

# Utjecaj sustava za upravljanje kod cestovnih vozila na sigurnost cestovnog prometa

---

Krpan, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

*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:119:931945>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

**ZAVRŠNI RAD**

**UTJECAJ SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE KOD CESTOVNIH  
VOZILA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA**

**INFLUENCE OF ROAD VEHICLE STEERING SYSTEM ON  
ROAD SAFETY**

**Mentor:**

Doc.dr.sc. Željko Šarić

**Student:**

Ivan Krpan

JMBAG: 0135251640

Zagreb, kolovoz 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH  
ZNANOSTI  
ODBOR ZA  
ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 7. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**

Predmet: **Cestovna prijevozna sredstva**

**ZAVRŠNI ZADATAK br. 6242**

Pristupnik: **Ivan Krpan (0135251640)**

Studij: **Promet**

Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj sustava za upravljanje kod cestovnih vozila na sigurnost cestovnog prometa**

Opis zadatka:

U Završnom radu potrebno je prikazati mehanizam i princip rada sustava za upravljanje cestovnim prijevoznim sredstvima. Objasniti izvedbe navedenog sustava te utvrditi najčešće kvarove na uređajima koji se nalaze u sustavu za upravljanje. Analizirati udio tehničke neispravnosti sustava za upravljanje na redovnim tehničkim pregledima vozila te prikazati utjecaj sustava za upravljanje na sigurnost cestovnog prometa

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

doc. dr. sc. Željko Šarić

## **SAŽETAK**

Upravljački sustav vozila jedan je od najvažnijih aktivnih elemenata sigurnosti vozila s obzirom da ispravan upravljački sustav uvjetuje upravljivosti odnosno usmjerenje kretanja vozila željenom putanjom to jest pravcem kretanja. Sustav upravljanja sklop je puno više sustava koji međusobno surađuju te od kojih vozač koji upravlja vozilom uživa njihovu potporu, bilo da se radi kontroliranim ili nekontroliranim prometnim situacijama. Cilj optimizacije sustava i samih mehaničkih sklopova unutar vozila je povećanje sigurnosti prometnog toka kao i njegovih sudionika.

**KLJUČNE RIJEČI: UPRAVLJAČKI SUSTAV, SIGURNOST, PRAVAC KRETANJA, UPRAVLJAČKI SKLOPOVI**

## **SUMMARY**

The vehicle steering system is one of the most important active elements of vehicle safety. Accurate control system conditions the maneuverability and direction of the vehicle's movement in the desired path and so the direction of movement. The steering system is a set of many more systems that cooperate with each other and with the driver operates the vehicle enjoys their support, whether it is controlled or uncontrolled traffic situation. The goal of optimizing the system and the mechanical assemblies themselves inside the vehicle is to increase the safety of the traffic flow as well as its participants.

**KEY WORDS: CONTROL SYSTEM, SAFETY, DIRECTION OF MOVEMENT, CONTROL CIRCUITS**

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. MEHANIZAM SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE CESTOVNIM PRIJEVOZNI SREDSTVIMA</b> .....	2
2.1. Kolo upravljača unutar cestovnih prijevoznih sredstava .....	2
2.2. Upravljački stup unutar cestovnih prijevoznih sredstava .....	5
2.3. Upravljača kutija ili letva unutar sustava za upravljanje cestovnim prijevoznim sredstvima	5
2.4. Parametri ponašanja cestovnih prijevoznih sredstava u prostoru .....	7
2.4.1. Polumjer okretaja cestovnih prijevoznih sredstava.....	7
2.4.2. Prijenosni omjer upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava .....	12
2.5. Pomoćni sustavi prilikom upravljanja cestovnim prijevoznim sredstvima .....	13
<b>3. NAČINI IZVEDBE SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE CESTOVNIM PRIJEVOZNI SREDSTVIMA</b> .....	15
3.1. MEHANIČKI PRIJENOSNIK SA ZUPČASTOM LETVOM NA UOPRAVLJAČU CESTOVNIM PRIJEVOZNI SREDSTVIMA .....	15
3.1.1. Upravljačka letva sa zagonskim zupčanicom.....	16
3.1.2. Upravljačka letva s pužnim mehanizmom.....	17
3.1.3. Upravljačka letva upravljača s vijčanim mehanizmom .....	17
3.2. POJAČALA UPRAVLJAČKOG SUSTAVA CESTOVNIH PRIJEVOZNIH SREDSTAVA 18	
3.2.1. Hidraulička podrška upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava .....	19
3.2.2. Elektrohidraulička podrška upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava ....	19
3.2.3. Električka podrška upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava .....	21
3.3. Ovjes vozila cestovnih prijevoznih sredstava .....	24
<b>4. ODRŽAVANJE I NAJČEŠĆI KVAROVI SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE CESTOVNIM PRIJEVOZNI SREDSTVIMA</b> .....	28
4.1. Kvarovi i oštećenja upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava .....	28
4.2. Održavanje upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava.....	30
<b>5. UTJECAJ UREĐAJA ZA UPRAVLJANJE CESTOVNIM PRIJEVOZNI SREDSTVIMA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA</b> .....	35

5.1.	Upravljanje s prekrivanjem.....	35
5.2.	Udio kvarova upravljačkog sustava .....	38
<b>6.</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>41</b>

# 1. UVOD

Mehanizam koji služi upravljanju vozilom jedan je od važnijih elemenata iz aspekta kretanja vozila odnosno sigurnosti prometa i uvelike utječe na odvijanja prometa na prometnicama. Isto tako upravljački sustav tijekom kretanja vozila mora biti pod konstantnim nadzorom vozača, izuzev najnoviju tehnologiju umjetne inteligencije gdje sustavi sami djeluju na držanje pravca gibanja ili promjenu smjera vozila. Propusti mogu rezultirati ugrozom sigurnosti vozača i ostalih sudionika u prometu. Bez obzira na način izvedbe te implementacije ulazni i izlazni parametri sustava za upravljanja vozilom ostaju jednaki.

Najvažnija funkcija upravljačkog sustava je promjena i zadržavanje trenutnog smjera kretanja vozila. Današnjim neprestanim i uzastopnim rastom motoriziranog prometa u svijetu nerijetko upravljački sustav sve više dobiva na važnosti u aspektu sigurnosti prometa. Ispravnim upravljačkim sustavom i sustavom kočenja, kao i ostalim mehaničkim sklopovima, moguće je pravovremeno i ispravno reagirati to jest upravljati vozilom te time spriječiti nepoželjne situacije. Cilj rada je predočiti skladnost elemenata upravljačkog sustava i njegovo održavanje u funkciji sigurnosti prometa na cestama. Rad je podijeljen na šest cjelina:

1. Uvod,
2. Mehanizam sustava za upravljanje cestovnim prijevoznim sredstvima,
3. Načini izvedbe sustava za upravljanje,
4. Održavanje i najčešći kvarovi sustava za upravljanje cestovnim prijevoznim sredstvima,
5. Utjecaj uređaja za upravljanje cestovnim prijevoznim sredstvima na sigurnost cestovnog prometa i
6. Zaključak.

Drugo poglavlje predočava pojedine elemente sustava i način na koji se oni uklapaju u skladnu cjelinu - istaknuti su najvažniji dijelovi za optimalnu funkciju te na koji način korespondiraju s ostatkom sustava i u kojem obliku pridonose upravljivosti vozila s ostalim pomoćnim sustavima.

Unutar trećeg poglavlja navode se oblici izvedbe sustava za upravljanje kao i elementi svakog pojedinog sustava. Svaki od navedenih sustava ima svoje mane i prednost. K tomu se navode i neki zasebni sustavi koji direktno ili indirektno utječu na upravljivost vozila poput su sustav ovjesa vozila i sustav pojačala upravljanja vozilom.

U četvrtom poglavlju istaknuti su najčešći i najrasprostranjeniji kvarovi, kako do njih dolazi te kako ih preventivno otkloniti. Dijagnostički uređaji uvelike pripomažu identifikaciji kvarova bilo da su oni inherentne ili neinhherentne prirode. Kako bi se kvarovi sveli na minimum, pravovremeno i pravilno održavanje sustava i elemenata unutar vozila je od velike važnosti.

Unutar petog poglavlja rada razlaže se učestalost pojave kvarova i njihov utjecaj na vozilo, vozača i okolinu. Važno je spomenuti i zaleđe koje ima vozilo uslijed otkazivanja mehaničkih ili drugih sklopova u obliku prekrivenog upravljanja vozilom.

## **2. MEHANIZAM SUSTAVA ZA UPRAVLJANJA CESTOVNIM PRIJEVOZNYM SREDSTVIMA**

Sustav upravljanja sastoji se od mnogobrojnih elemenata i manjih mehanizama te podsustava koji se odavno ubrajaju u važne sigurnosne aktivne elemente vozila. Određeni su mehanizmi tog sustavu bili su podložni promjenama kroz vrijeme u skladu s razvitkom prateće tehnologije, dok su neki, oni glavni ostali nepromijenjeni. Prvi je i najvažniji cilj u ostvarenju funkcije upravljačkog sustava vozila jamčiti sigurnost vožnje kao i njezinu udobnost. U skladu s time neizbježno je pravodobno održavanje ovakvog sustava kao i onih koji su povezani s njime. Dakle glavna funkcija upravljačkog sustava je usmjeravanje odnosno orijentiranje prednjih pneumatika u skladu s okretanjem upravljača kao i zadržavanje smjera kretanja. Prilikom toga važan faktor je stabilnost izvođenja manevara. Upravljački sustav trebao bi biti takve izvedbe da upravljač prilikom svakog pomaka odnosno pri završetku istog ima tendenciju vratiti ga u neutralan to jest početan položaj. Takve sposobnosti upravljačkog sustava usko su povezane s implementacijom pneumatika na vozilo – o nagibu, zatru i rasponu ovisi u kojoj mjeri će vozilo na prometnici biti upravljivo.

Primjer napretka upravljačkog sustava vozila koji je kroz vrijeme postignut razvitkom tehnologije je mogućnost upravljanja stražnjih pneumatika (onih pneumatika koji su bliži stražnjem prepustu vozila). Dakako, tada se javlja potreba za prilagodbom, mehanizama, elemenata kako se ne bi narušila postojeća upravljivost uslijed povećanja mase vozila i optimalno funkcioniranje ostalih sustava unutar vozila.

Dakle, općenito govoreći neki od glavnih zahtjeva koje upravljački sustav mora zadovoljiti su pružanje potrebne putanje kretanja prema parametrima upravljivosti, stabilnosti i okretanja. Sile koje se primjenjuju na kolo upravljača na smiju prelaziti dozvoljene vrijednosti. Nadalje, pokreti upravljača od početne pa sve do krajnje točke moraju odgovarati standardima. Isto tako mora biti moguće upravljati vozilom u slučaju da pojačivač prijeđe u stanje kvara. Funkciju upravljača moguće je odrediti i parametrom koji govori o kutu upravljanja, dok se kotači ne okrenu (ukupno zaziranje).

Mehanizam za upravljanje cestovnim prijevoznim sredstvima sastoji se od tri glavne komponente:

1. Upravljač,
2. upravljački stup,
3. upravljačka letva ili kutija.

### **2.1. Kolo upravljača unutar cestovnih prijevoznih sredstava**

Upravljač, kolo upravljača ili volan primarno služi za prilagodbu smjera kretanja odnosno korekciju putanje vozila na cesti. Iz tog razloga neizostavan je element sigurnosti u prometu te se pomoću njega mogu, uz predviđanje, izbjeći nepoželjne situacije u prometnome toku.

Kolo upravljača ili volan je uređaj koji je montiran na unutarnjoj strani vozila i s kojim vozač ima izravan kontakt. Pričvršćen je na upravljački stup vozila te koji kružnim okretanjem prenosi okretni moment odnosno rotaciju na upravljački stup, a potom posredno i



na upravljačku letvu sustava putem čega se izravno utječe (linearnim pokretima) na pomicanje pneumatika vozila. Dakle, ulazni parametar je utjecaj čovjeka to jest sile koje čovjek prenosi na kolo upravljača pa onda time i na ostatak sustava za upravljanje unutar vozila.

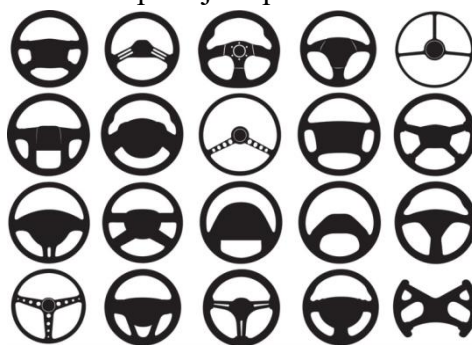
Unutar putničkih automobila primjerice upravljači su najčešće smješteni s desne strane vozila (RHD) odnosno obrnuto, to jest na lijevoj strani u državama gdje vrijedi takav zakon (LHD). Nadalje, upravljački su uglavnom kružnog oblika te su montirani i fiksirani na glavčinu upravljača, a pomoću koje je spojen vanjski prsten upravljača putem jedne (u vrlo rijetkim slučajevima kod starijih vozila) ili više žbica. Osim kružnog oblika, upravljač se još pojavljuje u obliku leptira (primjerice u bolidima formule 1, slika 1). [5]



Slika 1. Upravljač bolida F1, Ferrari SF90 (2019. godina).

Izvor: [18]

U svojem središtu najčešće ili na rubnim dijelovima upravljači imaju instaliran gumb za zvukovnu signalizaciju u promet. Osim toga na upravljaču unutar vozila dodatno se nalaze ručice za uključivanje pokazivača smjera, uključivanje brisača vjetrobranskog stakla, pranje vjetrobranskog stakla i svom dodatnom opremom kod novijih modela vozila, a koja je kod starijih modela vozila izostala. Oblici upravljača prikazani su slikom 2.

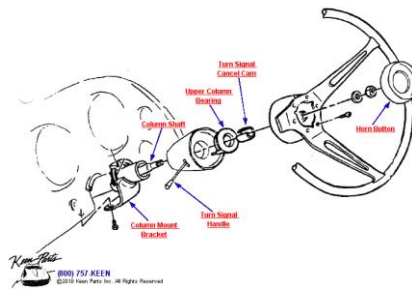


Slika 2. Oblici upravljača

Izvor: [19]

Naime, sa aspekta tehničkih karakteristika sami gornji dio upravljačkog stupa se sastoji od upravljačkog kola (iznad čega je kontrolna ploča), montažnog nosača, vratila

upravljačkog stupa na koji se montira sami upravljač (slika 3), sklopa spojnice, središnjeg vratila upravljačkog stupa, zglob upravljača i prijenosnik sile odnosno upravljački stup. [1]



Slika 3. Montiranje upravljača na gornji dio upravljačkog stupa

Izvor: [20]

Upravljač je izravno u kontaktu s upravljačkim stupom na kojeg se direktno prenose sile s upravljača. Osovina samog upravljača oslonjena je na ležajeve koji se nalaze na spoju stupa upravljača i samog upravljača (slika 4).



Slika 4. Spoj upravljača i upravljačkog stupa

Izvor: [21]

Pokret na upravljaču nije razmjernan pokretu pneumatika vozila, već veći pokret na upravljaču rezultira manjim na pneumaticima. Tako ovisno o vozilu o kojem je riječ, upravljač može imati i određenu količinu slobodnog kretanja prije samog pokretanja pneumatika pa tako ono iznosi:

1. Za minibuseve i autobuse – 10 stupnjeva,
2. Autobuse i slična vozila – 20 stupnjeva,
3. Za kamione 25 stupnjeva.[5]

Sami odaziv vozila odnosno pneumatika na zakretanje upravljača može ovisiti isto tako o krutosti ovjesa i njegovoj visini.

Dosta elemenata u suvremenoj izvedbi napravljeni su od materijala aluminija koji je dosta mekan, zamjenjiv odnosno potrošan. Svi elementi koji su napravljenim mekšim materijalima ne prenose velike sile kao što je primjerice montažni nosač upravljača. Dok dijelovi koji kao što su u ovjesu automobila vodilice pneumatika, trpe velika dinamička opterećenja, izrađeni od nešto čvršćih i izdržljivijih materijala.

## 2.2. Upravljački stup unutar cestovnih prijevoznih sredstava

Upravljački stup je element upravljačkog sustava koji prenosi moment sile koji vozač upravljajući vozilom stvara te ga prenosi od upravljača do upravljačke letve ili upravljačke kutije. Isto tako upravljački stup u vozilu ima važnu funkciju sigurnosti koja se odnosi na njegovu konstrukciju koja u slučaju prometne nesreće, primjerice frontalnog sudara. U tom slučaju pospješuje ublažavanju ozljeda vozača. Kako se upravljački stup sastoji od elemenata koji prilikom lomljena mogu postati oštri te ozlijediti vozača, unutar same konstrukcije stupa ugrađeni su lomljivi zglobovi mekšeg materijala koji omogućavaju skraćivanje samog stupa upravljača.

