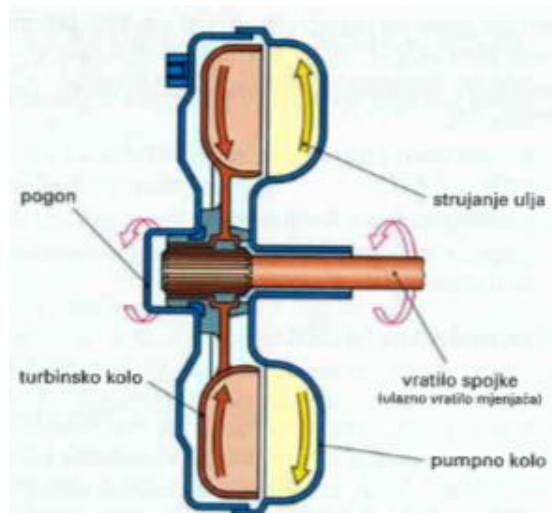
- Sprječava zaustavljanje motora i pri najvećim opterećenjima,
- Omogućuje puštanje motora u rad i zaustavljanje vozila pri uključenom stupnju prijenosa u mjenjaču,
- Omogućuje polagano pokretanje vozila pri bilo kojem stupnju prijenosa u mjenjaču.

Nedostatci hidrodinamičke spojke:

- Za neometane promjene stupnjeva prijenosa u mjenjaču potrebna je i tarna spojka,
- Ometa promjenu stupnjeva prijenosa u mjenjaču zbog stalnog prijenosa okretnog momenta na turbinsko kolo,
- Veća težina od tarne spojke,
- Stalno radi s određenim gubicima.⁶

Hidrodinamička spojka se primjenjuje na teškim vozilima i građevinskim strojevima s velikom promjenom opterećenja, te vozila koja se u eksploataciji često pokreću iz stanja mirovanja,.

Slika 12. Hidrodinamička spojka



Izvor: Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (05.04.2020.)

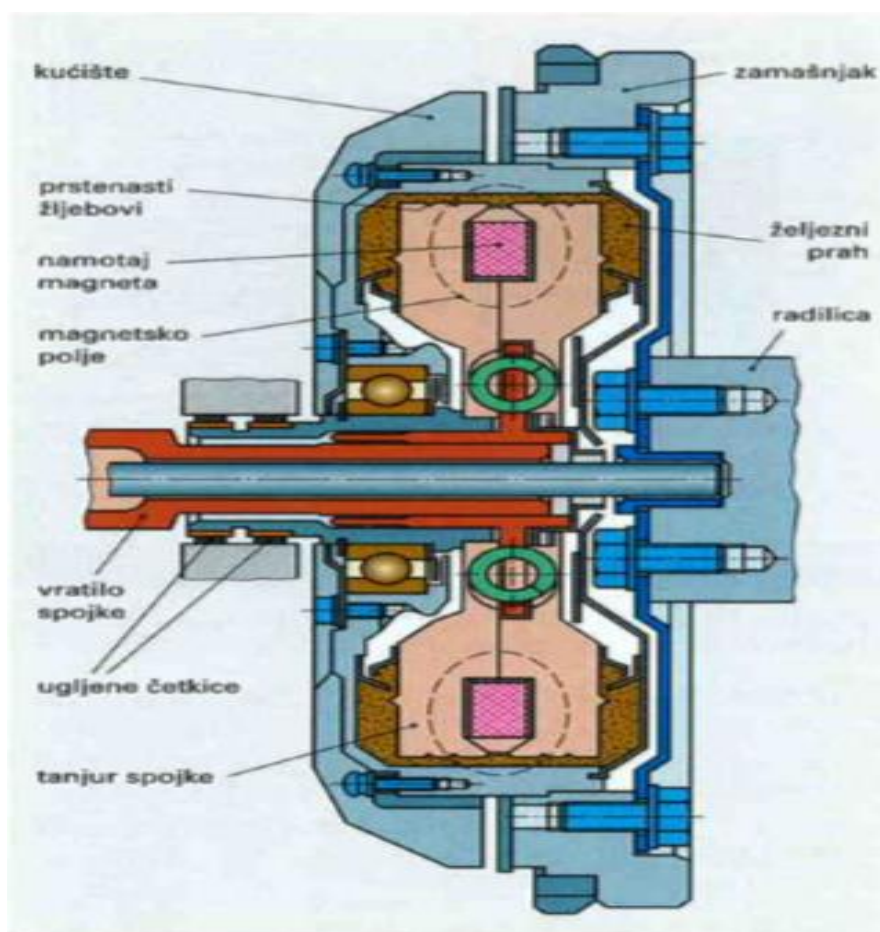
⁶ Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

4.1.3. Elektromagnetska spojka

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

U tanjur spojke ugrađuje se elektromotor spojen na strujni krug. U zračnom procijepu između kućišta spojke i tanjura (rotora) nalazi se fini feromagnetski prah. Ako se želi postići prijenos okretnog momenta, mora se uključiti struja kako bi elektromagnet stvorio magnetsko polje i magnetizirao prah. Što je jača struja to je jače i magnetsko polje pa je manje klizanje tanjura spojke. Snagom struje upravlja elektronički sklop na temelju položaja papučice za ubrzanje, broja brzine vozila i okreta motora.

