

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Моторна возила и мотори

Предмет: Моторна возила 1

Број индекса: 218/2007

Стефан Р. Јовић

Системи за управљање теретних моторних возила
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Јованка Лукић, проф. - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да
Опише и анализира:

- принципе функционисања система за управљање теретних моторних возила,
- конструктивна решења,
- развој система за управљање теретних возила и
- тенденције развоја

Препоручена литература:

[1] М. Демић и др: Основи пројектовања теретних моторних возила, Машински факултет у Крагујевцу, 1994.

[2] А. Стефановић.: Друмска возила - основи конструкције - Центар за моторе и моторна возила Машинског факултета у Нишу и Центар за безбедност Машинског факултета у Крагујевцу, 2010.

[3] Н. Јанићијевић, Д. Јанковић, Ј. Тодоровић „ Конструкција моторних возила“, Машински факултет Београд, 1987 година

[4] И. Филиповић : Мотори и моторна возила, Машински факултет Универзитета у Тузли Тузла, 2006

Крагујевац, 2013

ментор:

Др Јованка Лукић, р. проф.

Резиме:

Управљачки систем служи за преношење команди возача и заокретање возила у жељеном правцу. У овом раду су описане све значајне изведбе система управљања моторних возила, као и њихов развој и прилагођавање новим захтевима. Објашњен је принцип рада управљачког и преносног система, а посебан акценат је стављен на модерне системе управљања и трендове њиховог развоја у циљу побољшања ефикасности, прецизности управљања и лакшег одржавања. Такође, рад се посебно бави чисто механичким, као и серво-појачаним системима управљања (хидраулични, пнеуматски, електро-хидраулички, електрични).

Кључне речи: систем управљања, теретна возила, серво-управљачки систем, динамичко управљање, steer-by-wire

Abstract:

Steering system transfers drivers commands and turns the vehicle in wanted direction. Within this work, all the significant steering types are being described, as well as their development and adaptation to new requirements. The operation principle of steering and transfer system is described, and special emphasis is brought to the contemporary steering systems and their development trends in order to improve efficiency, steering precision and maintenance. Also, this work addresses to purely mechanic, as well as power-steering systems (hydraulic, pneumatic, electro-hydraulic, electric).

Key words: steering system, commercial vehicles, power-steering system, dynamic steering, drive-by-wire

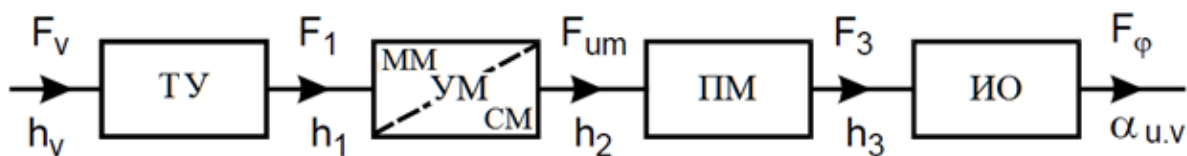
САДРЖАЈ

1.0	УВОД.....	1
2.0	ОСНОВНИ ПОЈМОВИ И ПОДЕЛЕ СИСТЕМА ЗА УПРАВЉАЊЕ МОТОРНИХ ВОЗИЛА.....	2
	2.1 Осе обртања точкова моторних возила.....	3
	2.2 Управљачки мост моторних возила.....	5
	2.3 Трапез управљања.....	7
3.0	КОМПОНЕНТЕ СИСТЕМА ЗА УПРАВЉАЊЕ.....	9
	3.1. Управљачки механизам.....	10
	3.2. Преносни механизам.....	12
4.0	СИСТЕМИ ЗА УПРАВЉАЊЕ БЕЗ СЕРВО-ПОЈАЧАЊА.....	15
	4.1 Пужни управљачки преносник.....	15
	4.2 Комбиновани управљачки преносник.....	18
5.0	СИСТЕМИ ЗА УПРАВЉАЊЕ СА СЕРВО-ПОЈАЧАЊЕМ.....	20
	5.1 Системи за управљање са пнеуматским серво-појачањем.....	21
	5.2 Системи за управљање са хидрауличним серво-појачањем.....	22
	5.2.1 Систем за управљање типа зупчаник-зупчаста летва са серво-појачањем.....	24
	5.2.2 Комбиновани (интегрални) управљачки преносник са серво-појачањем.....	28
	5.2.3 Серво управљач са системом полука.....	31

6.0	ТЕНДЕНЦИЈЕ РАЗВОЈА.....	32
6.1	Електро-хидраулични управљачки систем.....	32
6.2	Системи динамичког управљања.....	34
6.3	Системи за управљање на више осовина.....	36
6.4	Steer-by-wire системи управљања.....	38
7.0	ЗАКЉУЧАК.....	40
8.0	ЛИТЕРАТУРА.....	41

1.0 УВОД

Систем за управљање има задатак да мења и одржава правац кретања возила и осигурава неопходан маневар возила. У општем случају систем за управљање се састоји од склопова датих на слици 1.1.