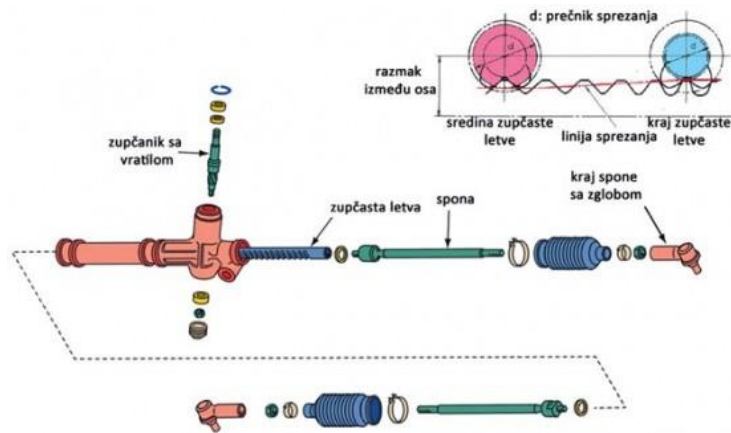
Stup upravljača sastoji se od gornjeg i donjeg nosača, kućišta vratila i samog kardanskog vratila s mehaničkim zglobovima. [1]

## 2.3. Upravljača kutija ili letva unutar sustava za upravljanje cestovnim prijevoznim sredstvima

Isto tako jedan od bitnijih elemenata od kojih se sastoji upravljački sustav je upravljačka letva ili upravljačka kutija. Ovaj element služi primarno za pretvaranje rotacijskog kretanje gornjeg i središnjeg dijela upravljačkog stupa u linearno kretanje poluosovina koje dalje pokreću okretne spojeve, zglobove te time usmjeravaju pneumatike u željenom smjeru kretanja vozila.[6]

Izvedba donjeg dijela upravljačkog sustava nije jedinstvena, premda svrha odnosno funkcija jesu. Upravljačka letva u sustavu ima značajnu ulogu u cjelokupnoj eksploataciji vozila iz razloga što ona utječe na jednostavnost održavanja te niske cijene proizvodnje. [6]

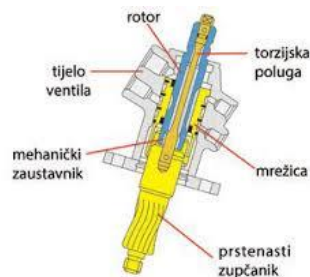
Donji dio upravljačkog sustava predstavlja područje koje je nerijetko podložno kvarovima, a time i popravcima. Komponente ovog dijela upravljačkog sustava potrebno neprestano pratiti, kao i njihovu funkciju u cijelome sustavu. Na stup upravljača nadovezuje se letva upravljača preko određenog mehanizma. Za ovaj primjer na slici 5 prikazan je zupčasti prijenos okretnog momenta sa stupa upravljača na letvu upravljača.



Slika 5. Zupčasta letva upravljača

Izvor: [4]

Dijelovi zupčastog prijenosa upravljačkog sustava sastoji se od kotača upravljača odnosno zupčanika s vratilom, osovine upravljača s kućištem, kardanske osovine upravljača sa zglobovima, zupčaste letve s kućištem, zupčanika (odnosno puža u pužnom prijenosu okretnog momenta), spone (koje se nalaze na lijevoj i desnoj strani) i krajnika spona sa zglobom (s lijeve i desne strane). Dakle, vozač djeluje silom na upravljač te se taj okretni moment putem upravljačkog stupa prenosi do letve upravljača. Pomak letve upravljača uvjetuje prijenosni omjer između zupčanika (slika 6) i letve upravljača.

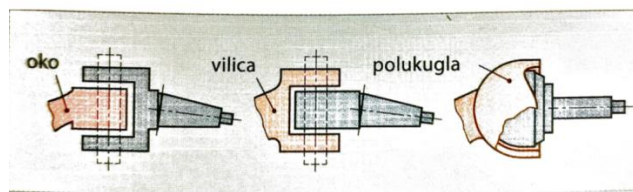


Slika 6. Mehanizam zupčanika naslonjen na letvu upravljača

Izvor: [3]

Osim s ovjesom i sponama pomoću kojih se prenosi upravljačka sila koja rezultira zakretanjem pneumatika na vozilu, pneumatici su još povezani s prednjom osovinom koja može i ne mora biti u krutoj izvedbi. Spajanje pneumatika s osovinom najčešće je izvedeno u tri varijante (slika 7):

1. Kovanim očnim prihvatom,
2. Vilicom ili
3. Polukuglom[1]



Slika 7. Spajanje kotača s očnim prihvatom, vilicom i kuglom

Izvor:[1]

## 2.4. Parametri ponašanja cestovnih prijevoznih sredstava u prostoru

Bitan parametri upravljačkog sustava vozila koji direktno utječu na udobnost vožnje su prijenosni omjer i polumjer okretaja vozila. Okret upravljača u većoj ili manjoj mjeri uvjetuje pokrete pneumatika. S druge strane manji polumjer okretaja vozila jamči olakšanu i udobniju vožnju gradskim prometnicama kao i prolasku kroz zavoje. Polumjer ili radijus okretaja vozila u zavoju odnosno promjeni smjera kretanja, onaj najmanji, ekvivalentan je najvećem okretu upravljača vozila kojeg je osovina istog dopustilo. Međutim, razlikujemo dvije vrste radijusa okretaja vozila – veliki radijus, koji biva opisan vanjskim pneumaticima te vanjskim dijelom karoserije vozila te manji radijus, koji upisuju pneumatici to jest karoserija vozila na unutarnjoj strani zavoja. Prema takvim mjerilima, mogućnosti zakretanja vozila u zavojima, projektiraju se prometnice, točnije rubovi kolnika za što udobniju i sigurniju vožnju. S obzirom kako prednji prepust vozila radi veći radijus u usporedbi sa stražnjim, koji radi manji radijus, nužno je da vozač vozila posjeduje “osjet“ dimenzija vozila kojim upravlja. Tehnička mjerenja zaokretnog radijusa vozila izvode se metodom “zid do zida” i prilikom kojeg se na rub branika vozila stavlja oznaka te ona opisuje vanjski krug. Prilikom pokretanja vozila dok je ono još u stanju mirovanja kotači su potpuno okrenuti te se vozilo kreće dok ne napravi okret od 180 stupnjeva. Tada se mjeri udaljenost početne i završne oznake. Dakako da prilikom stvarnih uvjeta na cesti odnosno okolini važan parametar imaju dimenzije vozila.

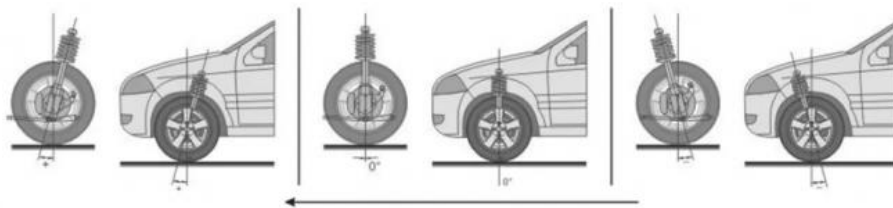
### 2.4.1. Polumjer okretaja cestovnih prijevoznih sredstava

Još jedan važan element koji može utjecati na polumjer okretaja vozila i ponašanje istoga u prostoru je kut postavljanja pneumatika ili zatur. Kut pod kojim su postavljeni pneumatici uzdužno je kut koji nastaje između zamišljene okomite vertikalne linije simetrale pneumatika i osi oko koje se pneumatik okreće. Danas vozila najčešće nemaju pneumatike postavljene na način da se oni kreću potpuno u ravnini s vertikalnom osi već postoje blaga odstupanja, pomak od tih diferentnih vrijednosti. Odstupanje kao takvo moguće je nerijetko izmjeriti jer je kao takvo vizualno ne zamjetno. Maksimum odstupanja kako bi vozilo zadržalo optimalne upravljive performanse iznosi 10 stupnjeva od zamišljene idealne okomice. Što je nagib vidljiviji, paralelno raste i indeks pneumatika. [12]

U tehničkoj literaturi implementacija pneumatika s obzirom na nagib (pogled u bokocrtu vozila) klasificirana je kao:

1. Pozitivna,
2. nulta i
3. negativna.[12]

U prvom slučaju, ukoliko se vozilo kreće s desne na lijevu stranu (slika 8) kada je pneumatik na vozilu implementiran s pozitivnim nagibom to znači da je ovjes vozila postavljen pod blagim je kutom prema stražnjoj strani vozila dok je os pneumatika ispred njega (lijeva slika). U drugom položaju kada je pneumatik na vozilu implementiran s nultim nagibom tada je pneumatik zajedno sa stupom ovjesa vozila savršeno okomit s obzirom na vertikalnu i horizontalnu ravninu (središnja slika). U trećem položaju kada je na pneumatik na vozilu implementiran s negativnim nagibom tada se ovjes automobila nalazi ispred osi pneumatika (desna slika).[9]



Slika 8. Položaj pneumatika s obzirom na zatur

Izvor: [11]

U današnjim vozilima se najčešće može pronaći pozitivna implementacija pneumatika i ovjesa s obzirom na uzdužni nagib (kada je riječ o osobnim automobilima). Uzdužni nagib pneumatika prednje osovine ima veliki učinak na radijus zakretanja vozila odnosno ponašanje vozila u zavoju – negativan nagib pneumatika i ovjesa vozila rezultirati će manjim zaokretnim radijusom vozila. Primjerice vozilo s maksimalno negativnim nagibom pneumatika, kada bi se nalazio približno ispod vozačeva sjedala, imalo bi maksimalno smanjeni zaokretni radijus. Takva preinaka položaja pneumatika nažalost ima i lošu stranu s obzirom da bi u tome slučaju bio potrebno provesti ozbiljne promjene na ovjesu samog vozila jer ono izravno utječe na kvalitetu vožnje - manje je ugrađena te je vozilo nestabilno prilikom usporavanja. Također za pomak uzdužnog nagiba pneumatika od samo jednog stupnja gotovo je pet puta veći učinak u usporedbi sa nultim nagibom pneumatika to jest u odnosu na idealnu vertikalnu. Ekstremni slučajevi zaokreta pneumatika je doseg od 90 stupnjeva (slika 9).[11]

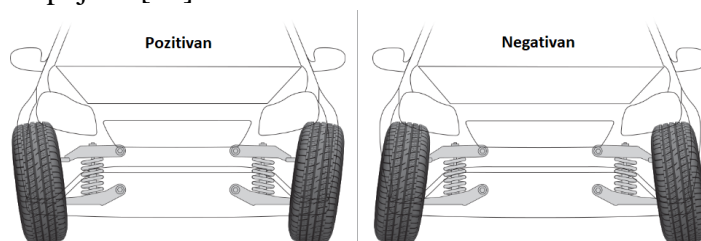


Slika 9. Kut rotacije pneumatika na vozilu

Izvor: [3]

Polumjer okretaja vozila se može i izračunati na način da se u formulu  $D = 2 * L / \sin$  uvrste podaci kao što su: promjer kruga koje vozilo napravi (D), među osovinski razmak vozila (L) koji ima izrazit utjecaj i kut rotacije guma. Vozila s manjim zaokretnim polumjerom imaju prednost u uskim prostorima i prilikom parkiranja te određenih teško dostupnih mjesta na terenu iz razloga što je njima olakšano izvođenje manevara. Prosječan polumjer koje cestovno vozilo može napraviti kreće se između 10 i 12 metara na cesti. Pojedine zemlje u Europskoj uniji imaju zakone koji zahtijevaju da polumjer vozila ne bit trebao biti veći od 12.5 metara (primjer je Njemačka, dok većina zemalja nema takvih restrikcija. Dakako kada je riječ o putničkom prijevozu tipa autobusa i ostalih teretnih vozila vrijednosti polumjera okretaja vozila kreće se preko 12 metara. [1]

Nagib pneumatika pogledom vozila iz nacrtu (slika10) može biti pozitivan kao što prikazuje lijeva slika ili negativan kao što pokazuje desna slika. Pozitivan odnosno negativan nagibu pneumatika implementiranog u vozilo u odnosu na cestu ovisi o kutu koji zatvara vertikalna linije koja prolazi kroz središte pneumatika i zatvara ga sa horizontalnom linijom to jest dodirom pologom. Kod ovakve implementacije pneumatika teži se da kut nagiba (gledano u nacrtu) bude nula stupnjeva.[10]



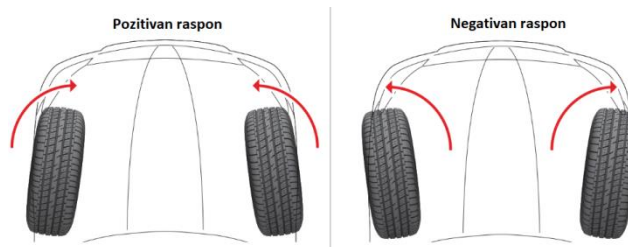
Slika 10. Položaj pneumatika s obzirom na nagibnu točku

Izvor: [3]



Posljedica nagiba pneumatika na vozilu različitom od nule (pozitivnom ili negativnom) može biti negativna te negativno utjecati na upravljivost vozila. Vozilo koje ima pozitivan položaj pneumatika dolazi do povećanog trošenja vanjskog dijela gaznog sloja pneumatika, kod negativnog položaja pneumatika na vozilu dolazi do povećanog trošenja unutarnje dijela gaznog sloja pneumatika. Dok je treći slučaj najopasniji, kod nejednolikog nagiba pneumatika na istoj osovini vozila može doći do zanošenja istog u vožnji ili prilikom manevriranja u zavojima.[10]

S druge strane položaj pneumatiku prilikom implementacije u vozilo, gledano iz tlocrta, isto tako može biti pozitivan odnosno negativan (slika 11). U tom slučaju to se naziva raspon ili trag vozila. raspon ili trag vozila je kut koji zatvara uzdužna simetrala vozila i uzdužne simetrale pneumatika. Gledajući u odnosu na pravac kretanja pozitivan raspon, trag predstavlja kut koji zatvaraju uzdužna simetrala vozila i uzdužna simetrala pneumatika ispred vozila (lijeva slika), dok negativan raspon predstavlja kut koji zatvaraju simetrala vozila i pneumatika iza vozila.[10]



Slika 11. Položaj pneumatika s obzirom na raspon (trag)

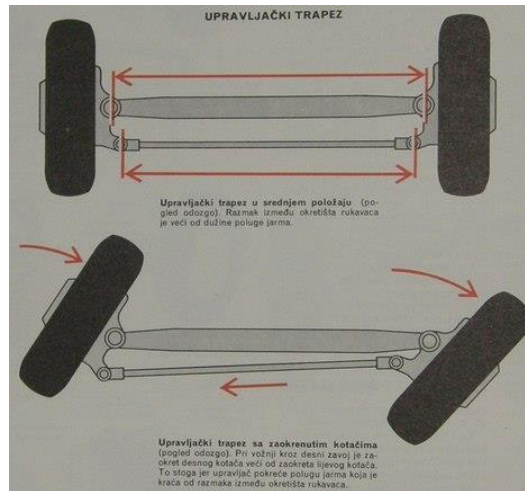
Izvor: [3]

Osim pneumatika postoji mogućnost podešavanja nagiba osoviniice rukavca, kutnog raspona (zaokret) i pravca stražnje osovine. Ukoliko stražnja osovina vozila nije korektno podešena te ukoliko su pneumatici implementirani pod određenim kutom i nagibom, prilikom vožnje dolazi do zakretanja šasije vozila u odnosu na pravac kretanja te se to naziva “psećim korakom”. [10]

Prilikom implementacije cjelokupnih pneumatika vozila potrebno je držati se Ackermann-ova načela za koje vrijedi da se osi sva četiri pneumatika prilikom prolaska istoga kroz zavoj sijeku u istoj točki, unutar zavoja - središte luka po kojem se vozilo kreće u zavoju. U suprotnom ukoliko Ackermann-ovo načelo geometrije pneumatika na vozilu nije zadovoljeno dolazi do nestabilnosti istoga na prometnici - događa se proklizavanja pneumatika zbog slabog dodira s cestom te povećanog trošenja. Suvremenim tehnologijama te proučavanjem i razvojem materijala gazni sloj pneumatika dovoljno je elastičan kako bi omogućio određena odstupanja to jest tolerancije u zaokretnoj geometriji pneumatika. Danas više nije toliko naglasak na Ackermann-ovom načeluu zaokretne geometrije i vođenje pneumatika već je težište promatranja na strani manjeg zaokretnog polumjera vozila. Na slici 12 prikazan je upravljački trapez na kojem su pneumatici zakrenuti u skladu s Ackermann-