Slika 13. Elektro magnetska spojka



Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (05.04.2020.)

4.2. Mjenjač

Mjenjač je sastavni dio transmisije koji se nalazi između spojke i diferencijala. Zadatak mu je prenositi okretni moment i brzinu vrtnje motora, te ga to čini najznačajnijim dijelom transmisije jer izravno utječe na karakteristike motora. Motor s unutarnjim izgaranjem radi u području najmanje i najveće brzine vrtnje, te u tom rasponu daju određeni okretni moment potreban za svladati otpora vožnje. Elastično područje rada motora je područje brzine vrtnje između najvećeg okretnog momenta i najveće snage naziva se. Motor s unutarnjim izgaranjem ne može dati dovoljan okretni moment za svladavanje svih otpora vožnje i velikih sila koje se u tom trenutku pojavljuju, zbog toga se koristiti mjenjač koji različitim prijenosnim omjerima multiplicira okretni moment motora i time pospješuje svladavanje svih otpora kretanju.

Po načinu upravljanja razlikuju se ručni mjenjač, djelomično automatski mjenjač i automatski mjenjači. Prema prijenosu snage mjenjači se mogu podijeliti na hidraulične, mehaničke, kombinirane i električne.

Zahtjevi koje mjenjači ispunjavaju i njihova zadaća:

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

Mjenjači za osobna vozila se dijele na:

- mehanički kontinuirani mjenjači,
- ručni mehanički mjenjač,
- potpuno automatizirani mjenjač,
- djelomično automatizirani mjenjač.

4.2.1. *Ručni mehanički mjenjač*

Ovaj mjenjač najviše se koristi i najzastupljeniji je na putničkim automobilima. Ručno upravljani mjenjač može biti od 4 do 6 stupnjeva prijenosa ali danas su najzastupljeniji sa 5 stupnjeva prijenosa. Prednost ovog mjenjača je visoka korisnost, visoka pouzdanost, dugi vijek trajanja, jednostavna konstrukcija i mala težina. Pod ručnim upravljanjem podrazumijeva se istodoban proces uključivanja spojke i pokretanja kao i radnja promjene stupnja prijenosa. Mjenjač se izvodi s uključenjem pomoću zupčastih spojki sa uređajem za sinkroniziranje.