Слика 1.1: Структурна шема управљачког механизма [2]

ТУ – точак управљача

УМ – управљачки механизам (ММ - механички механизам, СМ - серво механизам)

ПМ – преносни механизам

ИО – извршни орган (точкови, гусенице)

F_v – сила на точку управљача (h_v – одговарајући помак точка управљача)

F_ϕ – сила на точку возила ($\alpha_{u,v}$ – угао закретања возила)

2.0 ОСНОВНИ ПОЈМОВИ И ПОДЕЛЕ СИСТЕМА ЗА УПРАВЉАЊЕ МОТОРНИХ ВОЗИЛА

Савремени механизми за управљање теретних моторних возила морају да испуне следеће захтеве [2]:

а) Обезбедити стабилно кретање возила приликом вожње на правцу. Точак управљача у положају праволинијског кретања треба да има минималан слободан ход.

б) Обезбедити малу силу на точку управљача (F_v): код путничких возила 4-7 daN, код теретних возила и аутобуса 15-20 daN, а код теретних возила већих носивости и до 30-40 daN.

в) Кинематика механизма за управљање мора бити таква да приликом кретања у кривини осигура котрљање свих управљачких точкова возила без клизања како би се избегла нестабилност возила и брзо хабање пнеуматика.

г) Спонтано враћање управљачких точкова по изласку из криволинијског у положај праволинијског кретања под дејством стабилизујућег момента.

д) Управљачки механизам мора ублажити ударе изазване неравнинама пута, тако да се на точак управљача пренесу само незнатне силе које неће замарати возача и тиме смањити сигурност кретања возила.

ђ) Прецизно управљање теретним возилом при свим оптерећењима, од празног возила до максималног оптерећења.

Подела система за управљање може се извршити на следеће начине [2]:

а) Класификација по карактеру управљања:

- управљање точковима,
- управљање осовинама,
- комбиновано управљање,
- бочно заношење, гусенична возила.

б) Према положају возачког места:

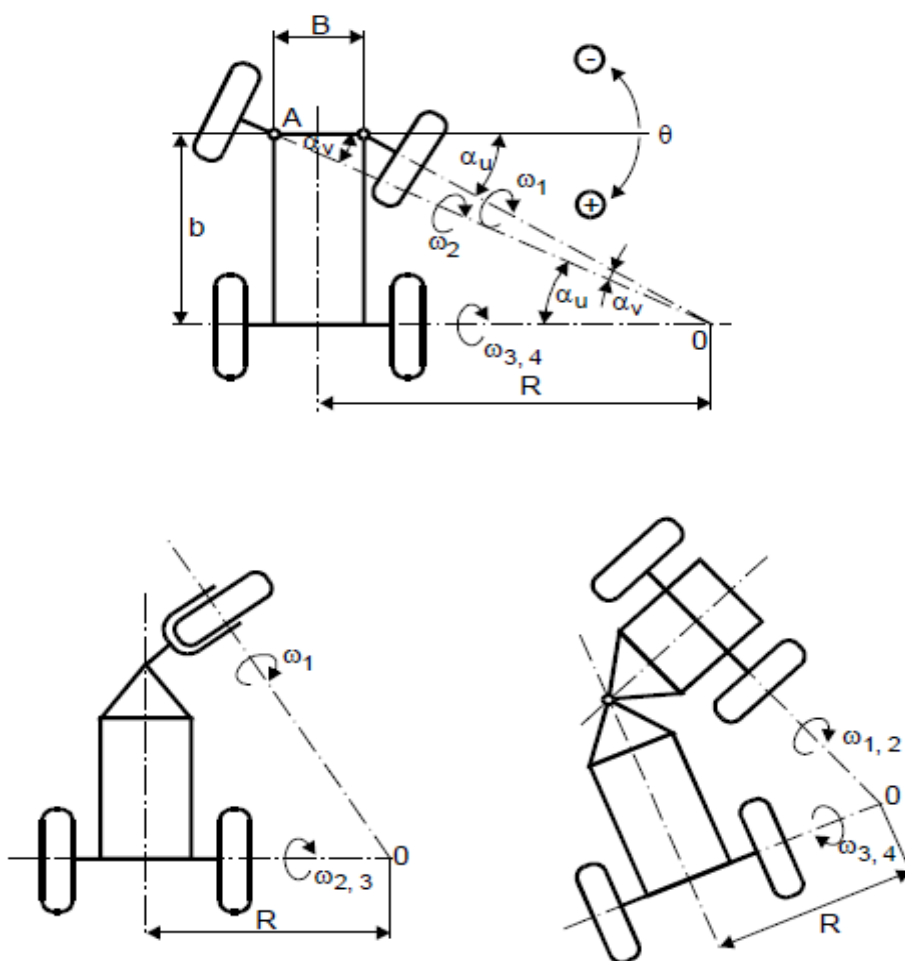
- управљање са леве стране возила,
- управљање са десне стране возила.

ц) Класификација према карактеру функционисања:

- механички механизми,
- серво-механички механизми (електрични, хидраулични, пнеуматски).