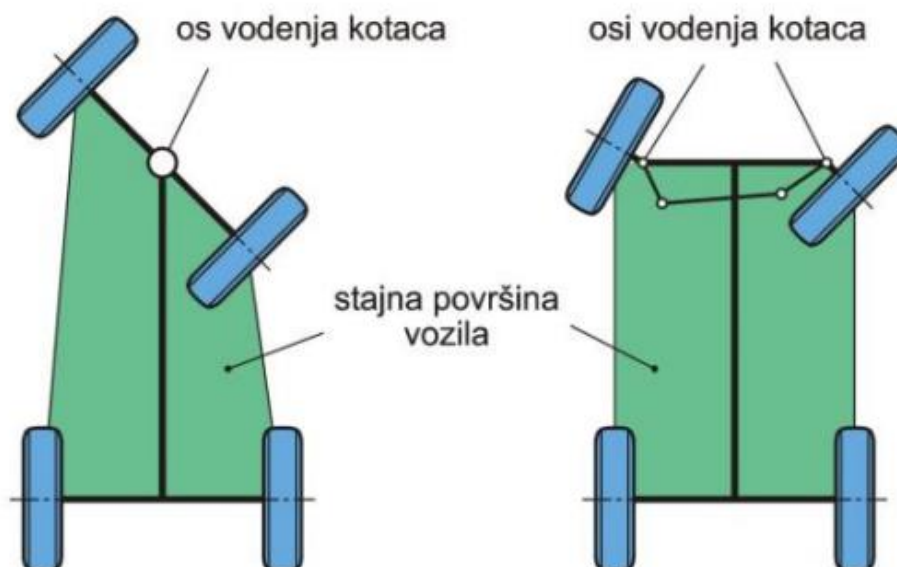
ovim načelom. Gornja shema prikazuje upravljivu osovinu vozila u položaju kada s vozilo kreće pravocrtno dok shema ispod prikazuje upravljivu osovinu vozila u položaju kada vozilo mijenja smjer kretanja, primjerice prolaskom kroz zavoj.[1]



Slika 12. Upravljački trapez

Izvor: [10]

Pneumatici upravljачke osovine pri zakretanju rotiraju oko zajedničke osi. Kako se smanjuje stajna površina vozila, povećava se sklonost preokretanja vozila, prikazano slikom 13. Ovaj sustav koristi se kod dvoosovinskih prikolica. Dobra je strana velika manevarska sposobnost.



Slika 13. Upravljanje zakretnom oplonom i zakretanjem smjernih površina

Izvor: [1]

#### 2.4.2. Prijenosni omjer upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava

Prijenosni omjer upravljačkog sustava odvija se između upravljačkog stupa i letve upravljača. Između upravljačkog stupa i letve upravljača prenosi se okretni moment upravljačkog stupa kojeg vozač napravi pomoću upravljača u vozilu te letva upravljača pretvara taj okretni moment u linearno gibanje te prenosi silu na rukavce pneumatika na svojim krajevima. Primjerice ako se upravljač zakrene za kut od 360 stupnjeva, a rukavac pneumatika se zakrene za 30 stupnjeva prijenosni omjer je 360:30 ili 12:1. Osobna vozila najčešće imaju prijenosni omjer 15:1 što bi značilo kako bi se za potpuni okret pneumatika od 60 stupnjeva upravljač trebao zakrenuti najmanje dva i pol puta. Dakako da je prijenosni omjer za teretna, a pogotovo teška teretna vozila predstavlja veći iznos kao primjerice 24:1 te je za taj omjer potrebno upravljač zakrenuti četiri do pet puta.

Izuzetak u prijenosnom omjeru između okretaja upravljača i količine okretaja koja se prenosi na pneumatike vozila je upravljanje motociklima, biciklima i delta triciklima kod koji je omjer upravljanja uvijek 1:1 (jer ne postoje zasebni sustavi to jest mehanizmi implementirani u prostoru između upravljača i pneumatike vozila već je su direktno međusobno vezani). To bi značilo da okret koji vozač napravi na upravljaču ista količina okreta te okretnog momenta će se manifestirati na pneumatike vozila koji su u dodiru s podlogom.[12]

O samim omjerima ovisi koliko teško odnosno lako će biti upravljiva određena vozila to jest određeni tipovi vozila. Ukoliko je veći omjer upravljanja to znači da će vozač morati zakrenuti upravljač puno više da bi se pneumatici vozila zaokrenuli, pri tome samo zakretanje upravljača vozaču će biti puno lakše nego li kod vozila s manjim omjerom upravljanja. Kod manjeg omjera upravljanja vozač mora u manjoj mjeri zaokretati upravljač kako bi zaokrenuo pneumatike vozila, te će nasuprot većeg omjera upravljanja vozilom kao takvo biti značajno otežano. Veći omjer upravljanja možemo pronaći kod teretnih vozila, jer bi s manjim bila izuzetno teško upravljiva, dok je manji omjer upravljanja prisutan kod trkaćih vozila zbog praktičnosti i same praktičnosti upravljanja premda upravljač pruža veći otpor.

Postoje dva tipa prijenosnog omjera upravljačkog sustava vozila između zupčanika odnosno puža sa stupa upravljača na letvu upravljača. Prijenosni omjer može biti fiksni ili varijabilan. U slučaju s fiksnim prijenosnim omjerom momenta zupčanika na letvu upravljača, rotacija upravljača za fiksnu količinu stupnjeva pomiče upravljive pneumatike za proporcionalan kut (ovisno o omjeru prijenosa) s bilo kojim zaokretom to jest položajem upravljača te se ono naziva linearnim. U slučaju kad je prijenosni omjer varijabilan odnosno promjenjiv, uz svaku proporcionalnu kontrolu upravljanja omjer stupnja prijenosa se mijenja sa svakim okretanjem upravljača. Kako i kut rotacije upravljača raste tako se povećava i brzina promjene rotacije kuta pneumatika na vozilu te se naziva proporcionalnim omjerom. Omjer stupnja prijenosa je kut rotacije upravljača podijeljen s kutom rotacije pneumatika vozila.[11]

## 2.5. Pomoćni sustavi prilikom upravljanja cestovnim prijevoznim sredstvima

Prvi kriterij kao preduvjet prometovanja i aktivnog sudjelovanja vozila u prometu je ispravan upravljački sustav vozila. Postoje situacija kao što su nenadani kvarovi odnosno otkazivanja upravljačkog sustava koje je nemoguće predvidjeti tijekom njegova redovitog održavanja. Toj kategoriji pripadaju i neočekivane situacije u prometu gdje je potrebno promptno reagirati. S toga unutar sustava vozila postavljeni posebni sustavi koji su u direktnoj ili indirektnoj vezi s upravljački sustavom vozila, ali i koji djeluju direktno optimizaciju putanje kretanja vozila tijekom neželjenih situacija na prometnici.

ABS sustav (engl. *Anti – lock Braking System*) predstavlja elektronički sustav implementiran gotovo sva suvremenija vozila (uključujući i motocikle) s ciljem sprječavanja blokade pneumatika vozila prilikom intenzivnog usporavanja vozila te tako pruža pozitivnu upravljivost nad vozilom prilikom primjerice izbjegavanje prepreka. Uspostavom upravljivosti nad vozilom podrazumijeva isto tako povećanje stabilnosti vozila na cesti te omogućava skraćenje zaustavnog puta, što je posebice važno istaknuti prilikom nepovoljnih vremenskih uvjeta kao što su mokar, sklizak kolnik te prilikom ekstremno loših vremenskih uvjeta.

Sustav ABS-a se sastoji od sljedećih osnovni komponenti:

1. Senzori za mjerenje brzine kotača,
2. Pumpa (hidraulički motor),
3. Ventili i
4. Kontroler (brzo računalo koje koordinira cijelim procesom).[13]

Usko povezani sustav ABS surađuje sa sustavom na novijim vozilima nazvan EBD (engl. *Electronic Brakeforce Distribution*). EBD elektronički je sustav zadužen za raspodjelu kočne sile prilikom usporavanja vozila. Drugim riječima sustav je zadužen za raspodjelu sila kočenja na svakom zasebnom pneumatiku vozila koje su razmjerne ukupnom opterećenju. Kako bi sustav mogao funkcionirati, isti zaprima podatke od senzora brzine na kotačima, pritiska ulja u kočionom sustavu, podatke od zakretanja oko vertikalne osi vozila (zanošenja).

Uz djelovanje sustava kao što su ABS i EBD djeluje i sustava kao što je ESP. ESP (engl. *Electronic Stability system*) je elektronski program stabilnosti koji uz sustave ABS i EBD sudjeluje u osiguravanju upravljivosti na nad vozilom. Sustav funkcionira na principu da pomaže vozilu da ostane na svojoj putanji kretanja tako što će na pneumatik vozila koji prokliže na kolniku odgovoriti s kočenjem na suprotnom pneumatiku vozila čime će osigurati upravljivost i održati smjer kretanja samog vozila. Drugi riječima kada senzori unutar vozila registriraju gubitak stabilnosti vozila tada sustav kočenjem određenog kotača utječe na kretanje odnosno zanošenje vozila u krivini ili pri nagloj promjeni pravca kretanja vozila.[1]

Osnovne dijelove ovakvog sustava čine tri senzora:

1. Senzor brzine vrtnje na svakome kotaču,
2. Senzor položaja upravljača vozila i
3. Senzor rotacije vozila oko svoje vertikalne osi.[17]

Na osnovu signala i informacija dobivenih iz ovih senzora centralna jedinica određuje način i intenzitet intervencije sustava.

BAS (engl. *Brake Assist System*) je elektro - hidraulički sistem kočne potpore u kritičnoj situaciji koji uspostavlja najveću količinu kočne snage neovisno o pritisku papučice i time znatno skraćuje zaustavni put vozila.

DSC sustav ili (engl. *Dinamic Stability control*) je sustav koji objedinjuje sve sustave koji pojedinačno djeluju na gubitak kako kontrole tako i stabilnosti nad vozilo na kolniku.

Drugi sustavi kao što su ASR (engl. *Anti-Slip Regulation*) i TCS (engl. *Traction Control system*) sistemi osiguravaju upravljivost vozila smanjujuću okretni momenta na pneumaticima vozila. Ovi sistemi i sustavi nikako nisu zamjena za ABS ili ESP sustav, već surađuju s jednim ciljem – spriječiti klizanje, stabilnost ili gubitak kontrole nad vozilom.[1], [17]

### 3. NAČINI IZVEDBE SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE CESTOVNIM PRIJEVOZNIM SREDSTVIMA

Zadatak svakog sustava za upravljanje je jedinstven i nepromjenjiv za bilo koji oblik izvedbe sustava za upravljanje vozilom. Cilj sustava je okretni moment to jest kružno gibanje pretvoriti u linearno gibanje putem kojeg se sila direktno prenosi na pneumatike vozila te uzrokuje njihovo zakretanje u svrhu zadržavanja i mijenjanja željenog smjera kretanja vozila prometnicom.

#### 3.1. MEHANIČKI PRIJENOSNIK SA ZUPČASTOM LETVOM NA UPRAVLJAČU CESTOVNIM PRIJEVOZNIM SREDSTVIMA

Postoji nekoliko vrsti izvedbi mehanizama sustava za upravljanje, no glavne dvije vrste koje su u uporabi su mehanizmi s rotacijskim pokretima i mehanizmu s kliznim pokretima. U upravljačke mehanizme s rotacijskim okretima podrazumijevaju se mehanizmi s nazubljenom letvom koji su u direktnom kontaktu sa zupčanikom odnosno s pužnim te vijčanim mehanizmom.

Mehanizam zupčanika (slika 14) koji se uz nosač naslanja na zupčastu letvu u donjem dijelu upravljačkog stupa najčešći je oblik mehanizma koji je implementiran u većinu današnjih vozila. Ovakav izvedbeni oblik mehanizma odlikuje se jednostavnim dizajnom velike krutosti i visoke efikasnosti. Mana ovakvog mehanizma je što je isti sklon udarnim opterećenjima i vibracijama. Ovakav oblik mehanizma najčešće se k tomu implementira u vozila koje posjeduju prednji pogon.

Sukladno zakonskim propisima maksimalna sila primijenjena na upravljaču ne bi smjela prelaziti 150 N za sva vozila koja obuhvaća M1 skupina vozila među koja se između ostalog ubrajaju osobna vozila na četiri kotača. S druge strane kod gospodarskih vozila koja obuhvaća N1 skupina vozila zakonom je dozvoljena najveća sila od 200 N. Glavna razlika između osobnih i gospodarskih vozila je ta što se kod osobnih vozila najčešće upotrebljava zupčasta letva dok kod gospodarskih vozila hidrauličko upravljanje s kugličnom maticom i navojnim vretenom.[1],[14]

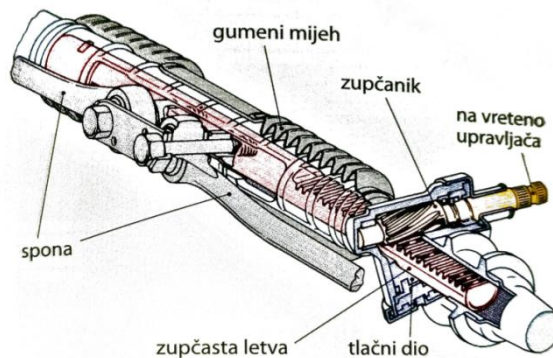


Slika 14. Mehanički prijenosnik sa zupčastom letvom upravljača

Izvor: [16]

### 3.1.1. Upravljačka letva sa zagonskim zupčanicom

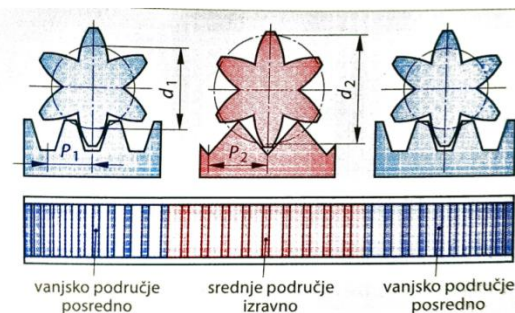
Okretni moment na zupčastu letvu prenosi mali zagonski zupčanik koji je uležišten u kućištu prijenosnika te koji je uzubljen kosim zupcima koji se uzubljuju sa zupčastom letvom donjeg dijela upravljačkog sustava. Zračnosti između zupčaste letve i zupčanika ne bi smjelo biti. Razlog tomu je što tlačni dio neprekidno potiskuje zupčastu letvu na zupčanik tanjurastim oprugama te tako gotovo da i nema mrtvoga hoda između letve i zupčanika. Kako je prikazano na slici 15.[1]



Slika 15. Mehanički prijenosnik sa zupčastom letvom

Izvor: [1]

Načelo rada temelji se na prijenosu okretnog momenta zupčanika na zupčastu letvu upravljača te se na taj način sila dalje prenosi kao linearni pomak. Dalje se taj uzdužni pomak prenosi na sponu upravljačkog sustava koje potom pomoću zglobova zakreću pneumatike. Bitno je primijetiti kako kod konstantnog prijenosa, kojega razlikujemo od varijabilnog to jest promjenjivog, korak ozubljenja je po cijeloj dužini letve jednak, dok je kod varijabilnog odnosno promjenjivog prijenosa pomak izveden tako da je on jednak odnosno izravniji na središnjem dijelu letve dok je na rubnim, vanjskim dijelovima letve posredniji. Takva rubna područja znatno olakšavaju okretanje samog upravljača upravljačkog sustava dok je središnje područje okarakterizirano kao područje u kojem je dovoljan manji zaokret upravljača za promjenu usmjerenja pneumatika vozila (slika16).[1]

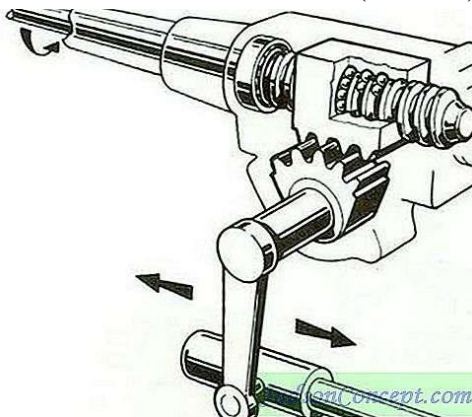


Slika 16. Varijabilni prijenosni omjer

Izvor: [1]