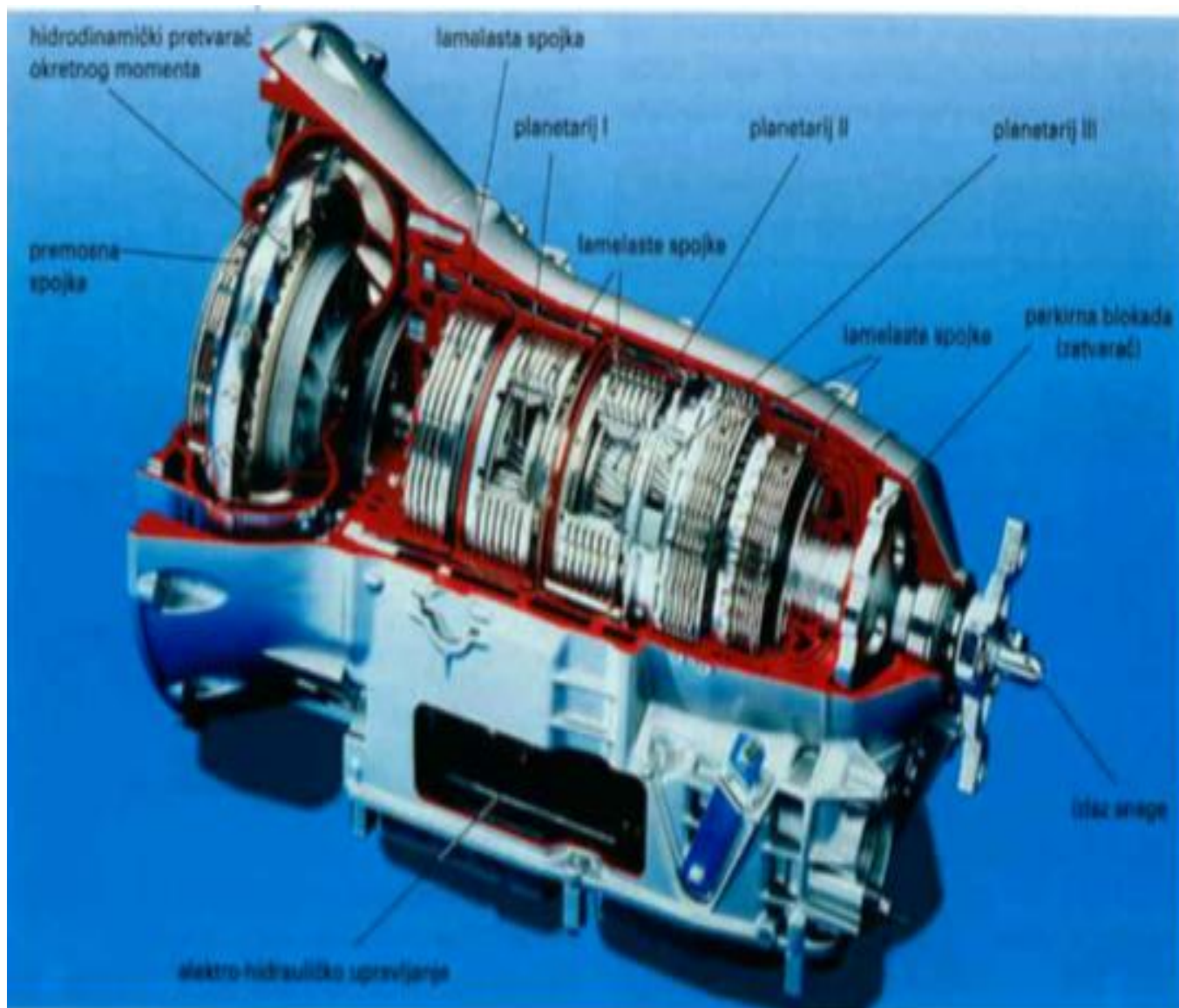
4.2.2. *Potpuno automatizirani mjenjač*

Automatizirani mjenjač podrazumijeva potpuno automatsko pokretanje, odnosno promjene stupnjeva prijenosa i uključivanje spojke prema odgovarajućem programu. Taj mjenjač ima prednosti u odnosu na ručni mjenjač:

- brža promjena stupnja prijenosa nego što čini sam vozač,
- pravovremena promjena stupnja prijenosa (smanjena potrošnja goriva),
- rasterećenje vozača i povećanje udobnosti vožnje.

Ovi automatizirani mjenjači najčešće se zovu automatski mjenjači. Planetarni mjenjač koristi se zbog toga što je manje dimenzije i težine od klasičnog i omogućuje promjenu stupnjeva prijenosa bez prekida tijeka snage. Lakše je izvesti automatizaciju promjene stupnjeva prijenosa. Uključivanje pojedinog stupnja ostvaruje se lamelastim spojkama, pojasnim i lamelastim kočnicama. Djelovanje spojki i kočnica se ostvaruje hidrauličkim putem uz pomoć automatskog upravljanja. Najčešća izvedba ovog mjenjača sastoji se od hidrodinamičkog pretvarača (Trilok pretvarača) i planetarnog mjenjača.

Slika 14. Potpuno automatski 5-stupanjski mjenjač s tri planetarija



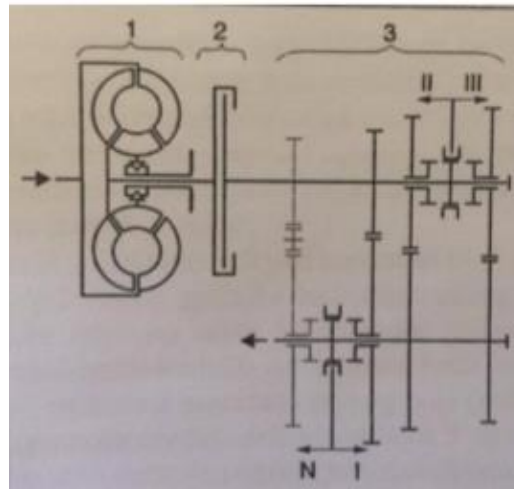
Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (05.04.2020.)

4.2.3. *Djelomično automatizirani mjenjač*

Ova vrsta mjenjača može se izvesti na dva načina:

- vozač uključuje i isključuje spojku, a promjena stupnja prijenosa je automatizirana,
- automatizirano uključivanje i isključivanje spojke s ručnom promjenom stupnja prijenosa.