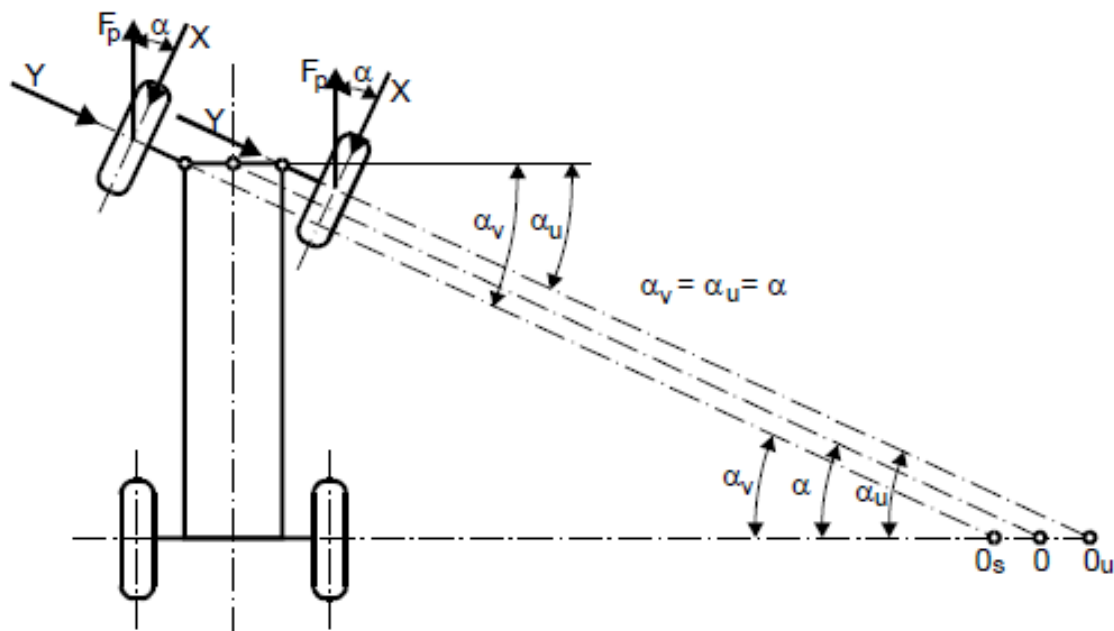
2.1 Осе обртања точкова моторних возила

Ако се пође од упрошћења да се управљање моторног возила врши крутим точковима, онда се може рећи да је основни кинематски критеријум да се осе обртања точкова секу у једној тачки. На слици 2.1 је дато неколико карактеристичних изведби моторних возила са пресеком оса обртања у једној тачки.



Слика 2.1: Примери изведбе моторних возила са сечењем оса обртања точкова у једној тачки [2]

Када се осе обртања свих тачкова секу у истој тачки, не долази до њиховог проклизавања. Међутим, постоје и једноставнији системи за управљање код којих ово није случај, као што је приказано на слици 2.2.

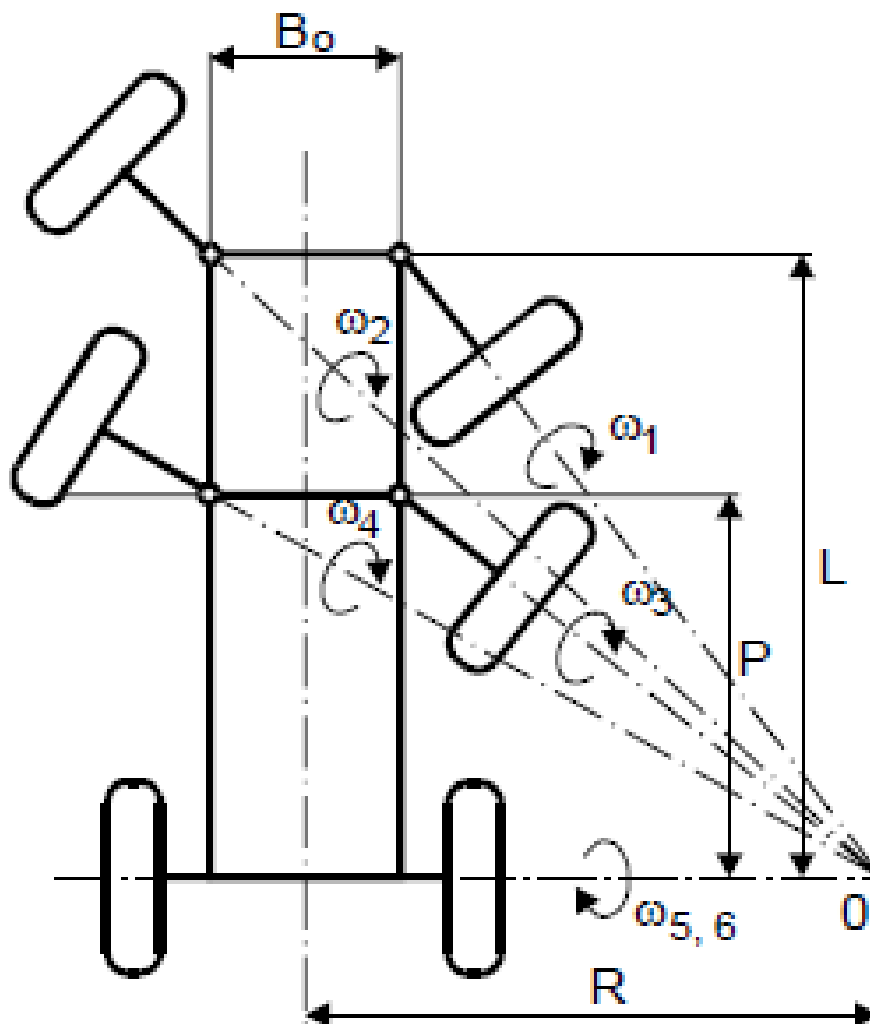


Слика 2.2: Пример моторног возила код кога се осе обртања тачкова не секу и истој тачки (углови закретања управљачких тачкова су исти) [2]