### 3.1.2. Upravljačka letva s pužnim mehanizmom

S druge strane postoji izvedba u kojoj je vratilo upravljača pogonjeno preko pužnog mehanizma putem kojeg dalje sila sa zupčanika prelazi na zupčastu letvu. Dakle, sustav se sastoji od elemenata kao što su globoidni (promjenjivog oblika) crv koji je spojen na osovinu upravljača i vijak. Na osovini izvan kućišta upravljača zupčanika nalazi se spojena poluga (bipod) s polugama upravljača. Rotacija samog upravljača osigurava kotrljanje valjka oko puža te ljuljanje poluge (bipod) i pomicanje poluga upravljača kojom se sila dalje prenosi standardnim dijelovima kao što su spone te rezultira zakretanje pneumatika vozila. Takav pužni mehanizam sličan je zupčastom uz razliku da su puno veći otpori trenja prilikom klizanja pri okretanju mehanizma. Kako bi se smanjilo trenje klizanja između elemenata sustava, pužni par odnosno mehanizam smješten je u kućištu upravljača u kojem se nalazi ulje za podmazivanje. Pužni mehanizam kao takav manje je osjetljiv na udarna opterećenja te osigurava veće kutove upravljanja upravljanim pneumaticima, analogno tomu postiže se bolja upravljivost vozila. Samim ispunjenim zahtjevima ovakav mehanizam nešto je kompliciraniji za izvedbu i implementaciju, financijski iziskuje veće troškove. Isto tako ovakva izvedba ovog dijela sustava za upravljanje iziskuje periodično prilagođavanje. Nadalje, važno je napomenuti kako je zupčanike moguće pokrenuti putem pužnog mehanizma, dok pužni mehanizam nije moguće pokrenuti putem zupčanika. Ovakva izvedba mehanizma najčešće se implementira u vozila kao što su laki kamioni i autobusi (slika 17).[13]



Slika 17. Pužni mehanizam upravljačkog sustava

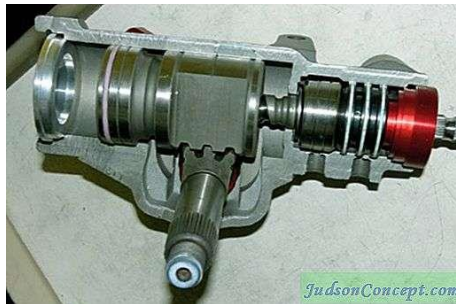
Izvor: [18]

### 3.1.3. Upravljačka letva upravljača s vijčanim mehanizmom

Kod izvedbe vijčanog mehanizma prisutni su elementi kao što su vijak na vratilu upravljača, matica s vijkom, nosač zupčanika izrezan na matici, sektor zupčanika povezan sa šinom te bipod upravljača smješten na osovini sektora. Značajka ovakve izvedbe mehanizma



je spajanje vijka i matice pomoću kuglica. Uvođenjem kuglica u izvedbu potpomognuto je smanjenje trenja i trošenje elemenata mehanizma. Samo odvijanje rada vijčanog mehanizma je slično odvijanju rada pužnog mehanizma – zakretanje upravljača prati rotacija vijka koji pomiče maticu na njega te za to vrijeme kuglice kruže oko vijka. Matica pomoću nazubljenog dijela pomiče sektor zupčanika, time i ostale dijelove upravljača putem kojih se sila prenosi dalje na pneumatike uzrokuje njihovo zakretanje. Za razliku od pužnog mehanizma, vijčani mehanizam polučuje rezultate veće učinkovitosti jer je prilikom rada moguće uložiti veće napore na sami mehanizam i njegove komponente. Ovakva izvedba ovog dijela upravljačkog sustava nerijetko se implementira te je prisutna u vozilima poput teških kamiona i autobusa (slika 18).[1],[18]



Slika 18. Vijčani mehanizam upravljačkog sustava

Izvor: [5]

### 3.2. POJAČALA UPRAVLJAČKOG SUSTAVA CESTOVNIH PRIJEVOZNIH SREDSTAVA

Pojačala ili uređaji servoupravljanja pojačavaju silu kojim vozač djeluje na upravljač vozila te mu time olakšavaju upravljanje vozilom. Glavni dio pojačala sastoji se od servo pumpe koja je povezana sa zupčastim remenom vozila. Servo puma u sebi sadrži rezervoar s uljem te se dodatno sastoji od dijelova kako što su pumpa s krilcima, ulazne i izlazne cijevi za ulje te sigurnosni ventil. Servo pojačala predstavljaju zatvoren sistem koji stvaranjem pritiska te cirkulacijom ulja potpomaže efikasniji rad pomicanje letve u vozilu koja je nadalje zadužena za pomicanje letve upravljača. Princip rada servo uređaja je jednostavan, prilikom zakretanja upravljača unutar vozila rad motora preko zupčastog remena potpomaže rotiranje rotora koji se nalazi unutar servo pumpe čime se postiže rezultat povećanja pritiska u sistemu. Povećanjem pritiska u sistemu pokreće se ulje unutar sustava uređaja te se time dodatno poveća pritiska unutar istog sustava. Takav pritisak pokreće klip koji je horizontalno poravnat s letvom upravljača unutar upravljačkog sustava vozila što u konačnici uzrokuje pomicanje (zakretanje) letve, a time ostalih dijelova te pneumatika na vozilu.

Razlikujemo nekoliko izvedbi servo pumpi:[1]

1. Hidrauličke,
2. elektrohidrauličke i



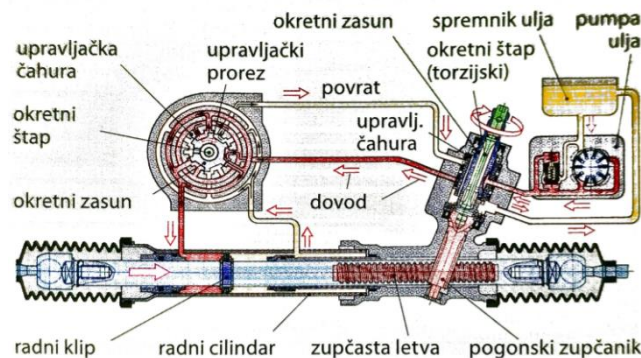
### 3. Električne.[1]

#### 3.2.1. Hidraulička podrška upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava

Upravljački servo sustav s hidrauličkom podrškom sastoji se od glavnih dijelova kao što su:

1. Mehanički prijenosnik sa zupčastom letvom,
2. torzijska šipka i okretni zasun i
3. uljna pumpa, spremnik i cijevi.[1]

Zakretanjem samog upravljača unutar vozila zaokretni moment prenosi se duž cijelog upravljačkog stupa na pogonski zupčanik koji je u doticaju s letvom upravljača. Šipka se prilikom djelovanja takvog opterećenja uvija pa se okretni zasun zakreće u odnosu na upravljačku čahuru. Promjenom položaj upravljačkih utora upravlja se smjerom strujanja hidrauličkog ulja unutar sustava. Potom tlak hidraulične tekućine djeluje na desnu ili lijevu stranu radnog klipa i stvara hidrauličku silu podrške. Takva hidraulička sila podupire mehaničku silu sa zupčanika u pomicanju zupčaste letve upravljača (Slika 19).[1],[5]



Slika 19. Hidraulički prijenosnik s zupčastom letvom, zakret kotača udesno

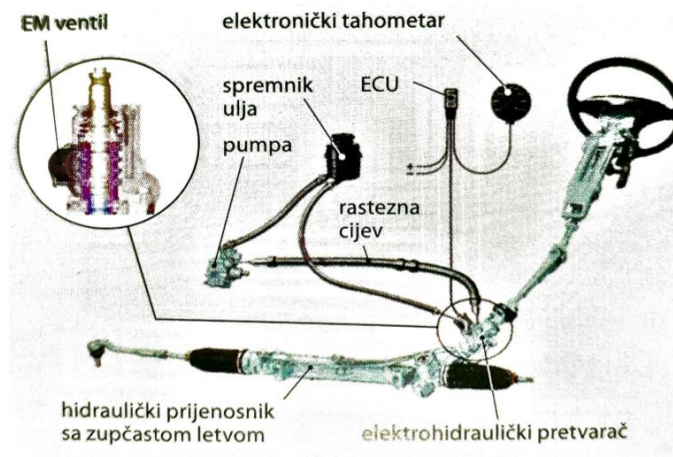
Izvor: [1]

#### 3.2.2. Elektrohidraulička podrška upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava

Kao primjer ove vrste servo upravljanja može biti servotronic. Značajka ovog sustava je da veličina hidrauličke sile ovisi o samoj brzini kretanja vozila prometnicom.

Osnovni dijelovi elektrohidrauličkog upravljanja servotronic su:

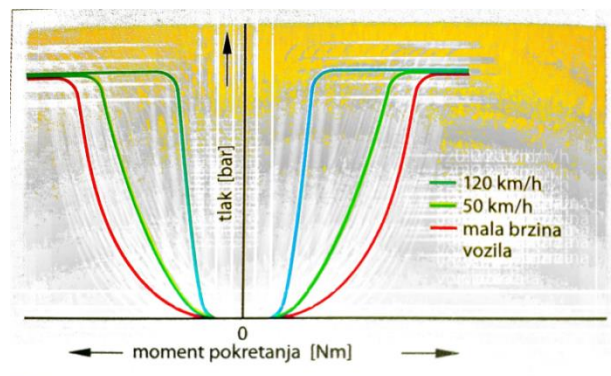
1. Mehaničko - hidraulički prijenosnik,
2. ECU i električki brzinomjer (tahometar)
3. elektrohidraulički pretvarač s torzijskom šipkom i okretnim zasunom i
4. tlačna pumpa, spremnik ulja i cijevi. (Slika 20) [1]



Slika 20. Servotronic

Izvor: [1]

Osnovno hidrauličko upravljanje Servotronica potpuno je jednako kao i kod hidraulički potpomognutom upravljanju sa zupčastom letvom. Upravljački uređaj ili ECU dobiva od električkog tahometara podatke o brzini kretanja vozila te takve podatke pretvara u strujni signal. Takav signala dalje dostiže do elektrohidrauličkog pretvarača koji dalje upravlja sa strujnim signalom. U ovisnosti o brzini kretanja vozila upravljanjem elektrohidrauličkog pretvarača regulira se upravljački moment pokretanja i tlak u sustavu (Slika 21). Prilikom velikih brzina kretanja vozila moment podrške treba biti manji iz razloga što se na upravljanje djeluje izravnije. Dok suprotno, kod malih brzina kretanja vozila teži se većoj potpori kako bi se postigli veći upravljački otkloni uz pri tome malom uloženom silom na samome upravljaču.[6],[1]



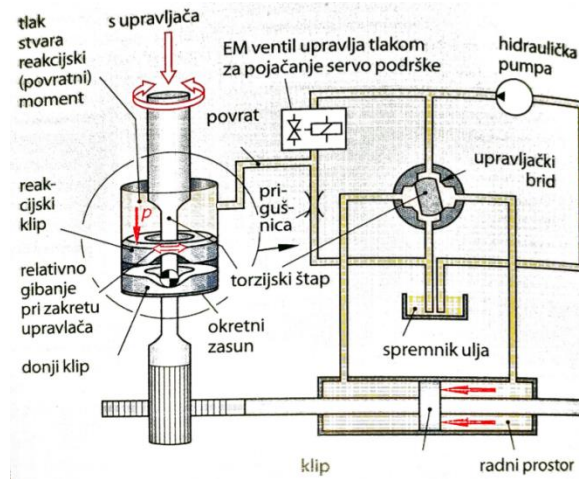
Slika 21. Moment pokretanja i tok pada

Izvor: [1]

Uređaj djeluje tako da je klip povratnog djelovanja spojen (reakcijski) s torzijskom šipkom unutar okretnog kliznog ventila (kojega čine zasun i upravljačka čahura). Prilikom zakretanja upravljača reakcijski klip zakreće se zajedno s torzijskom šipkom. Okretanjem upravljačkog brida ulje struji unutar određenog radnog prostora. Tlak ulja se pri tome upravlja elektromagnetski ventilom u ovisnosti o željenom pojačanju. Kako bi se omogućio pomak zupčaste letve, otvara se odljevni presjek radnog prostora s druge strane klipa pa se

hidrauličko ulje može vratiti u spremnik. Prilikom toga na klip zupčaste letve moguće je djelovati različitim tlakovima odnosno silama.

Prilikom vraćanja upravljača i početni položaj na klip zupčaste letve više ne djeluju različite sile te iz tog razloga nije podržan povratni hod letve upravljača odnosno to jest pneumatika. Kako bi se olakšao povratni hod, na reakcijski klip djeluje elektromagnetskim ventilom upravljani tlak ulja. Taj tlak ulja čini da se preko kuglica i kosih vodilica zakreće donji klip. Prilikom vožnje vozila po pravcu preko kuglica i kosih vodilica sprječava se relativno gibanje između tlakom sljubljenih klipova. (Slika 22)[6],[1]



Slika 22. Povratno djelovanje i upravljačka podrška

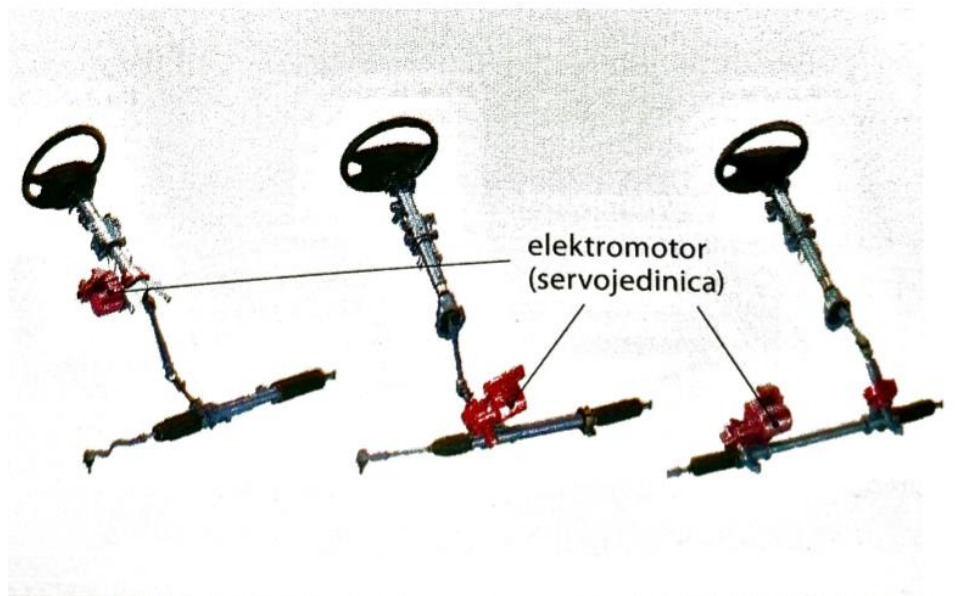
Izvor: [1].

Uljna pumpa može biti lamelna s pozitivnim tlakom od 125 bara i specifičnom zapreminom od 11 – 15 centimetara kubičnih po okretaju. S druge strane spremnik ulja koji, kako mu i ime kaže pohranjuje hidrauličko ulje te koji omogućuje kontrolu razine ulja. Takav spremnik ulja moguće ga po potrebi nadopunjavati. Isto tako element poput kompenzacijske gipke cijevi pridonosi cjelokupnom sustavu na način da smanjuje pulsacije tlaka, tlačne “pikove” kao i šumove pumpe.[6]

### 3.2.3. Električka podrška upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava

Kod servo upravljanja odnosno Servoelectrica (EPS – Eletronic Power Steering) sila podrške proizvodi se električki upravljanim elektromotorom koji se po potrebi uključuje. Prednost kod ovog tipa servo upravljanja je ta što se elektromotr te njegov rad može primijeniti i za samostalno upravljačko djelovanje.