Slika 15. Djelomično automatizirani mjenjač



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

(06.04.2020.)

Prikazan je djelomično automatizirani mjenjač koji ima hidrodinamički pretvarač (1), taru spojku (2) i mehanički mjenjač s jednom redukcijom i tri stupnja prijenosa (3). Kod pomicanja ručice mjenjača automatski se isključuje taru spojka i omogućuje nesmetano ručno uključivanje određenog stupnja prijenosa. Kada se uključi stupanj prijenosa taru spojka automatski se uključi.⁷

Zadaća hidrodinamičkog pretvarača:

- ublažuje torzijske vibracije pri uključivanju tarne spojke,
- omogućava pokretanje vozila iz bilo kojeg stupnja prijenosa,
- premošćuje grubo stupnjevanje prijenosa (samo tri stupnja prijenosa).

Nedostatak jest relativno niska korisnost mjenjača koja izlazi iz stalnog prijenosa okretnog momenta preko hidrodinamičkog pretvarača. To je razlog zbog kojeg ovi mjenjači nisu uključeni u širu primjenu.

⁷ Zavada, J. : Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2000

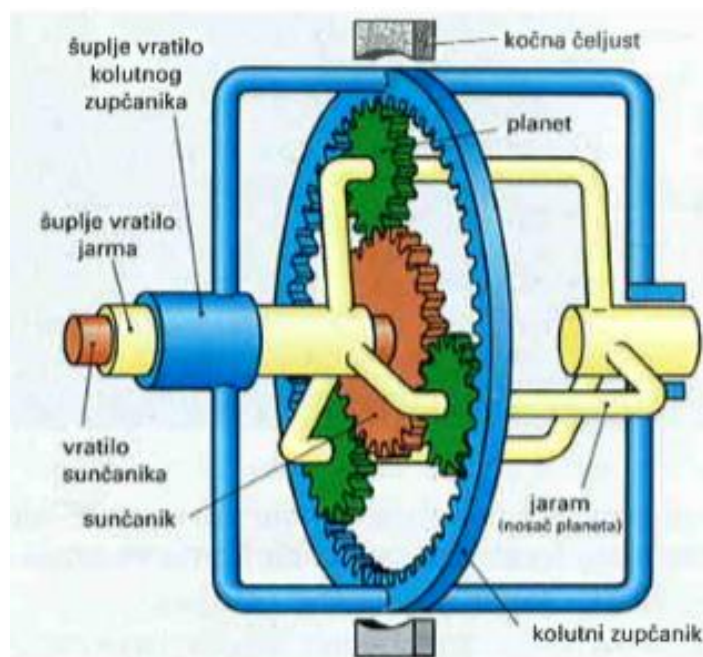
4.2.4. Planetarni mjenjač

Osnovni dijelovi jednostavnog planetarnog mjenjača su:

- sunce ili sunčanik,
- jaram ili nosač planeta,
- kolutni zupčanik s unutrašnjim ozubljenjem,
- planetarni zupčanici (sateliti, trkači ili planeti).

Planeti su svojim vratilima učvršćeni na jaram i odvaljuju se po unutrašnjem ozubljenju kolutnog zupčanika i vanjskom ozubljenju sunčanika. Svi zupčanici u stalnom su zahvatu. Sunčanik kolutni zupčanik ili jaram mogu biti kako pogonski (ulaz snage) tako i kočeni. Snaga se uzima s kolutnog zupčanika ili jarma.

Slika 16. Jednostavni planetarij



Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (06.04.2020.)

4.3. Diferencijal

Diferencijal se ugrađuje da se omogućio prijenos okretnog momenta pri različitim brzinama vrtnje pogonskih kotača. Razlika u kutnim brzinama pojavljuje se kod:

- pri različitim promjenama kotača (dinamički zbog različitog tlaka, statički različiti promjeri pneumatika, opterećenja ili istrošenosti)
- na neravnoj podlozi,
- pri kretanju vozila u krivini.

Glavni zadatak diferencijala je povećati i prenijeti okretni moment pri različitim kutnim brzinama pogonskih kotača, on mora:

- ravnomjerno razdijeliti okretno momente na pogonske kotače bez obzira na razliku u brzinama vrtnje kotača. Kotačem koji ima lošije držanje s podlogom određena je veličina okretnog momenta,
- izjednačenje brzina vrtnje pogonskih kotača, kako nebi došlo do loma i klizanja jednog kotača ne smiju biti spojeni na jednu osovinu jer u tome slučaju imaju različitu brzinu vrtnje.

Mehanizmi za izjednačavanje mogu biti:

- pužnim prijenosom (ugrađuje se u 4WD vozila kao razvodni mjenjači sa samokočnim djelovanjem – TorSen diferencijali),
- s čeonim zupčanicima (ta izvedba je rijetka),
- s konusnim zupčanicima (stožnicama).