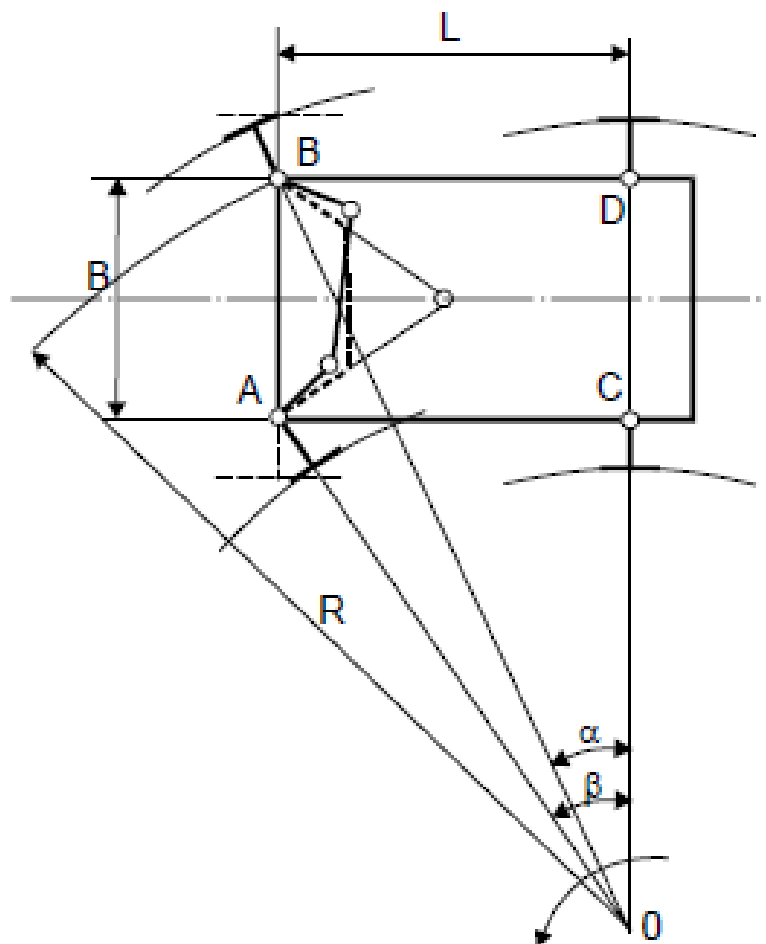
Код оваквог решења управљачког система, присутна су два центра окретања, O_s и O_u , и долази до појаве проклизавања једног од управљачких тачкова при заокрету. Овиме се нарушава задато вођење возила у кривини, а самим тим и његова стабилност. Такође, као последица тога, долази и до убзаног хабања пнеуматика.

2.2. Управљачки мост моторних возила

Код друмских превозних средстава најчешће се употребљава принцип управљања закретањем точкова само једног моста, обично предњег. Међутим, код теретних возила већих носивости и дужина, некада се користи и систем управљања помоћу више мостова како би се смањио простор неопходан за маневар возила [2, 7].



Слика 2.3: Пример управљања помоћу два управљачка моста [2]



Слика 2.4: Кинематска шема окретања возила са једним управљачким мостом [2]

Закретањем управљачких точкова за неки угао (слика 2.4), возило почиње да се креће око неког тренутног пола О (пол је место пресека продужетка оса свих точкова). Са слике се јасно види да је потребно закренути управљачке точкове за различит угао како би они имали заједнички пол заокрета (точак ближи полу за угао β , а точак даљи од пола за угао α , при чему је $\beta > \alpha$). Ови углови се дефинишу као:

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{OD}{L} \quad ; \quad \operatorname{ctg} \beta = \frac{OC}{L}$$

једначине 2.1 и 2.2 [2]

одакле је,

$$\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta = \frac{OD - OC}{L} = \frac{B}{L}$$

једначина 2.3 [2]

Ове једначине представљају услов управљивости код међусобног размака мостова L и размака окретних тачака точкова управљачког моста B . Ако је услов из горње једначине испуњен за било који положај управљачких точкова онда ће се они кретати кроз кривине без клизања. Овај услов се испуњава правилним одабиром дужина и углова полуга механизма за управљање, тј трапезом управљачких полуга [2].