Serovo jedinica za potpomognuto upravljanje može na upravljač, upravljački stup odnosno cjelokupni sustav biti implementirana kroz nekoliko izvedbi(slika 23).[1],[6]



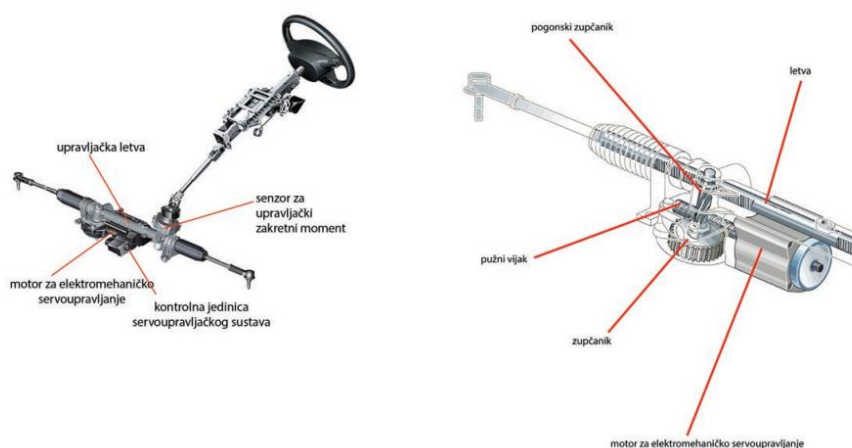
Slika 23. Električno servoupravljanja (Servoelectric)

Izvor: [1]

Dakle, servo jedinica na sustav može biti implementirana na samom stupu upravljača (takva izvedba uočljiva je kod manjih vozila te vozila koja pripadaju srednjoj klasi), prikazan je prvom shemom, na drugom zupčaniku na upravljačkom polužju (izvedba je uočljiva najčešće kod vozila koja pripadaju srednjoj klasi), prikazana je središnjom shemom na slici, odnosno servo jedinica može biti smještena paralelno osi (ovakva izvedba najčešće je prisutna unutar vozila više klase to jest terenskih vozila), prikazana je shemom s desne strane.

Konstrukciju električki upravljanim servo uređajem čine:

1. Stup upravljača i senzor okretnog momenta,
2. Upravljački uređaj,
3. Elektromotor sa senzorom brzine vrtnje rotora i pužnim prijenosom i
4. Mehanički prijenosnik sa zupčastom letvom. (slika 24)[1]





Slika 24. Električni servo upravljač

Izvor: [6]

Stup upravljača čine kolo upravljača i stup te služi za mehanički prijenos upravljačkog gibanja na prijenosnik.

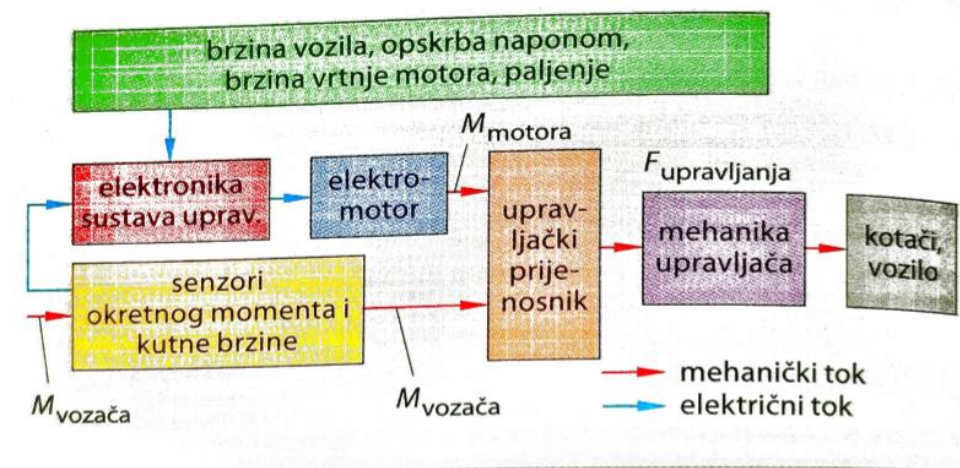
Senzor okretnog momenta i pozicije mjeri deformaciju torzijske šipke to jest upravljački moment koji stvara vozač te položaj samog upravljača.

Indeksni senzor (opcionalno je ugrađen u senzor okretnog momenta) prilikom punom okretu upravljača šalje signal upravljačkom uređaju koji na temelju tog primljenog signala može kut zakretanja u točnosti reda veličine  $<0.05$  stupnjeva (primjerice manevriranje vozilom prilikom parkiranja).[1]

Upravljački uređaj izračunava potreban moment podrške i upravlja radom elektromotora. Putem CAN ili "Flexray" sabirnice spojen s menadžmentom samog vozila.

Glavni dio sustava čini elektromotor sa senzorom brzine vrtnje rotora koji stvara stvarnu upravljačku podršku. Elektromotor se najčešće pronalazi u izvedbi asinkronog elektromotora. Upravljački uređaj dobiva podatke o brzini vrtnje rotora s implementiranim senzorom. Pužni prijenos unutar sustava pojačava okretni moment elektromotora za potrebnu veličinu.[6]

Načelo rada temelji se na tome da upravljački moment kojim vozač djeluje na stup upravljača prima torzijska šipka sa senzorom okretnog momenta i brzine vrtnje. Brzinu vozila ABS/ESP upravljački uređaj šalje upravljačkom uređaju upravljanja. Oba signala, napon mreže vozila i napon napajanja, prenose upravljačkom uređaju upravljanja koji na temelju pohranjenih mapa podataka izračunava potreban moment potpore i njegov smjer djelovanja. Dakle, može se reći kako elektromotor preko pužnog prijenosa i pogonskog zupčanika upravljačke letve podupire upravljačku silu unutar upravljačkog sustava (slika 25).



Slika 25. Blok shema Servoelectrica

Izvor: [1]

<sup>1</sup> Izum Nikole Tesle – motor kome u brzina magnetskog polja nije jednaka s brzinom vrtnje rotora motora. Ova vrsta motora nije napajana strujom već okretnim magnetski poljem te se stoga još naziva indukcijskim motorom. Prednost predstavljaju dijelovi motora koji nisu u kontaktu te je izvedba jeftina, dok manu predstavlja kotrola brzine vrtnje.

Značajke ovakve izvedbe implementirane podrške za razliku od prijašnjih su:

1. Ekološki prihvatljiv jer nema hidrauličkog ulja,
2. Prostorno štedljiva konstrukcija jer nema uljne pumpe i hidrauličkih cijevi,
3. Mogućnost spajanja s vanjskim sustavima (ESP, adaptivnom regulacijom vozila),
4. Omogućuje primjenu sigurnosnih funkcija,
5. Omogućuje ugradnju pomoći prilikom parkiranja,
6. Prigušivanje udaraca s podloge pomoću elektromotora,
7. Moguća promjena upravljačkih značajki,
8. Softversko izbjegavanje tvrdih mehaničkih udaraca o graničnik zakretanja - prigušivanje se uključuje približno pet stupnjeva prije mehaničkog graničnika te se pri tome smanjuje moment podrške u ovisnosti o kutu zakreta i upravljačkom momentu.[1]

### 3.3. Ovjes vozila cestovnih prijevoznih sredstava

Ovjes vozila isto kao i upravljački sustav ima ulogu održavanja željenog smjera kretanja samog vozila. Ovjes vozila preuzima sve sile i vibracije tijekom vožnje određenom dionicom puta to jest terenu te time osigurava bolju i udobniju vožnju samim vozilom. Glavni element ovjesa vozila jesu pneumatici koji su prvi u kontaktu s podlogom po kojoj se kreće vozilo te analogno tomu geometrija pneumatika mora biti valjana. Potreba za korekcijom geometrije pneumatika vozila očituje se u držanju pravca kretanja te ravnomjernosti trošenja gaznog sloja pneumatika (korigira se na temelju traga, nagiba i zatura). Geometriju pneumatika potrebno je provjeriti to jest korigirati najmanje jednom godišnje.[8]

Jednako važni vani elementi sustava ovjesa vozila koji pridonose upravljanju su (slika 26):

1. Ramena,
2. Krajnici,
3. Vilice,
4. Kugle,
5. Seleni i
6. Spone.



Slika 26. Elementi ovjesa vozila

Izvor: [6]

Tipove sustava ovjesa možemo podijeliti kao sljedeće:

1. Pasivni ovjes,
2. Reaktivni ovjes,
3. Poluaktivni ovjes,
4. Aktivni ovjes.[1]

U skupinu pasivnih ovjesa mogu se uključiti svi tradicionalni i konvencionalni sustavi ovjesa. Glavna karakteristika ovakvih tipova ovjesa je da se nakon njihove implementacije u vozilo parametri samog ovjesa ne mogu mijenjati odnosno kontrolirati izvana (među takvim parametrima su krutost i visina samog ovjesa unutar vozila).

Svi sustavi ovjesa koji su u optoku također su i reaktivni sustavi ovjesa. To znači da kada pneumatik prijeđe preko neravnine ili udubine na kolniku, promjena položaja uzrokuje reakciju komprimiranja ili rastezanja samog ovjesa. Skretanje u zavojima, kočenje odnosno usporavanje vozila kao i ubrzavanje uzrokuje pokrete ovjesa i nagnjanje - spuštanje prednjeg ili stražnjeg prepusta vozila. U ovu skupinu ovjesa mogu se uključiti svi sustavi ovjesa u kojima je moguće kontrolirati visinu podvozja u skladu s promjenama težine i aerodinamičnog opterećenja. Mogućnost ovog sustava je i reakcija na nagnjanje vozila u vožnji odnosno njegova stabilizacija, neutralizacija. Sustav kao takav uključuje pasivno povezivanje koje olakšava raspodjelu opterećenja između pneumatika te od kontrole nagnjanja razdvaja mnoge parametre i načine dizajna i rada, kao što su unakrsno pomicanje osovine i krutost jednog pneumatika vozila.[1]

Poluaktivni ovjes posjeduje značajku stalnog, neprekidnog mijenjanja koeficijenta prigušenja te tako sustav opruge to jest amortizere čini tvrdima ili mekšima, dakako ovisno o uvjetima na prometnici. Ovakva kontrola ovjesa te sustava postiže uparivanje elektroničke jedinice za upravljanje četirima amortizerima koji imaju neprekidno promjenjiv i kontrolirani koeficijent prigušenja. Osim s uobičajenim zavojnim oprugama, amortizeri se ponekad mogu

upariti s raznim elementima koji se sami izravnavaju, kao i sa sustavom hidropneumatskog, hirdoelastičnog i hidroplinskog ovjesa.[1]

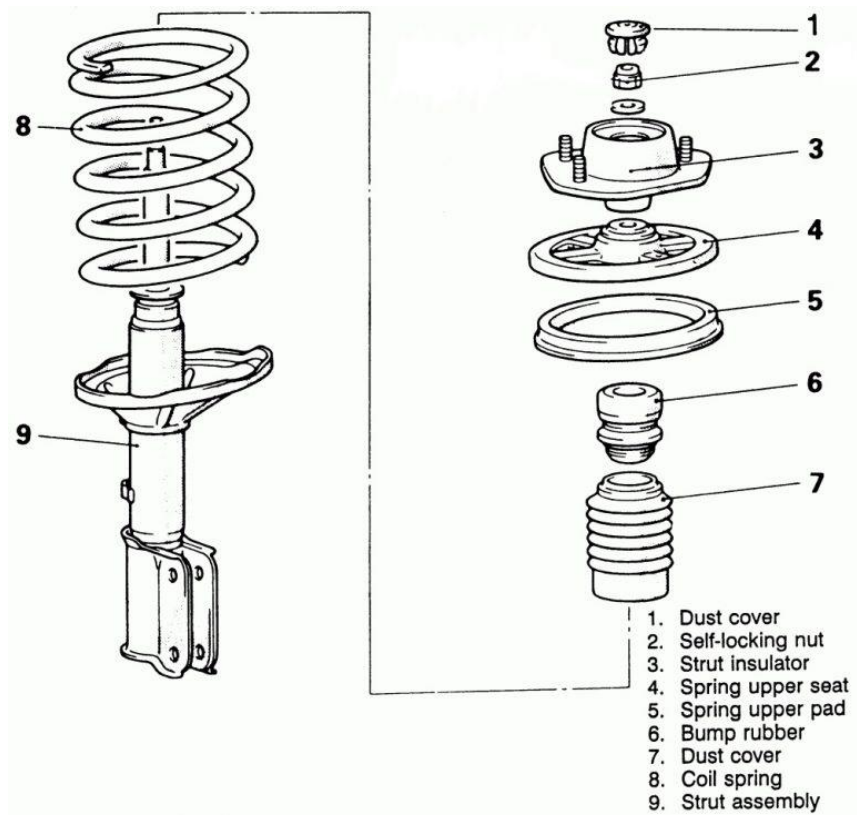
Prema tome ključne prednosti poluaktivnog ovjesa jesu sljedeće:

1. Kontroliranja visina podvozja čime se postiže optimizirana udobnost to jest učinkovito upravljanje,
2. Mogućnost odabira krutog ovjesa,
3. Ovjes vozila će se automatski prilagoditi uvjetima na kolniku,
4. Jednaka veličina u usporedbi s tradicionalnim sustavima ovjesa.[1]

Sustav aktivnog ovjesa ima sposobnost neprekidnog samostalnog prilagođavanja promjenjivim uvjetima na cesti. Same parametre dizajna sustav je u mogućnosti proširivati neprekidnim nadziranje i prilagođavanjem kontinuirano mijenjajući svoje osobine. Takav sustav ovjesa posjeduje implementirano računalo koje naređuje snažnom aktuatoru na svakom pneumatiku vozila kada točno, kako, koliko daleko i koliko brzo se treba kretati. Nasumične reakcije između podloge i različitih opruga, amortizera i stabilizacijskih šipki više nisu uvjet pokretanja odnosno kretanja pneumatika vozila. Računalo koje donosi ove odluke koristi se mrežom senzora za mjerenje, primjerice, brzine automobila, uzdužnog i poprečnog ubrzanja te sila i ubrzanja koji djeluju na svakom kotaču. Računalo zatim naređuje kotaču da se pomakne na optimalan način s obzirom na postojeće okolnosti.

Trenutno najrašireniji tip sustava ovjesa kod modernih vozila u proizvodnji današnjice (ponajviše na području Europe) današnjice je ovjes MacPherson. U osnovi, ovaj sustav sastoji se od kombinacije opruge tipa opružne noge i amortizera, gornji dio zavojnice podupire se na tijelu automobila, a donji dio na čašici (donjem ležištu opruge) koja je dio tijela amortizera, koje također čini središnju os upravljanja. Tijekom upravljanja, on fizički okreće opružnu nogu i kućište amortizera (a time i oprugu) kako bi se zakrenuo kotač, cijeli se sklop okreće na nosivoj ploči ili prstenu kugličnog ležaja pri vrhu (komplet nosača) te na donjem kuglastom zglobu donjeg ramena, što omogućuje pokret zakretanja. Tijelo amortizera čini opružnu nogu ovjesa, a spaja se na držač osovinskog rukavca s pomoću nosača koji olakšava uklanjanje. Zato što MacPhersonov ovjes (slika 27) ima jednostavno donje rame, stabilizacijska šipka koja je spojena na donja ramena i dvije točke na podvozju utječe na triangulaciju. Dodatan prostor koji se dobiva ovom konfiguracijom omogućuje upotrebu poprečno smještenih motora te smanjuje ukupnu masu sustava ovjesa. Donje je rame ovdje trokutno kako bi se poboljšala bočna krutost.[8]





Slika 27. Ovjes MacPherson

Izvor: [6]

## **4. ODRŽAVANJE I NAJČEŠĆI KVAROVI SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE CESTOVNIM PRIJEVOZNIH SREDSTVIMA**

Za pravilno održavanje sustava, u ovom slučaju upravljačkog sustava vozila, potrebno je voditi brigu oko korektnog i pravodobnog održavanja sustava u vozilu kao i svih njegovih komponenata. Kako je upravljač važan element tijekom samog upravljanja vozila, njegovo nekvalitetno održavanje, zapostavljanje ili neispravan rad može rezultirati kobnim posljedicama u prometnom toku vozila na prometnici te time ugroziti sigurnost ostalih sudionika u prometu. Kao i svaki materijal, promatrajući s aspekta unutrašnjosti ili vanjšine vozila, podložan je trošenju pa tako i komponente upravljačkog sustava. Uporabom odnosno trošenjem elemenata upravljačkog sustava postignuto vanjskim utjecajima kao što su udari, nepravilna vožnja i zamor materijala može biti uzrok puknuću, oštećenju ili neispravnim radom uređaja što bi zahtijevalo neizbježnu i momentalnu sanaciju. Isto tako zakonom je zabranjeno nastaviti upravljati vozilom koje posjeduje neispravan sustav upravljanja pogotovo ako, primjerice, je prisutno curenje ulja iz istog.

S druge strane učinkovit sustav upravljanja utječe na stanja pneumatika vozila - trošenje istih mora biti ujednačeno kako bi se izbjegao gubitak kontrole upravljanja vozilom te isto tako oštećenja drugih komponenata vozila.