4.3.1. Princip rada

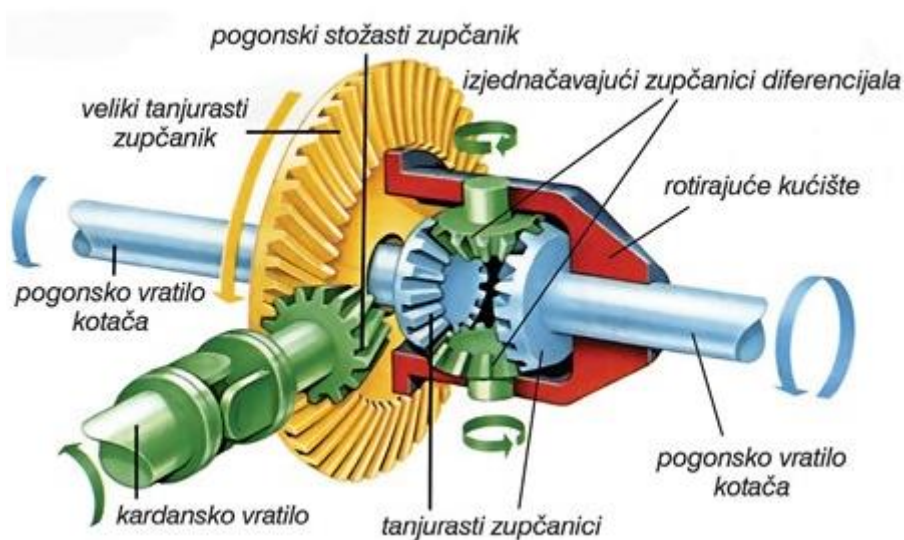
Rad diferencijala se može objasniti po principu koloturnika. Pravocrtno gibanje vozila po ravnoj podlozi s jednakim promjerima pneumatika odgovara translaciji koloturnika brzinom v_0 zbog djelovanja sile F_0 . Kad se koloturnik ne rotira to vrijedi:⁸

$$\boxed{v_a = v_b = v_0} \quad \boxed{F_0 = F_a + F_b}$$

⁸ Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Kod gibanja vozila u zavoju smanjuje se brzina rotacije unutrašnjeg kotača (manji radijus), dok se vanjskom kotaču za jednaki iznos povećava. Po principu koloturnika u tome slučaju brzina centra v_o ostaje konstantna ali se mijenjaju brzine točaka v_a i v_b , za koliko se smanji v_a , toliko se poveća v_b . Kad je snaga pravilno raspodijeljena na oba kotača te se i sile moraju promijeniti (snaga je umnožak sile i brzine), F_a se poveća i F_b smanji pa se koloturnik počne okretati ulijevo. Ako su oba pogonska kotača spojena jednom osovinom, prikazat će unutrašnji.⁹

Slika 17. Diferencijal



Izvor: https://autoportal.hr/wp-content/uploads/2019/11/image_61948.jpg (05.04.2020.)

4.3.2. Diferencijal sa stožnicom

Tanjurasti zupčanik spojen s kućištem diferencijala pogonjen je malim stožastim zupčanikom. Unutar samog kućišta diferencijala se nalaze slobodno okretljivi stožnici za izjednačavanje (sateliti ili trkači) nazubljeni sa stožnicima polu vratila (malim tanjurastim zupčanicima).

Jedan kotač je zakočen, a drugi se slobodno okreće u slučaju da se zakoči jedna od polu vratila. U tom slučaju sateliti se okreću oko svojih osi i kotrljaju po stožniku zakočenog polu vratila.