2.3 Трапез управљања

Ако се окретна тачка спољног управљајућег точка налази на растојању R од пола O , може се поставити следећа једначина:

$$L = R \sin \alpha$$

једначина 2.4 [2]

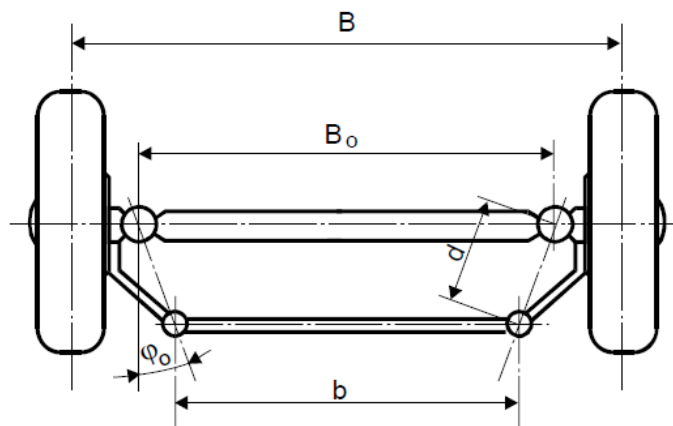
односно,

$$R = \frac{L}{\sin \alpha}$$

једначина 2.5 [2]

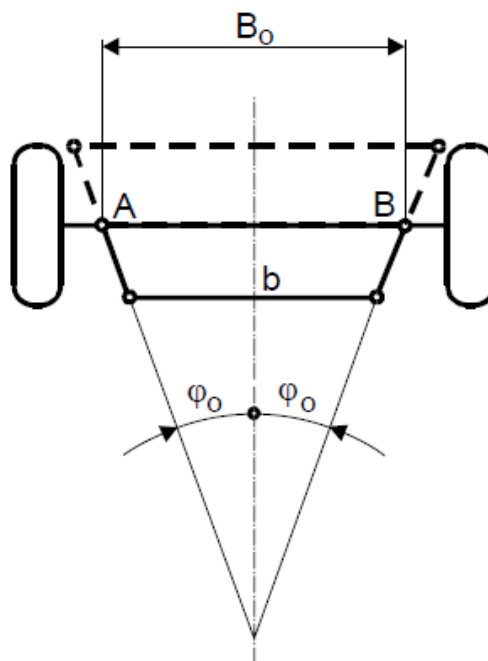
Из ових једначина следи да радијус заокрета може бити смањен смањивањем размака између мостова (L) и повећањем угла за који се закрећу управљачки точкови (α).

Механизам управљања савремених моторних возила се базира на принципу трапезног распореда преносних полуга. Конструисање система за управљање се ради паралелно са системом еластичног ослањања јер се кинематика управљачког механизма преноси са овешане масе каросерије на неовешану масу управљачких точкова [2]. Ово се посебно односи на преносни механизам, укључујући и трапез управљања, чији је пример приказан на слици 2.5.



Слика 2.5: Трапез управљања [2]

Код механизма са зависним системом еластичног ослањања, предња крута осовина представља једну од компоненти трапеза са страницом B_o . У односу на осовину управљања, трапез може бити формиран испред или иза осовине у зависности од концепције возила и расположивог простора. Имајући у виду предности и недостатке једне и друге комбинације, препоручује се композиција трапеза иза осовине, као на слици 2.6.



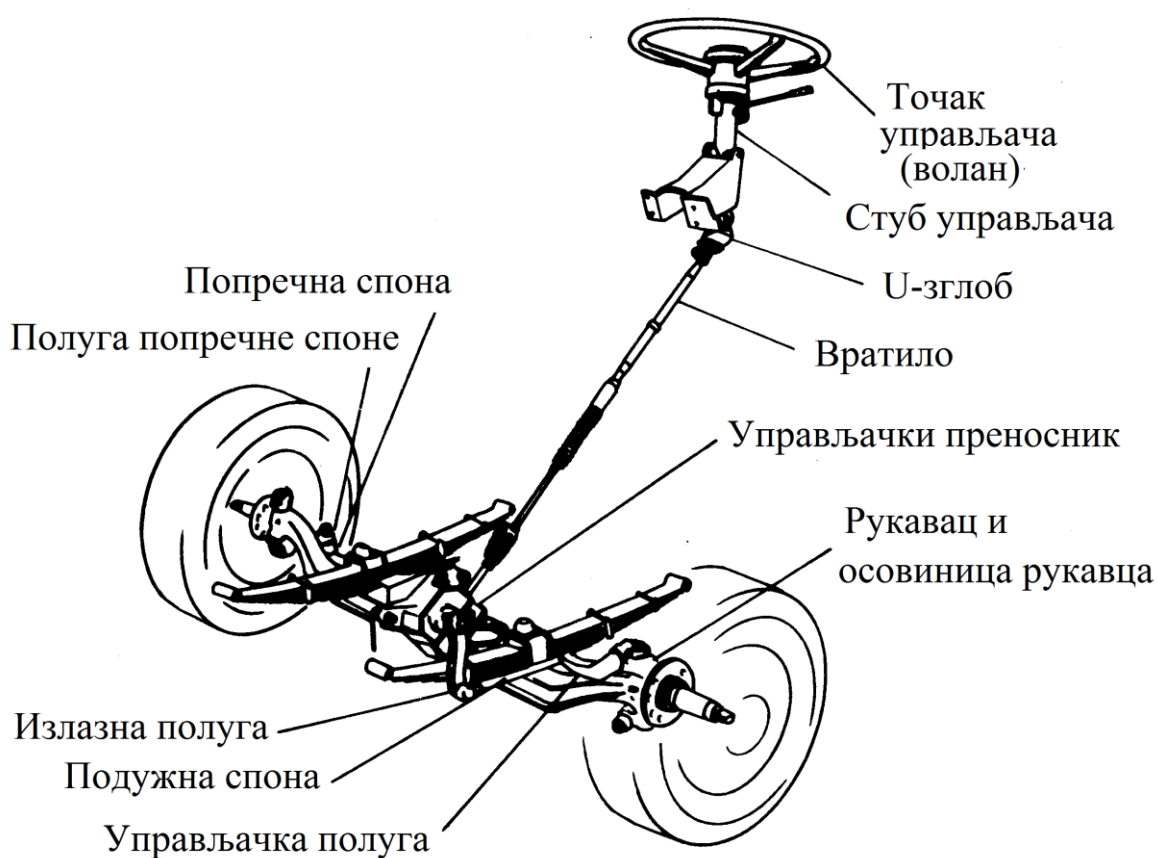
Слика 2.6: Трапез управљања иза (и испред) осовине [2]