### **4.1. Kvarovi i oštećenja upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava**

Uzroci kvara upravljačkog sustava mogu biti različiti. Koliko su takvi kvarovi u ovisnosti o samome vozaču koji upravlja vozilom odnosno tipu vožnje koji vozač na vozilo primjenjuje te kako rukuje njime toliko i o samom elementima i o njihovom eksploatacijskom vijeku (pod uvjetom da su u sustav implementirani ispravni.

Dakle, razlozi koji mogu prouzrokovati takvo neispravno stanje elemenata upravljačkog mehanizma ili njegovih pojedinih dijelova su sljedeći:

1. Agresivan stil vožnje to jest teški uvjeti vožnje,
2. Pokrivenost cestama niske kvalitete,
3. Korištenje neoriginalnih komponenti,
4. Kasno održavanje,
5. Popravak nestručnih majstora te
6. Neispravna procjena produljenja životnog vijeka opreme sustava.[20]

Posljedice stvaranja ovakvih uvjeta za pravilno funkcioniranje sustava mogu biti trajne. Neispravan rad sustava u moguće je nerijetko prepoznati i pravodobno reagirati ukoliko se ono dogodi između periodičnih praćenja samog sustava. S vremenom sustav, njegovi komponenti odnosno elementi mogu propasti bez obzira na primjenjivani stil vožnje, vanjskim utjecajima i samom održavanju.

Pojava kvarova i neispravnog rada sustava popraćena je određenim znakovima koje je moguće prepoznati, neki od njih su sljedeći:

1. S pojavom udaraca treće strane mijenja se spoj upravljača,
2. Vibracija upravljača eliminira se pravilnim poravnanjem pneumatika vozila,

3. Ukoliko se događaju udari na pneumaticima vozila mijenjaju se njihove postavke, zamjenjuju dijelovi upravljačkih šipki ili ležajevi upravljačko stupa vozila,
4. Vrhovi potiska variraju s brzinom povratnog kretanja većim od 10 stupnjeva.[20]

Najčešći kvar upravljačkog sustava je neispravan rad letve volana. Kako je letva volana jedan od neizostavnih komponenata cijelog upravljačkog sustava, neophodna je za pravilno funkcioniranje ili općenito govoreći za operativno stanje samog sustava. Neispravnim radom te odgađanjem popravka iste može se dogoditi lančana reakcija oštećenja te se prilikom uporabe neispravnog sustava mogu oštetiti ostali dijelovi u istom mehaničkom sklopu vozila ili, još gore, oštećenja se mogu pojaviti i proširiti na ostale sklopove unutar samog vozila. Popravak letve upravljača dovodi u pitanje ispravnosti ostalih mehaničkih sklopova u svezi, obavlja se i njihova zamjena te se tako mijenjaju dijelovi poznatiji kao semeringa, bukula ili piksi, brtvi, oringa, ležajeva i manžeti. Čak iako se sumnja u ispravan rad letve upravljača simulatorima se može obaviti ispitivanje ispravnosti iste.[15]

Kako je letva upravljača mehanizam koji služi upravljanju i ima funkciju olakšano, brzog i sigurnog mijenjanja smjera kretanja vozila neispravnost iste može se prepoznati prema sljedećem:

1. Upravljač vozila se teško okreće lijevo ili desno te prilikom istog dolazi do stvaranja buke poput zujanja te kuckanje kod krajnjeg okreta upravljača,
2. U zavojima i na neravnoj cesti čuje se buka poput lupanja,
3. Upravljač ima zračnosti koja se može osjetiti prilikom zakretanja istog,
4. Sistem servo uređaja upravljača gubi ulje,
5. Upravljač se sam okreće,
6. Nakon okretanja upravljača isti se čvrsto vraća u prvobitni položaj ili se općenito mora prisilno okretati,
7. S malom amplitudom upravljača pneumatici vozila zakreću se puno više nego prije te
8. Porast otpora upravljača prilikom prelaska vozila odnosno pneumatika vozila preko neravnina.[21]

Tablica 1. Najčešći kvarovi upravljačke letve i njezini popravci

Neispravnost	Kako popraviti
Razvoj na zubima šipke ili u pužnoj osovini	Oporavak takvih elemenata je nemoguć, isti se zamjenjuju novim
Kvar kućišta šine	Mehanizam je u potpunosti zamijenjen
Uništavanje antene (prljavština i pijesak ulaze u mehanizam, dolazi do razvoja ili hrđanja metalnih dijelova)	Zamjena materijala iz kompleta za popravak
Deformacija ili lom veznih šipki ili vrhova	Oštećeni dijelovi se zamjenjuju
Čahura je oštećena ili slomljena što uzrokuje zazor na stupu upravljača	Zamjena čahure

Izvor: [20]

Mehaničar ovisno o kakvom se kvaru radi određuje na koji način će se obaviti korekcija sustava. To može biti zamjena pojedinih doknadnih dijelova, brušenje osovine letve upravljača ili čak tvrdo kromiranje letve upravljača.

S obzirom da letva upravljača može biti hidraulična ili električna kvarovi mogu doći iz različitih smjerova. Učestalost kvarova su pretežno na strani sustava s električnom letvom upravljača čiji popravak se očituje u manje financijskih izdataka iz razloga što se najčešći kvar bilježi u samoj elektronici sustava pa ga jednostavno i otkloniti dok se kod hidrauličnog sustava prilikom neispravnog rada mora mijenjati cijeli sklop sustava što iziskuje poprilična financijska ulaganja. Automobilska industrija najzastupljenije ulaže u električne sustave te sukladno tomu isti sustavi prevladavaju unutar vozila. Ukoliko je problem u samoj letvi upravljača (pojava kvara odnosno neispravnog rada je najčešće kod hidrauličkog sustava), a ne uzrokuje buku unutar vozila čujnu vozaču koji upravlja vozilom, prepoznaje se u tome što se onda sama ne vraća u neutralni položaj već to mora napraviti sam vozač vozila. Isto tako potrebno je neprekidno ispravljati putanju kretanja vozila iz razloga što je na samom elementu sustava povećana zračnost. Same gume nemaju nikakav utjecaj na elemente upravljačkog sustava. S druge strane kod električnog sustava upravljanja moguće je curenje ulja (prvi simptom u najviše slučajeva) te potom pumpa ulja počne stvarati buku prilikom zaokreta upravljača vozila.[18]

Kao i prilikom tehničkog pregleda vozila prilikom pregleda ispravnosti letve upravljača gleda se ispravnost spona, krajnika, manžeta s obzirom na zračnost i jesu li cijele da nisu potrgane.

Kvar se isto tako može očitovati u neispravnosti spona vozila (često se pojavljuje kod Renault marke vozila). Takav kvar očituje se vibracijama upravljača pri nešto povećanim brzinama (80-90 km/h) što bi značilo da je prisutna prevelika zračnost unutar upravljačkog mehanizma. [19]

Problem sa komponentama ovjesa te njihova neispravnost lako se može zamijeniti za neispravan rad upravljačkog sustava. Neispravnost ovjesa puno češće se bilježi nego ispravnost upravljačkog uređaja. Primjerice kada vozač unutar vozila pritisne papučicu gasa te vozilo krene ubrzavati, a upravljač se počne zaokretati u stranu. Problem nije u samom sustavu upravljanje već dijelu ovjesa, točnije selenima – dio ovjesa s kuglom i selenima nije fiksiran, na taj način ni sam upravljač unutar vozila ne može biti fiksiran. S druge strane tijekom eksploatacije vozila svako toliko dođe do nekog pomakom kojeg je potrebno korigirati s vremenom. Problem kod vozila koja primjerice imaju ne podesiv stražnji most te se nagib pneumatika ne može korigirati već se mora mijenjati cijeli segment vozila i implementirati novi ili onaj koji je ispravan.[8]

#### 4.2. Održavanje upravljačkog sustava cestovnih prijevoznih sredstava

Za pravilno obavljanje zadaće i zadataka koji predstoje sustavu za upravljanje vozilom isti se mora redovito stavljati pod ispitivanja ispravnog rada. Prilikom svakog pregleda pa tako i tehničkog pregleda vozila potrebno je obavezno provjeriti postoji li te kolika je zračnost mehaničkog sklopa odnosno, ukoliko ga određeno vozilo posjeduje potrebno je ocijeniti servo upravljač u skladu s količinom ulja unutar sustava. Ukoliko je ulje potrebno tada se ono dodaje u sistem. Mijenjanje ulja u servo sustavima iznimno je rijetko, nije kao kod ulja motora u kojem se skuplja prljavština i čađa, već se ono mijenja prilikom kvara servo uređaja ili nekog većeg kvara.[7]

Prilikom redovitih pregleda isto tako važno je obaviti odgovarajuća pritezanja elemenata i komponenti sustava te podmazivanje istih ukoliko je to potrebno, neophodno. U suprotnom može doći do prevelike zračnosti unutar elemenata sustava te tako može doći do potpunog otkaza. Primjerice kod letve upravljača hidrauličnog sustava nije toliko primjetno kada je prisutna zračnost ili drugo oštećenje unutar istog, osim na hladnom još ne pokrenutom motoru vozila, iz razloga što nakon pokretanja motora pritisak popuni taj prazan hod te istoga više nema te tako ne dolazi do proizvodnje buke ili osjećaja preskakanja zuba na letvi upravljača, odnosno zračnosti. Dok se na električnoj letvi upravljača može čuti buka poput škljocanja te tijekom zakretanja upravljača može se čuti tupi zvuk preskakanja zuba letve upravljača (uzrok isto tako može biti i početak otkaza rada servo uređaja).

Drugi razlog redovitog održavanja je uvid u ispravnost rada pumpe servo upravljača. Pumpa hidrauličkog servo uređaja najčešće se mogu popraviti i nastaviti sa svojim korektnim radom dok se pumpe električnog sklopa servo uređaja puno rjeđe daju ispraviti, već je potrebna njihova cjelovita zamjena.[2]

Isto tako potrebno je pratiti popuštanja i zatezanja elemenata sustava s obzirom kako su svi tijekom eksploatacije vozila konstantno izloženi različitim opterećenjima. Još jedan razlog kontrole je nerijetka mogućnost pucanja pojedinih dijelova. Nužno je obavljati kontrolu kako razine ulja unutar servo uređaja tako i da se unutar sustava nalazi korektna vrsta ulja kako ne bi došlo do nenadanog otkaza tijekom cjelokupnih sklopova, pod time se još podrazumijeva tlak tekućine kao i kvaliteta akumulatora vozila koji bi morao sustavu osigurati i isporučivati određeni napon dostatan za ispravan rad.[7]

U novije vrijeme održavanje samog vozila uvelike je olakšano u smislu pronalaska kvara odnosno identifikacije stanja sustava.

Takvi dijagnostički alati stanja sustava vozila mogu se podijeliti u tri skupine:

1. Stacionarni (klupski) dijagnostički sustavi,
2. Ugrađeni dijagnostički softveri koji omogućuju prikazivanje grešaka odgovarajućim kodovima i
3. Ugrađeni softverski uređaji, za pristup kojem je potreban poseban dodatan čitač.[19]

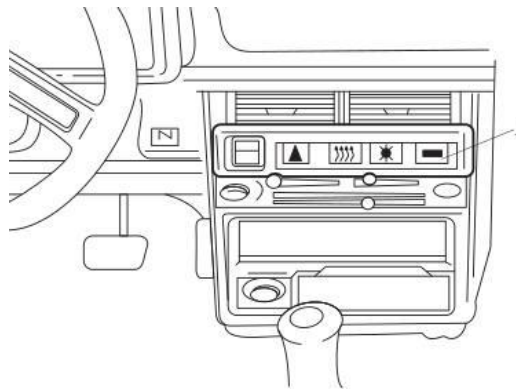
Stacionarni odnosno klupski dijagnostički uređaji često se isto tako nazivaju testeri motora iz razloga što testiraju to jest dijagnosticiraju ispravnost rada pojedinačnog rada mehanizma motora i najčešće samog sustava paljenja, pokretanja istog. Prednost stacionarnog dijagnostičkog sustava je što nije povezani s ugrađenim elektroničkim upravljačkim jedinicama unutar sustava vozila već je implementiran sam za sebe. Glavni elementi ispitivača motora su senzori kao i jedinica ta obradu i prikaz rezultata te mjerenje signala unutar sustava. Senzori i uređaji za snimanje povezani su kablovima pomoću utikača i stezaljki. Sam uređaj isto tako temelji se na računalo koji ma tipkovnicu, zaslon i pogone kao što je CD – ROM. U opremi uređaja nalazi se također i stroboskop te u nekim slučajevima i analizator ispušnih plinova. Prikupljene informacije iz rada pojedinih mehanizama motora unose se u računalo i analiziraju pomoću odgovarajućeg analizatora čiji sastavni dio su analogno – digitalni pretvarači, komparatori, pojačala i drugi uređaji za obradu signala. Analizator uređaja za dijagnosticiranje s komponentama mehaničkih sklopova unutar vozila povezan je s žicama i kablovima spojenima na negativne i pozitivne priključke akumulatora i zavojnice paljenja,

visokonaponske žice i na zavojnicu paljenja i svjećicu prvog cilindra motora. Uključena je dijagnostika senzorom za temperaturu motornog ulja te senzor razrjeđivanja u usisnom razvodniku.[7]

Nadalje, glavni dio uređaja je osciloskop na čijem ekranu se pojavljuju različiti oscilogrami koji kontroliraju i održavaju način rada i nadgledaju tehničko stanje ispitivanih dijelova i naravno uređaja sustava paljenja. Na ekranu kao izlaznoj jedinici pojavljuju se procjene signala stvarnih te iste uređaj uspoređuje s onim neispravnim. Priroda promjene samih signala unutar električnih procesa nisko i visoko naponskih krugova omogućuje prepoznavanje kvara mehaničkog sklopa kao, još važnije, njegov uzrok. Osim toga nakon uvođenja modela automobila, tipa motora, prijenosa, sustava paljenja, ubrizgavanja goriva kao parametara koji karakteriziraju određeno vozilo, ispitivači motora u mogućnosti su dijagnosticirati ispravnost rada većinu ostalih sustava vozila. Između ostalih analiziranih sustava vozila su i sustav za pokretanje, napajanje, sustav paljenja, procjena kompresije unutar cilindra motora te mjerenje parametara elektroenergetskog sustava vozila.[2]

Nedostaci takvog sustava su otežano otkrivanje povremenih kvarova u složenim električnim sustavima kada se kvar u jednom sustavu očituje simptomima u drugim sustavima koji su funkcionalno povezani s njime.[19]

Ugrađeni dijagnostički uređaji vozila koji pogreške mehaničkih sklopova vozila prikazuju kao pogreške s odgovarajućim kodovima prikazuje se kao lampice s upozorenjem (slika 28). Time ovakav sustav dijagnostike pripada najjednostavnijim vrstama sustava dijagnostike vozila. Princip rada uređaja dodjela digitalnih kodova brojnim kvarovima elektroničkog upravljačkog sustava. Kada se dogodi određeni kvar sustava isti se upisuje u memoriju upravljačke jedinice električnog sustava. Nakon provedbe određene manipulacije kodovi ili šifre se mogu prikazati pomoću kontrolne žarulje u obliku niza dugih i kratkih impulsa. Nakon vizualnog čitanja impulsa, njihova se vrijednost može dekodirati pomoću posebnih tablica.[7]



Slika 28. Primjer postavljanja indikatora kontrolnog motora

Izvor: [21]

Za uspješno dijagnosticiranje ispravnosti rada motornog sustava ugradbenog uređaja treće skupine potreban je poseban čitač koji omogućuje softveru prepoznavanje informacija, takozvani skener uređaj(slika 29).



Slika 29. Programni skener DST-2M (Rusija) bez osobnog računala

Izvor: [21]

Za razliku od ostalih skupina dijagnostičkih uređaja pomoću ove skupine kontrolirani parametri i kodovi grešaka se izravno očitavaju s elektroničke jedinice te ih tumači servisni stručnjak. Skener koji prima informacije iz motornoga sustava te koji ih tumači naziva se još i prijenosnim računalnim testerom. Takav uređaj za skeniranje priključuje se na utičnicu vozila iz koje potom dobiva digitalne informacije sustava. Skener informacije prikazuje na malom tekućem kristalnom prikazu te tako nije previše praktičan. Praksa je, s obzirom da postoji mogućnost, priključivanje osobnog računala na serijski ulaza za prijenos podataka. Softver koji je specijaliziran za ovakav tip pregleda i obradu podataka omogućuje pregled informacija dobivenih iz sustava u tabelarnom i grafičkom obliku na monitoru računala. U skladu s time postoji mogućnost kreiranja i spremanja tih istih podataka u bazu podataka o primjerice posluženim vozilima. Sami uređaji za skeniranje ove skupine razlikuju se po svojoj funkcionalnosti i rasponu testiranih vozila. Najveći raspon mogućnosti prema tome raspolažu skener uređaji koji dijagnosticiraju samo jednu marku vozila te su uređaju kao takvi ograničeni najčešće na pojedinačna autoservisna poduzeća. Oni skener uređaji koji su u širokoj uporabi najčešće su specijalizirani iznimno za pojedini mehanički sklop vozila, u tom slučaju s istim skenerom moguće se testirati i dijagnosticirati iste sustave različitih tipova vozila (primjerice sustav ubrizgavanja).[20]

Ukoliko se računalo priključi direktno na dijagnostički konektor vozila moguće je izravno uvesti podatke u računalo te tada takvo računalo postaje tzv. Računalni skener (slika 30).