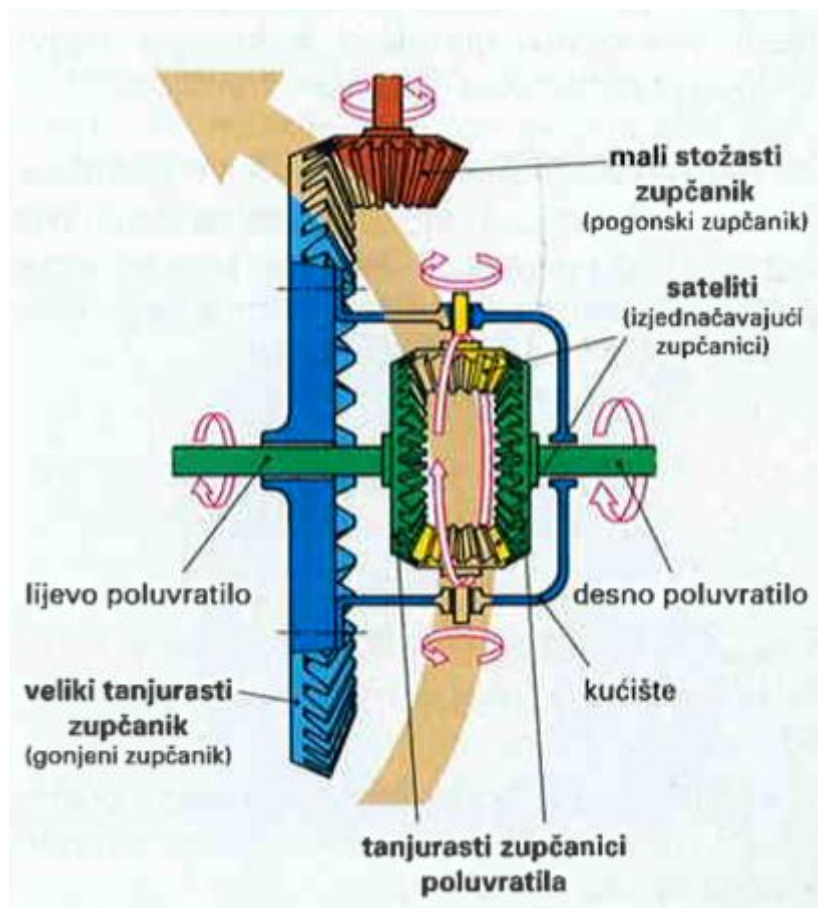
⁹ Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006.

Time je izjednačena razlika u brzinama vrtnje kotača slobodno okretni kotač rotira dvostruko većom brzinom u odnosu na tanjurasti zupčanik.

Vožnja po pravcu oba dva pogonska kotača okreću se istim brojem okretaja tako i stožnici polu vratila. Pošto s obje strane djeluju jednake sile, sateliti se ne mogu rotirati oko svojih osi, nego se okreću zajedno sa kućištem.

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

Slika 18. Diferencijal sa stožnicima



Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (05.04.2020.)

4.3.3. Diferencijal s blokadom

Diferencijal s blokadom (diferencijal s mehanizmom za kočenje) može spriječiti izjednačavanje razlike brzine vrtnje između:

- razvodnih mjenjača na posebnim pogonskim osovina (uzdužna blokada),
- kotača jedne osovine (tzv. poprečna blokada).

Kod diferencijala s blokadom veličina okretnog momenta određena je kotačem koji ima bolje prijanjanje (veća vuča ili bolje držanje). Obični diferencijal bez blokade ima svoj nedostatak u trenutku kad jedan od pogonskih kotača izgubi trakciju, u tom trenutku diferencijal drugom kotaču podijeli jednak okretni moment. Diferencijal s blokadom daje veći okretni moment upravo kotaču s boljim prijanjanjem. Kočnim brojem ugrađenog prijenosnika i njegovom trakcijom određena je veličina okretnog momenta koji će se dodijeliti tom kotaču.

Kočni broj = S (vrijednost zatvaranja diferencijala) pokazuje moguću razliku okretnog momenta između lijevog i desnog kotača jedne pogonske osovine ili razliku momenata dvije pogonske osovine (4WD vozila).

$$S = \frac{\text{razlika } M_{\text{kotača}}}{\sum M_{\text{kotača}}} \times 100 [\%]$$

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

$\sum M_{\text{kotača}}$ – zbroj okretnih momenata kotača

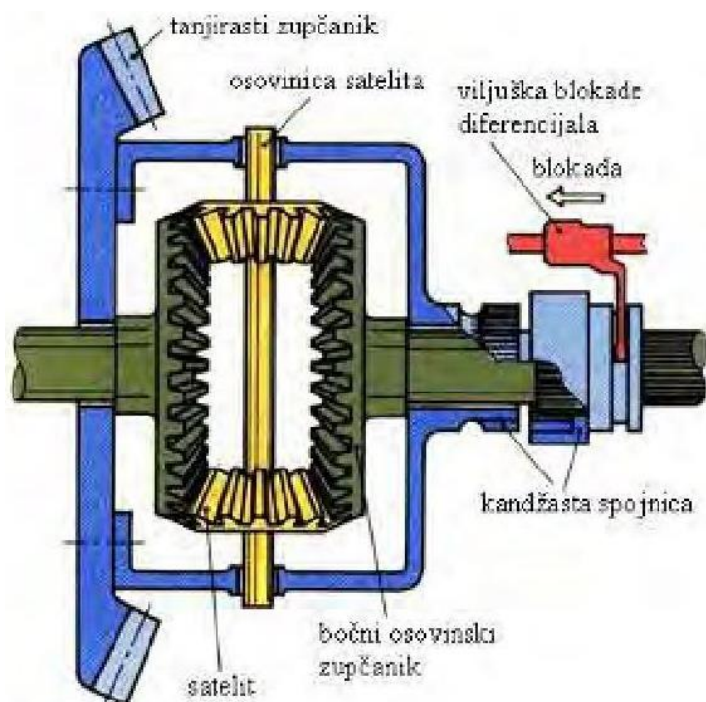
Kočni broj dobije se u postotcima u odnosu na ukupni okretni moment na tanjurastom zupčaniku. Npr. kočni broj S= 40% to znači da kotač s boljom trakcijom može dobiti 40% veći okretni moment od kotača sa slabijim držanjem.