На овај начин је смањена дужина управљачке споне „b” и повећана је њена крутост и отпорност на извијање. Такође, постављањем трапеза управљања иза управљачке осовине остварује се његова заштита од механичких оштећења током експлоатације.

3.0 КОМПОНЕНТЕ СИСТЕМА ЗА УПРАВЉАЊЕ

Код возила са точковима систем за управљање се састоји из два основна механизма [3]:

- управљачког механизма и
- преносног механизма.



Слика 3.1: Систем за управљање теретног моторног возила [3]

3.1 Управљачки механизам

Управљачки механизам представља редуктор који има задатак да увећа излазни момент и окарактерисан је:

- угаоним преносним односом који представља однос угла заокретања точка управљача и излазне полуге управљачког механизма. У циљу остварења управљања и добре заокретљивости потребно је остварити већу вредност угаоног преносног односа у средњем положају и мању при повећању угла заокретања точка управљача. Преносни однос представља однос угла заокретања точка управљача и угла заокретања самих точкова (нпр. код мотоцикала и бицикала овај однос је 1:1, јер точак директно прати заокрет управљача). Код путничких возила преносни однос се креће од 10-20, а код теретних је већи и, у зависности од намене и масе возила, креће се од 25-40, зато што се повећањем преносног односа смањује потребна сила за окретање точка управљача. Већи преносни односи се не користе јер би успорење реаговања било велико, а самим тим и реаговање управљачких точкова на команду знатно смањено.

- степеном корисног дејства. За лако управљање потребно је да степен корисног дејства буде што већи, док је за ублажавање ударних оптерећења на точку управљача захтев сасвим супротан. Из овог следи да се управљачки механизми контролишу тако да им степен корисности при преношењу од точка управљача на точак буде што већи него у случају када се сила са точка преноси у обрнутом правцу. Разликује се директан и повратни степен преноса.

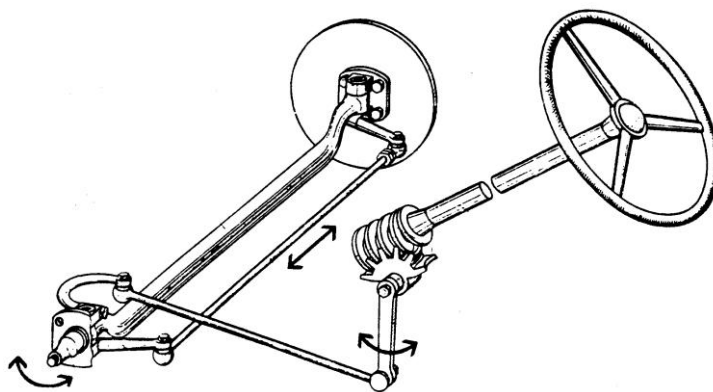
Управљачки механизам се састоји од следећих компонената [6]:

- Точак управљача је средство преко којег возач контролише правац возила, тј улазни орган управљачког система. Обично се производи од ојачаног челика кружног облика који се пресвлачи неким материјалом пријатнијим на додир, пластиком или чак кожом. Обруч точка управљача је спојен крацима са његовим средиштем, које се налази на врху стуба управљача. Сила коју возач пренесе на точак управљача постаје обртни момент у стубу управљача. Повећањем пречника самог точка управљача добија се већи обртни момент на стубу управљача. Управо због тога теретна возила користе точак управљача већих пречника у односу на путничка возила, и он износи од 50-60 см. Овај велики пречник има и функцију помоћи возачу у случају отказа серво система. У центру точка управљача модерних теретних возила обично се налазе тастер звучног упозорења и ваздушни јастук.

- Стуб управљача повезује точак управљача са управљачким преносником. Обично се састоји из два дела међусобно спојена U-зглобом ради постизања боље ергономије и безбедности за возача. Такође, уз њега су провучене и електричне инсталације за све команде на стубу и точку управљача (тастери звучног упозорења, показивача правца, брисача ветробранског стакла, сензора ваздушног јастука итд).