Slika 30. Programni skener s osobnim računalom

Izvor: [21]

Sustav takvog uređaja kontinuirano, kao i ostali dijagnostički uređaji uspoređuje stvarne dobivene vrijednosti s onim referentnim vrijednostima zadanog, testiranog parametra. Svaka neispravnost parametara međusobno ili s referentnim vrijednostima putem kontrolnog sustava prepoznati su kao neispravnost sustava. Dijagnostički uređaj može prepoznati i zapamtiti 10 – 15 kodova dok moderni sustavi imaju mogućnost pohranjivanja do nekoliko stotina kodova. Kodovi koje dijagnostički uređaj prima, u usporedbi s prethodnim skupinama istih tipova uređaja, dolaze od i odnose se na više sustava koji uključuju motor, automatski prijenos, sustav kočenja protiv blokiranja (ABS), zračne jastuke, klimatsku kontrolu.

Uređaj ima nekoliko načina rada. Tijekom rada uređaja u načinu “pogreške”, zaslon prikazuje digitalne kodove te ih uspoređuje s onima pohranjenima u memoriji upravljačke jedinice unutar vozila. Tijekom rada uređaja u načinu “parametri”, uređaj omogućuje procjenu rada motora tijekom kretanja vozila (napon u ugrađenoj mreži, detonacija, brzina radilice, sastav smjese, brzina rada i kretanja).[19]



## 5. UTJECAJ UREĐAJA ZA UPRAVLJANJE CESTOVNIM PRIJEVOZNIM SREDSTVIMA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

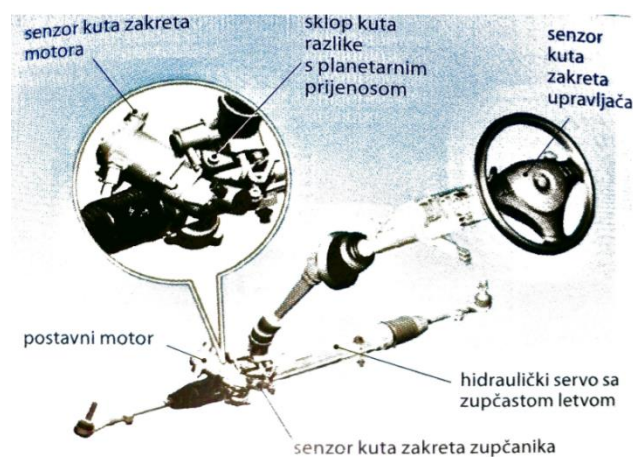
Uređaj za upravljanje vozilom i ostali uređaju koji su direktno povezani njime čine najvažniji aktivni element sigurnosti. Uvjet sigurnosti na cestama, uključujući i druge sudionike koji sudjeluju i čine promet, predstavlja prvi kriterij koji se na prometnicama mora zadovoljiti, a tome u prilog ide ispravan rad upravljačkog sustava vozila. Prema zakonu i propisima vozilo neispravnog uređaja upravljanja ne bi se smjelo upuštati u prometni tok vozila, u suprotnom posljedice mogu biti kobne za kako za onoga koji upravlja vozilom tako i ostale sudionike u prometu. Sukladno tomu može se reći kako je uređaj za upravljanje vozilom i njegov ispravan rad nulti kriterij za sudjelovanje u prometnom toku. Dakako, nekada nije moguće predvidjeti njegovu neispravnost te se stoga unutar sustava za upravljanje vozilom nalaze implementirani mnogi sustavi koji olakšavaju kako samo upravljanje tako i sprječavanje neželjenih situacija prilikom primjerice gubitka kontrole nad vozilom.

### 5.1. Upravljanje s prekrivanjem

Ovakav tip sustava (Superimposed Steering system) omogućuje upravljačke zahtjeve neovisno o angažmanu vozača primjerice kod neželjenih situacija. Prilikom prepoznavanja takvih okolnosti sustavu se daje ovlast odnosno mogućnost automatskog povećanja ili smanjenja zakreta upravljača u ovisnosti o voznom stanju. U uporabu su dvije izvedbe takvog sustava. Obje izvedbe se temelje na pomoći hidrauličkog upravljanja (slika 31).

Implementirani sustav u upravljački sustav vozila ima zadaću omogućiti sljedeće radnje:

1. Promjenjiv prijenos upravljanja i
2. Aktivna stabilizacija vozila upravljačkim sustavom.[1]



Slika 31. Konstrukcija aktivnog upravljanja

Izvor: [1]

**Upravljanje prekrivanjem s planetarnim prijenosom** ili (eng. Active Steering), sastoji se od sljedećih dijelova:

1. Hidrauličko upravljanje sa zupčastom letvom (servotronic),
2. Sklop diferencijalnog kuta s planetarnim prigonom,
3. Postavni motor sa senzorom kuta zaokreta,
4. Senzor kuta zaokreta upravljača,
5. Senzor kuta zaokreta pogonskog zupčanika i
6. Upravljačkim uređajem.[1]

Hidrauličko upravljanje sa zupčastom letvom primjenjuje sustav Servotronic koji upravljačkom sustavu vozila omogućuje manje primijenjene sile prilikom manjih brzina kretanja vozila i velike sile prilikom velikih brzina kretanja vozila.[1]

Sklop diferencijalnog kuta čini ventil upravljanja, postavni motor s pužnim kolom ili sklop zupčaste letve. Između ventila upravljanja i zupčaste letve ugrađen je planetarni prijenos.

Planetarni prijenos čine jedan kolutni zupčanik s dodatnim vanjskim ozubljenjem, dva jarma po tri stupnjevita planeta. Stupnjeviti planeti spajaju donji i gornju sunčanik. Gornji sunčanik spojen je s vratilom okretnog zasuna, a donji s pogonskim (malim) zupčanikom zupčaste letve.[1]

Postavni motor sa senzorom kuta zaokreta stvara okretno gibanje. Senzor kuta zaokreta motora mjeri smjer i brzinu vrtnje te trajanja okretanja motora.

Senzor kuta okreta upravljača mjeri kut zaokreta kola upravljača i šalje ga upravljačkoj jedinici.[1]

Senzor kuta zaokreta pogonskog zupčanika poznat pod nazivom isto kao i senzor zbirno upravljačkog kutomjera, broj kuta upravljača i motora i tako daje stvarni zaokret kotača odnosno upravljački kut upravljačkoj jedinici.[1]

Načelo rada samog sustava je sljedeće. Kada je motor neaktivan, koči se kolutni zupčanik. Zakretanjem upravljača zakreće se okretni zasun sa spojenim gornjim zupčanikom. Zbog toga se zakreću i stupnjeviti planeti poduprti te tako poduprti jarmom prenose upravljačku silu i moment na donji sunčanik. Ostvarena je mehanička veza preko gornjeg sunčanika, jarma i donjeg sunčanika. Tako je vreteno upravljača mehanički spojeno s pogonskim zupčanikom zupčaste letve.[1]

Prilikom male brzine kretanja vozila sustav manjim zaokretom upravljača mora moći omogućiti veće zakretanje pneumatika vozila. Pužno kolo elektromotora se zakreće u istom smislu kao i kolo upravljača. Zbog toga stupnjeviti planeti kruže oko oba sunčanika. Stupnjeviti planeti imaju različit broj zuba pa se sunčanici međusobno zakreću za manji iznos. Pogonski se zupčanik tako zakreće pa za manji zakret upravljača dobijemo veći zakret pneumatika vozila (dodatni kut naziva se i motorni). Prilikom veće brzine kretanja vozila sustav manjim zaokretom upravljača vozila mora moći omogućiti manji zaokret pneumatika vozila. Elektromotor zakreće pužno kolo u obrnutom smislu od kola upravljača. Zbog toga planetarni prijenos djeluje suprotno vozačevom okretanju upravljača. Zupčasta letva ostvaruje manji pomak nego što ga vozač zadaje.[1]

Utjecaj zaokreta upravljača odnosno (upravljačkog kuta) na smjer vrtnje postavnog motora, kut zaokreta pneumatika vozila, silu na upravljaču te prijenos, predstavljeni su sljedećom tablicom:

Tablica 2. Utjecaj aktivnog upravljanja na različita vozna stanja

Vozno stanje	Smjer vrtnje motora	Zaokret upravljača daje	Sila na upravljaču	Upravljačko djelovanje/prijenos
Lagana vožnja (npr. Parkiranje)	U istom smjeru	Veliki zaokret upravljača	pada	izravan
Veća brzina vožnje	U istom smjeru	/	pada	Vrlo izravan
Velika brzina vožnje	U suprotnom smjeru	Manji zaokret upravljača	raste	Posredan

Izvor:[1]

Ispravnim radom sustava aktivnog upravljanja postiže se:

1. Povećanje komfora vožnje,
2. Povećanje sigurnosti izbjegavanjem nesigurnih to jest nesretnih zahvata upravljača prilikom upravljanja vozila,
3. Moguća funkcija stabilizacija vožnje, npr. Prilikom brze promjene smjera kretanja vozila (u slučaju kada nije ugrađen ESP sustav kao i
4. Mehanička veza u slučaju kvara sustava koja osigurava kočenjem elektromotora (manifestira se kao elektronička blokada) prijenos zaokreta upravljača na upravljački prijenosnik.[1]

**Upravljanje prekrivanjem sa SWG prigonom** (SWG – prigon s deformacijskim valom) predstavlja dinamičko upravljanje kojim je omogućeno elektronički reguliranim mehanički prekrivanjem kuta zaokretanja upravljača. Mogući su automatski zahvati na upravljanju vozilom, posebice u opasnim situacijama.[1]

Osnovni dijelovi ovakvog sustava su:

1. Hidrauličko upravljanje sa zupčastom letvom,
2. Elektromehanički prigon s prekrivanjem (aktuator s elektromotorom) i mehaničko blokadom,
3. Indeksni senzor, senzor upravljača i senzor položaja elektromotora,
4. Dva senzora zakretanja i poprečnog ubrzanja (senzorske jedinice jedan i dva),
5. ECU za dinamičko upravljanje, ABS i ESP.[1]

Hidrauličko upravljanje sa zupčastom letvom kao osnovni sustav primijenjen je Servotronic jer omogućuje pri manjim brzinama kretanja vozila manje upravljačke sile. Pri velikim brzinama sile okretanja na upravljaču vozila postaju veće.[1]

Aktuator dinamičkog upravljanja čini SWG prigon pogonjen elektromotor. Upravljačko vratilo obuhvaćeno je slobodno okretljivim šupljem vratilom uležištenim u kućištu aktuatora. Rotor elektromotora i unutarnji prsten ležaja čvrsto su spojeni sa šupljim vratilom. Unutarnji i vanjski prsten ležaja izvedeni su ekscentrično. Na vanjski prsten ležaja (rotor i ležaj predstavljaju Wave Generator) postavljen je tzv. gipki klin (Fleixspline) ili gipka

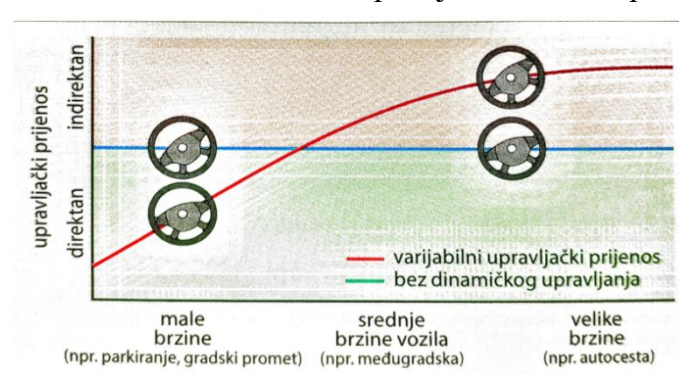
čašica. Gipka čašica je elastična i prilagođuje se ovalnoj konturi ležaja. Vanjsko ozubljenje čašice (100 zuba) zbog svoje ekscentričnosti u zahvatu je sa samo djelom unutarnjeg ozubljenja klasičnog (okruglog) kolutnog zupčanika (102 zuba, tzv. Circular Spline). Tako se obrazuju dva suprotno simetrična postavljena područja uzubljenja.[1]

Senzor položaja elektromotora prati položaj šupljeg vratila, a time i ekscentričnost ležaja. Indeksni senzor radi inicijalizacije upravljanja nakon upisivanja pogreške, mjeri središnji položaj upravljačkog prijenosnika slanjem signala pri svakom punom okretu upravljača odnosno okretu izlaznog vratila aktuatora.[16]

Kada je riječ o blokadi mehaničkog sklopa na šuplje vratilo pogonjeno elektromotorom postavljen je prsten koji s vanjske strane ima više žljebova. U te žljebove pri blokadi prijenosnika zahvaća zatik, pokretan elektromagnetom. Blokada je aktivna (uključena) pri isključenom paljenju i kvaru sustava upravljanja.

Načelo rada sustava dinamičkog upravljanja prekrivanjem temelji se na aktiviranom elektromotoru koji pogoni šuplje vratilo te se time okreće unutarnji prsten valjnog ležaja. Ovim gibanjem prenosi se ovalni oblik valjnog tijela na Flexspline. Elektromotor je upravljan u ovisnosti o brzini vozila i kutu zakreta upravljača. Kolutni zupčanik zakreće se u smjeru upravljačkog gibanja te nastaje kut prekrivanja.

Posljedica ovakvog rada sustava daje mogućnost prilikom male brzine kretanja vozila veliki zaokret pneumatika vozila i mali zaokret upravljača vozila i suprotno(Slika 32).[1]

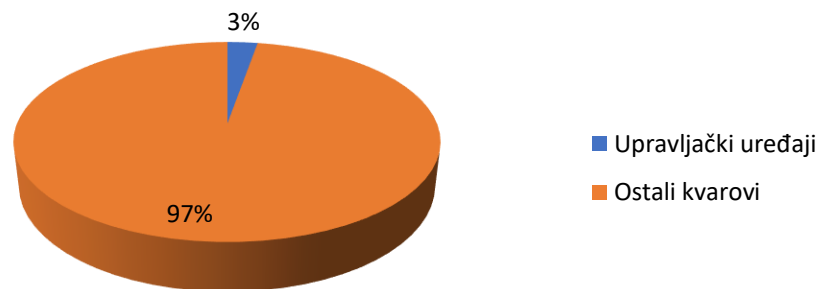


Slika 32. Prijenos upravljanja

Izvor: [1]

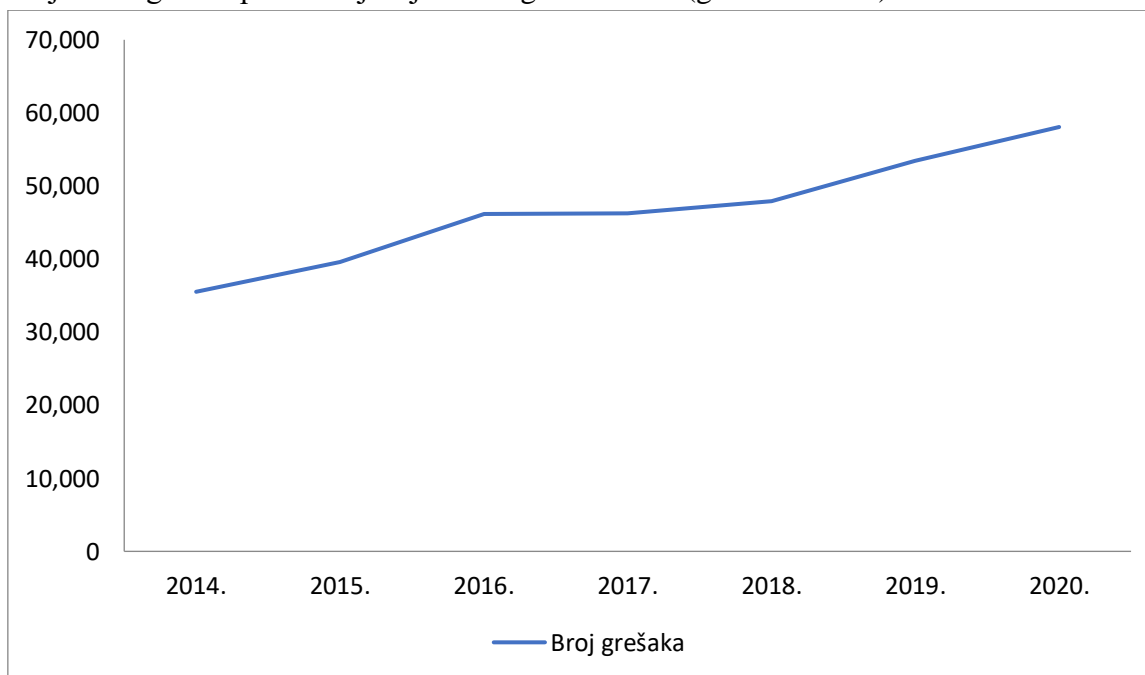
## 5.2. Udio kvarova upravljačkog sustava