4.3.4. *Uključeni diferencijal*

Diferencijal se može uključivati mehanički (rukom) ili pneumatski. Kada se potiskuje klizna polovina spojke (zubata ogrlica) zahvatom zuba čvrsto povezuje poluosovinu s kućištem diferencijala. Blokiranjem jedne poluosovine u istodobno blokira se i druga, to znači da se obje poluosovine vežu u jednu cjelinu bez ikakvog izjednačavanja ($S = 100\%$).

Kada je diferencijal uključen s blokadom ne smije se aktivirati ako se vozilo nalazi na normalnoj podlozi jer bi uslijedila havarija.

Slika 19. Diferencijal sa zubatom spojkom



Izvor: <https://i798.photobucket.com/albums/yy265/jovanf/Slika7.jpg> (05.04.2020.)

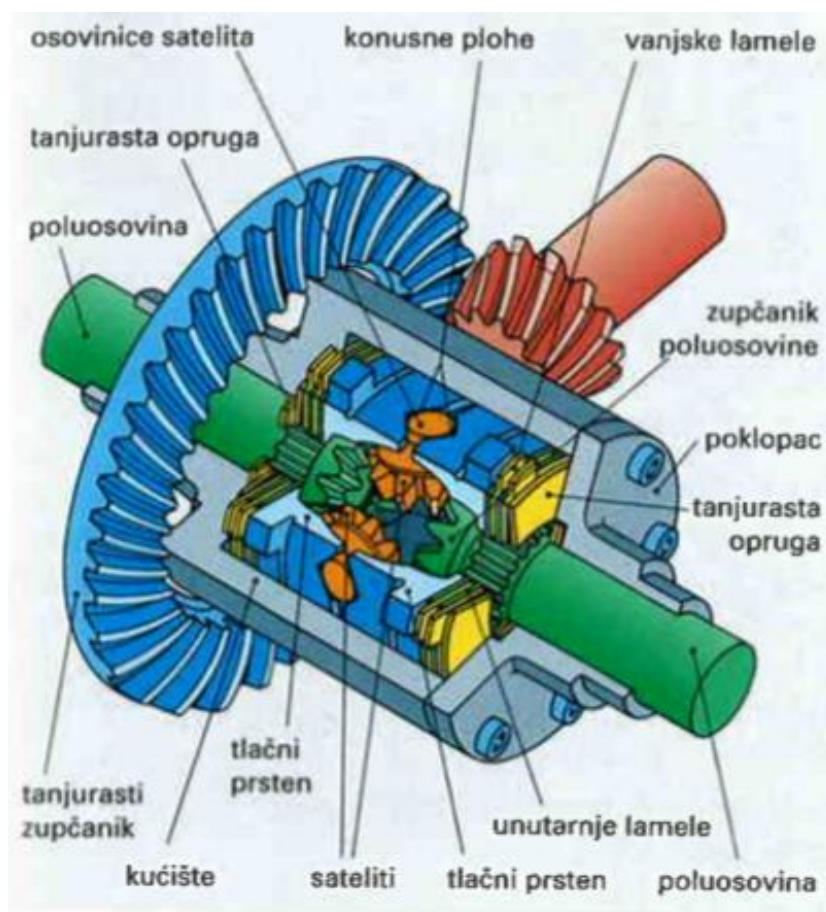
4.3.5. Samokočni diferencijal

Samokočni diferencijali samostalno blokiraju pojedine poluosovine. Kotaču s većom vučnom daje veći okretni moment. Između 25% i 70% obično je kočni broj ovakvih diferencijala.

Razlikuje se nekoliko izvedbi:

- diferencijali s lamelastim spojka,
- Visko-spojke,
- TorSen diferencijal,
- Haldex-spojka,
- električki diferencijal (ESD ili EDS,
- automatski diferencijali s blokadom.

Slika 20. Samokočni diferencijal s lamelastom spojkom



Izvor: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište, Zagreb 2006. (05.04.2020.)