- Управљачки преносник представља редуктор који има задатак да увећа улазни обртни моменат и мења његов правац. Постоје три основне категорије управљачких система теретних возила [6]:

- управљачки систем са пужним преносником
- комбиновани управљачки систем (завтањ-навртка-бочни сектор са куглицама)
- управљачки систем са зупчастим преносом (зупчаста летва)

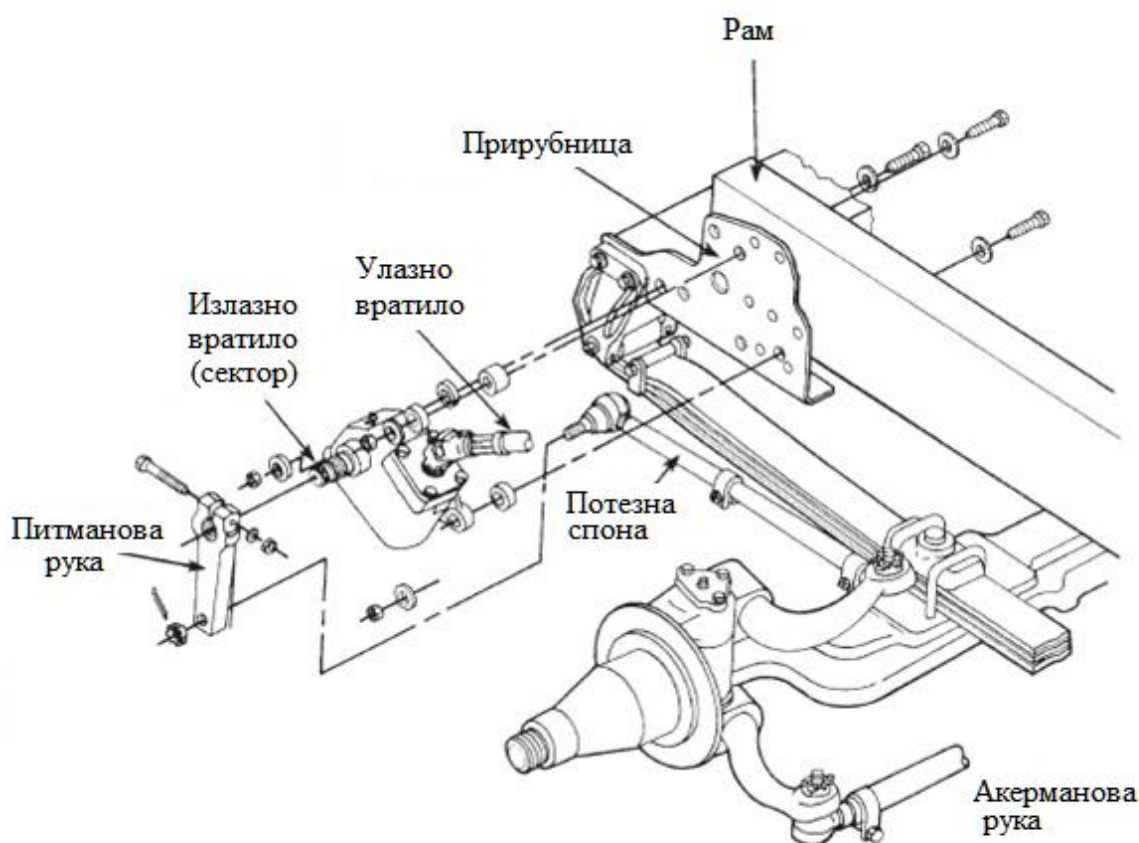


Слика 3.2: Управљачки механизам са пужним преносником [2]

Већина савремених теретних возила користи хидрауличне серво-механичке управљачке преноснике. Хидраулични серво уређај је обично саставни део управљачког преносника, а хидраулични притисак добија уз помоћ пумпе коју погони мотор возила. Ипак, и даље постоје и теретна возила са потпуно мануелним управљањем, због своје ниже цене и прецизнијег осећаја управљања којем неки возачи дају предност. У суштини, потреба за серво уређајима је најизраженија при спорој вожњи, као што је паркирање. Врсте управљачких преносника су детаљније обрађене у даљем току рада.

3.2 Преносни механизам

- Питманова рука (рукуница управљача) је челична полука повезана на излазно вратило управљачког преносника, сектор, и има функцију преводјења ротационог кретања у праволинијско. Она је у суштини полука, и њена дужина одређује одзив управљачког система. Са повећањем дужине, Питманова рука ствара већи заокрет управљачких точкова за дати заокрет точка управљача [6].