Na listi kvarova stanice za tehnički pregled neispravnost prilikom identifikacije vozila zauzima nulto mjesto, dok kvar ili neispravan rad upravljačkog sustava je smješten neposredno nakon te zauzima prvo mjesto na listi. Iako se neispravnost upravljačkog sustava ne ističe brojkom itekako se ističe važnošću. Tako najveći udio među neispravnostima zauzima neispravnost uređaja za kočenje i neispravnost uređaja za osvjetljenje i svjetlosnu signalizaciju (prilikom prvog tehničkog pregleda vozila). Udio neispravnosti prouzrokovanih neispravnim radom upravljačkog sustava prilikom prvog tehničkog pregleda vozila u 2020. Godini prikazan je sljedećim grafikonom (grafikon 1).[22]



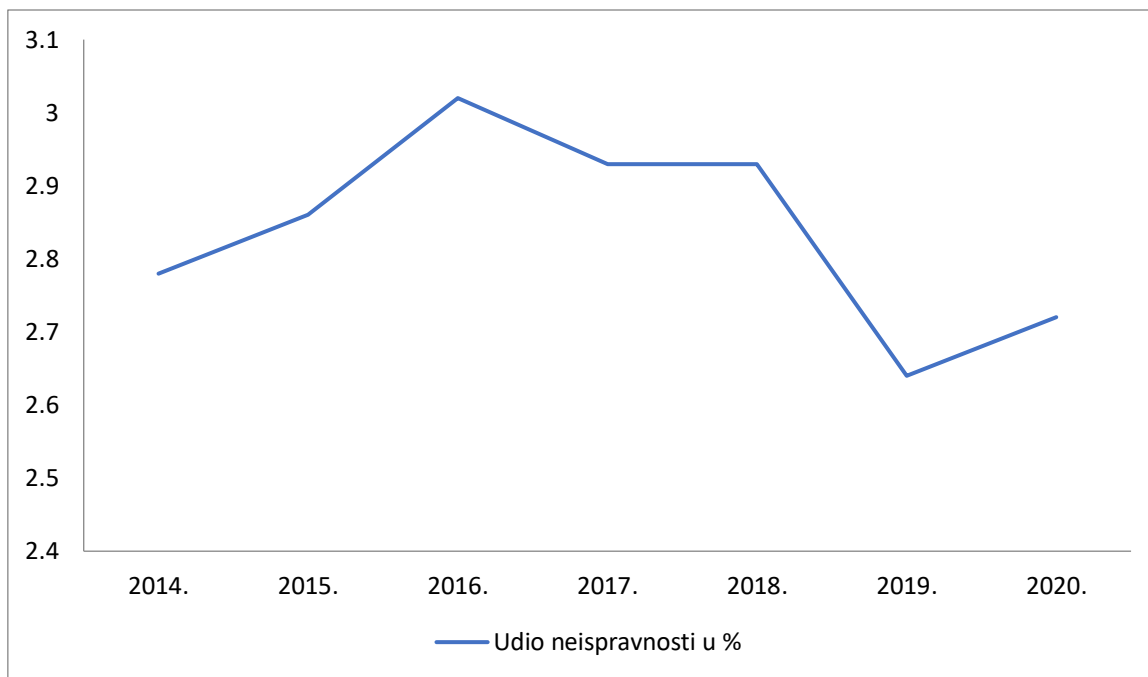
Grafikon 1. Udio grešaka prema sklopovima s obzirom na upravljački sustav na tehničkom pregledu 2020. Godine za sve vrste vozila

U 2020. godini, primjerice, pregledano je ukupno 2,195,588 vozila od kojih je 446,410 bilo neispravno te oni čine postotak od 20,33%. Količina grešaka koja utvrđena kod neispravnih tipova vozila iznosi 2,138,069. Porast broja udjela neispravnosti upravljačkih uređaja kroz godine prikazan je sljedećim grafikonima (grafikoni 2 i 3).



Grafikon 2. Broj neispravnih sklopova za upravljanje vozilom

Premda je kroz godine bilježen postepen i blagi kontinuirani porast neispravnosti upravljačkog sustava kod cestovnih vozila prilikom prvog tehničkog pregleda, bilo je i nekoliko skokova. Porast broja neispravnosti upravljačkog sustava kod vozila rezultat je povećanjem motoriziranog prometa, implementacija jeftinijih, jednokratnih, manje izdržljivih materijala u konstrukciju vozila, neadekvatno održavanje i upravljanje vozilom prilikom eksploatacije istog. [22]



Grafikon 3. Udio neispravnosti sklopova za upravljanj vozilom

## 6. ZAKLJUČAK

Upravljački sustav vozila omogućuje promjenu i zadržavanje smjera gibanja vozila. K tomu važnije, isti tako osigurava izbjegavanje neposrednih prepreka na kolniku. U osnovi upravljanje samim vozilom iznimno je bitna stavka koja jamči sigurnost u prometu, a uvjetuje ju ispravnost rada upravljačkog sustava (pod pretpostavkom da je vozač kulturno i prometno obrazovan). Ukoliko je vozač koji upravlja vozilom samosvjestan svojih sposobnosti, između ostalog i onih vozačkih, ostalo je na samim mehaničkim sklopovima i mogućnostima sustava samog vozila. Od važnosti je održavati upravljački sustav ispravnim kako bi se osigurala maksimalna sigurnost svih sudionika prometa prilikom prometovanja vozilom. Postoje otkazi i kvarovi koji su iznenadni te koje je nemoguće predvidjeti, u tom slučaju neophodno je isključiti se vozilom iz prometa i otkloniti dotičan kvar.

Nekoliko je vrsta implementacija upravljačkog sustava unutar vozila, no svi prilikom rada imaju isti cilj – osigurati upravljanje vozilom. Kako vrijeme odmiče tako sustavi postaju sve napredniji te jamče veću sigurnost, financijski su isplativiji i pojednostavljeni. Za ispravan rad cjelokupnog sustava potrebno je osigurati međusobni sklad svih međusobnih elemenata mehaničkih sklopova i sustava unutar vozila. Neki od sustava koji indirektno utječu na upravljivost vozila su sustav ovjesa vozila, geometrija pneumatika vozila te sustav kočenja na vozilu. Svi navedeni sustavi utječu na trošenje pneumatika koji su važni kako bi se zadržala upravljivost vozila.

Svakoga dana razvijaju se noviji i napredniji sustavi upravljanja kao i sustavi koji pomažu kako bi se cijeli proces dodatno osigurao i pojednostavio. U skladu s time novija vozila već imaju popriličnu opremu koja osigurava napredniju eksploataciju vozila. Sustavi koji osiguravaju upravljivost vozila mogu direktno ili indirektno nadzirati njegov rad i obavljati utjecaj na njega. Sustavi kao pomoć upravljanju mogu biti u obliku pojačivača upravljanja implementirani direktno na upravljački sustav ili popratni sustavi koji nadziru cjelokupno kretanje vozila kao i njegovu putanju te ukoliko je potrebno u nepoželjnim situacija ispraviti istu.

Svako odstupanje od pravilnog rada potrebno je ispraviti. Neispravan rad sustava može se uočiti vizualno, primjerice na redovitim tehničkim pregledima gdje se kvarovi i neispravnosti sustava dijagnosticiraju posebnim uređajima kod novijih vozila. Isto tako nenadani kvar i neispravnost jednog elementa unutar mehaničkog sklopa ili sustava općenito može se dogoditi i između pojedinih pregleda vozila, a može se očitovati zvukovno u obliku udaraca, škljocanja, lupanja ili vizualno tijekom vožnje kao potreba za stalnom korekcijom smjera kretanja vozila i promjena sila potrebnih za zaokretanje upravljača vozila.

U budućnosti se očekuje daljnji razvitak, unapređenje i optimizacija sustava, kako cjelokupnih tako i pojedinačnih, koji utječu na samo vozilo u prometovanju u smislu povećanja sigurnosti na cestama, ugađeniji rad motora vozila, udobnije vožnje te u cilju smanjenja prometnih nesreća na prometnicama.

## LITERATURA:

- [1] Pučko otvoreno učilište: Tehnika motornih vozila – 30 prerađeno i nadopunjeno izdanje, Zagreb, Hrvatska obrtnička komora, 2015.
- [2] Prof. dr. sc. Cerovac V.: Tehnika i sigurnost promet, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti 2001.
- [5] Automobili 2021. Preuzeto sa: <https://hr.man-trailer.com/3903444-the-steering-system-of-the-car-the-appointment-types-and-photos> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
- [6] Eurecar\_časopis. Preuzeto: [https://ciak-auto.hr/wp-content/uploads/2018/04/EureCar\\_casopis.pdf](https://ciak-auto.hr/wp-content/uploads/2018/04/EureCar_casopis.pdf) [Pristupljeno: srpanj 2021.]
- [7] Jesse black: Vehicle steering system dizertacija, 2010. Preuzeto: [https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1515&context=all\\_dissertations](https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1515&context=all_dissertations) [Pristupljeno: srpanj 2021.]
- [8] Ivan Jonjić: Vozni sklop vozila, 2021. Preuzeto: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/vus:631/preview> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
- [9] Moj volan portal. Preuzeto: <https://www.mojvolan.com/centriranje-reglaza-trapa-kada-se-i-kako-radi-ovaj-postupak/> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]
- [10] Prometna zona portal. Preuzeto: <https://www.prometna-zona.com/podesavanje-prednjih-kotaca/> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [11] Avtotachki portal. Preuzeto: <https://avtotachki.com/hr/radius-povorota-vazhnyj-parametr-dlya-avtomobilej/> [Pristupljeno: srpanj 2021.)
- [12] Wikipedia. Preuzeto: [https://hr2.wiki/wiki/Steering\\_ratio](https://hr2.wiki/wiki/Steering_ratio) [Pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [13] Rally store portal. Preuzeto: <https://rallystore.ru/hr/regulirovka-rulevogo-mehanizma-ustroistvo-vidy-i-princip.html> [Pristupljeno: kolovoz 2021.)
- [14] Amortizeri Roby portal. Preuzeto: <http://www.amortizeriroby.com/nase-usluge/popravak-letvi-volana/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
- [15] Vidi Auto portal. Preuzeto: <https://www.vidiauto.com/Automobili/Nove-tehnologije-studije-prototipi/Four-Wheel-Steering-zakretanje-sva-cetiri-kotaca> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]
- [16] 123vs portal. Preuzeto: <https://123vs.ru/hr/sovremennoe-programmnoe-obespechenie-dlya-avtomobilya-diagnosticheskoe/> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]
- [17] Centar za vozila hrvatske portal. Preuzeto: <https://www.cvh.hr/naslovnica/> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]



- [18] Ferrari magazin. Preuzeto:<https://www.ferrari.com/en-EN/magazine/articles/ferrari-sf90-formula-one-steering-wheel> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]
- [19] Vector Stock. Preuzeto: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/set-different-steering-wheels-vector-1489696> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]
- [20] Keen Parts portal. Preuzeto: <https://keenparts.com/CorvettePartsDiagrams.php?diagram=3503&year=ALL> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [21] Quadratech portal. Preuzeto: [https://www.quadratec.com/products/12590\\_042X\\_PG.htm](https://www.quadratec.com/products/12590_042X_PG.htm)  
:[://autonovosti.com/letva-volana-popravak-ili-zamjena-novom/](https://autonovosti.com/letva-volana-popravak-ili-zamjena-novom/) [Pristupljeno: kolovoz 2021.]
- [22] Preuzeto: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQzLLxevvrya5dY2acEV-aEPk7ZvICsfoYZQ&usqp=CAU> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]
- [23] Moj volan portal. Preuzeto: <https://www.mojvolan.com/centriranje-reglaza-trapa-kada-se-i-kako-radi-ovaj-postupak/> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [24] Auto novosti portal. Preuzeto: <https://autonovosti.com/letva-volana-popravak-ili-zamjena-novom/> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]

#### POPIS SLIKA:

- Slika 1: Upravljač bolida F1, Ferrari SF90 (2019. godina).
- Slika 2: Oblici upravljača
- Slika 3: Montiranje upravljača na gornji dio upravljačkog stupa
- Slika 4: Spoj upravljača i upravljačkog stupa
- Slika 5: Zupčasta letva upravljača
- Slika 6: Mehанизam zupčanika naslonjen na letvu upravljača
- Slika 7: Spajanje kotača s očnim prihvatom, vilicom i kuglom
- Slika 8: Položaj pneumatika s obzirom na zatur
- Slika 9: Kut rotacije pneumatika na vozilu
- Slika 10: Položaj pneumatika s obzirom na nagibnu točku
- Slika 11: Položaj pneumatika s obzirom na raspon (trag)
- Slika 12: Upravljački trapez
- Slika 13: Upravljanje zakretnom oplenom i zakretanjem smjernih površina
- Slika 14: Mehanički prijenosnik sa zupčastom letvom upravljača
- Slika 15: Mehanički prijenosnik sa zupčastom letvom
- Slika 16: Varijabilni prijenosni omjer
- Slika 17: Pužni mehanizam upravljačkog sustava
- Slika 18: Vijčani mehanizam upravljačkog sustava

Slika 19: Hidraulički prijenosnik s zupčastom letvom, zakret kotača udesno  
Slika 20: Servotronic  
Slika 21: Udio grešaka prema sklopovima s obzirom na upravljački sustav na tehničkom pregledu  
Slika 22: Godine za sve vrste vozila  
Slika 23: Broj neispravnih sklopova za upravljanje vozilom  
Slika 24: Udio neispravnosti sklopova za upravljanj vozilom  
Slika 25: Moment pokretanja i tok pada  
Slika 26: Povratno djelovanje i upravljačka podrška  
Slika 27: Električno servoupravljanja (Servoelectric)  
Slika 28: Električni servo upravljač  
Slika 29: Blok shema Servoelectrica  
Slika 30: Elementi ovjesa vozila  
Slika 31: Ovjes MacPherson  
Slika 32: Primjer postavljanja indikatora kontrolnog motora  
Slika 33: Programni skener DST-2M (Rusija) bez osobnog računala  
Slika 34: Programni skener s osobnim računalom  
Slika 35: Konstrukcija aktivnog upravljanja  
Slika 36: Prijenos upravljanja

#### POPIS TABLICA:

Tablica 1: Najčešći kvarovi upravljačke letve i njeni popravci  
Tablica 2: Utjecaj aktivnog upravljanja na različita vozna stanja

#### GRAFIKONI:

Grafikon 1: Udio grešaka prema sklopovima s obzirom na upravljački sustav na tehničkom pregledu  
Grafikon 2: Broj neispravnih sklopova za upravljanje vozilom  
Grafikon 3: Udio neispravnosti sklopova za upravljanj vozilom

#### POPIS KRATICA:

ABS (Anti-lock Braking System) sustav sprječavanja blokade kotača  
EBD (Electronic Brakeforce Distribution) sustav elektronske raspodjele kočne sile  
ESP (Electronic Stability Program) sustav za elektronsku kontrolu stabilnosti vozila  
BAS (Brake Assist System) sustav kočne potpore  
DSC (Dinamic Stability Control) sustav dimaničke stabilnosti  
ASR (Anti-Slip Regulation) sustav regulacije proklizavanja  
TCS (Traction Control System) sustav kontrole proklizavanja



Sveučilište u  
Zagrebu Fakultet prometni  
hnanosti 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 sustava za upravljanje kod cestovnih vozila na sigurnost cestovnog prometa

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

U Zagrebu, 3/9/2021 \_\_\_\_\_

Student/ica:

(potpis)