Između prstena i kućišta nalaze se lamelaste spojke. Vanjske lamele svojim zubima zadiru u uzdužne utore kućišta dok unutarnje lamele svojim ozubljenjem zahvaćati vanjsko ozubljenje poluosovine. Četiri klinasta utora na unutrašnjim čelima tlačnih prstenova služe kao oslonci osovinicama satelita. Potreban prednapon lamela daju ugrađene tanjuraste opruge.

Princip rada okretni moment s mjenjača povećava se na tanjurastom zupčaniku i prenosi preko kućišta na tlačne prstenove.

Kotači rotiraju jednakim kutnim brzinama svakom kotaču daje se jednak okretni moment koji se prenosi preko kućišta i tlačnih prstenova na lamelaste spojke i poluosovine kotača.

Kotači na podlogama različite kvalitete – okreće li se npr. zbog manjih otpora desni kotač, rotiraju i sateliti. Osovinice satelita upiru na tlačne prstenove gurajući ih na lamelaste spojke između unutrašnjih lamela s većom kutnom brzinom i vanjskih lamela desne lamelaste spojke stvara se moment trenja ovisan o sili naližeganja prstenova na spojku tj. O razlici broja okretaja kotača.

5. ZAKLJUČAK

Pogon vozila je jedan bitan dio svakog vozila koji mu omogućava pokretanje i kretanje u vožnji. Naime pogon je moguće podijeliti s obzirom kako je snaga motora raspoređena prema pogonskim kotačima. Glavna podjela pogona je na: prednji pogon, stražnji pogon, pogon na sva četiri kotač, te u današnje vrijeme i na hibridni pogon. Svaki pogon je specifičan na svoj način. Kod pogona na prednje kotače, snaga motora je usmjerena na prednji dio pogonskih kotača, a dok kod stražnjeg pogona na stražnji dio pogonskih kotača. Što se tiče pogona na sva četiri kotača, snaga motora je ravnomjerno raspoređena na sva četiri pogonska kotača. Postoje dvije vrste pogona na sva četiri kotača, a to su: permanentni i povremeni. Kod permanentnog, obje osovine imaju stalni pogon, a kod povremenog prednja osovina se uključuje po potrebi, a stražnja je stalno u pogonu.

Hibridni pogon vozila je specifičan po tome što ne koristi samo jedan oblik pogona nego dva ili više. To je moderniji oblik pogona jer najčešće dolazi u kombinaciji električnog pogona i nekog oblika standardnog pogona (diesel motor, benzinski motor). Izvedba vozila je također jedan bitan faktor kod pokretanja vozila. On se sastoji od prijenosnog pod sklopa vozila, upravljačkog pod sklopa vozila, hodnog pod sklopa vozila i voznog pod sklopa vozila. Prijenosni sklop vozila sastoji se od spojke, mjenjača i diferencijala. Svi ti dijelovi prijenosnog pod sklopa vozila omogućavaju prijenos snage motora na pogonske kotače.

6. LITERATURA

Knjige

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

Internetske stranice

3. <https://autoportal.hr/aktualno/novosti/dobro-je-znati-diferencijal-preciznije-diferencijalni-prijenosnik/> (05.04.2020.)
4. <https://www.autonet.hr/tehnika/skola/prijenos-snage-v/> (05.04.2020.)

Predavanja prof. dr. sc. Ivan Mavrin, kolegij: Sredstva i eksploatacija sredstava cestovnog prometa

POPIS SLIKA

Slika 1. Prijenos snage- cestovno vozilo	2
Slika 2. Skica zadnjeg pogona	3
Slika 3. Stražnji pogon	4
Slika 4. Motor smješten na sredinu	4
Slika 5. Motor ispod poda vozila	5
Slika 6. Skica prednjeg pogon	6
Slika 7. Prednji pogon	6
Slika 8. Hibridni pogon – motor s unutarnjim izgaranjem + elektromotor	8
Slika 9. Skica pogona na sva četiri kotača	9
Slika 10. Skica sklopa vozila	13
Slika 11. Tarna spojka – tanjurasta (lamelna) spojka	14
Slika 12. Hidrodinamička spojka	15
Slika 13. Elektro magnetska spojka	16
Slika 14. Potpuno automatski 5-stupanjski mjenjač s tri planetarija	19
Slika 15. Djelomično automatizirani mjenjač	20
Slika 16. Jednostavni planetarij	21
Slika 17. Diferencijal	23
Slika 18. Diferencijal sa stožnicima	24
Slika 19. Diferencijal sa zubatom spojkom	26
Slika 20. Samokočni diferencijal s lamelastom spojkom	27