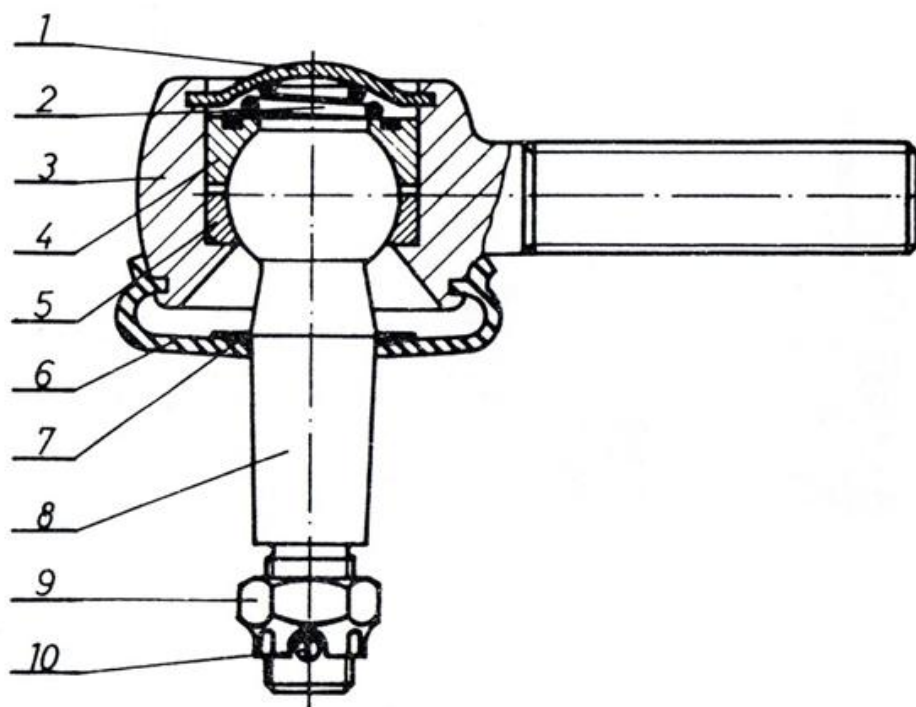
Слика 3.3 Приказ уобичајене изведбе мануелног система за управљање теретних возила [6]

- Потезна спона је израђена од ојачаног метала и повезује Питманову руку са управљачком споном. Ова спона може бити једноделна или дводелна, чиме се добија могућност подешавања дужине и олакшава центрирање управљачког преносника. Једноделна спона се користи у системима са врло малим толеранцијама, итада се други елементи користе за подешавања. Потезна спона је на оба краја повезана помоћу кугличних веза које доприносе изолацији управљачког преносника и Питманове руке од кретања осовине. На слици 3.3 је приказана дводелна потезна спона подесиве дужине.

- Управљачка спона повезује потезну спону и управљачки зглоб точка на возачевој страни возила. Обично се израђује од каљеног кованог челика. Када се потезна спона креће линеарно, она помера спону која делује на управљачки зглоб и тиме мења угао осовине управљачког зглоба.

- Акерманова рука је средство које се користи за трансфер и синхронизацију процеса управљања на оба управљачка точка једне осовине. Израђује се од челика у форми полуге закривљене под одређеним углом. Тачан облик полуге дефинише геометрију заокрета возила.

- Зглобови управљачког система. Да би се остварила основна функција система управљања, тј. закретање точкова за жељени угао, преносни механизми ни у ком случају не могу бити круте конструкције. Због врло сложеног релативног померања елемената преносног механизма при управљању, најповољнију везу између елемената представљају зглобови (слика 3.4).



1. Поклопац зглоба

6. Гумена заштита

2. Опруга

7. Тањир

3. Тело зглоба

8. Сварњак са јабучицом

4. Горњи део чашице

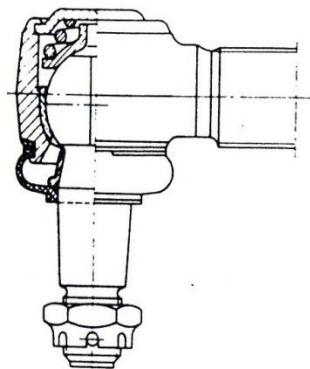
9. Крунаста навртка

5. Доњи део чашице

10. Расцепка

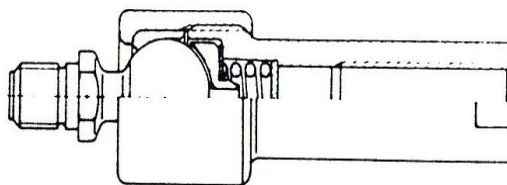
Слика 3.4: Зглоб [3]

Овај зглоб омогућава покретљивост у све три међусобне равни. Да би се очувала правилна кинематика управљања у зглобу, не сме доћи до појаве зазора. Поништавање зазора постиже се извођењем чашице зглоба да је један део чашице покретан (4) у телу зглоба (3) и притиснут о сварњак са јабучицом (8) и опругом (2). Данас се углавном примењују трајно самоподмазујући зглобови. Трајно подмазујући зглоб са чашицом измађу кугличног рукавца и тела зглоба приказан је на слици 3.5.



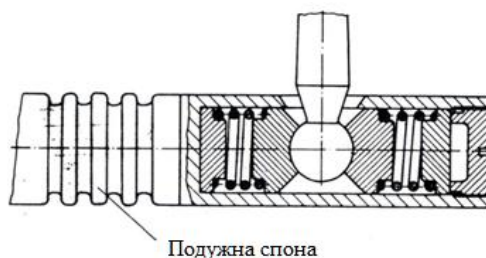
Слика 3.5: Трајно подмазујући зглоб [3]

Код управљачког механизма са зупчастом летвом примењују се трајно подмазујући аксијални зглобови са чашицама од вештачких материјала са обе стране кугле (слика 3.6).



Слика 3.6: Трајно подмазујући аксијални зглоб [3]

Ударци са пута се не смеју пренети на управљач. Најједноставнији вид пригушивача уграђеног у попречну спону у облику опруге дат је на слици 3.7.



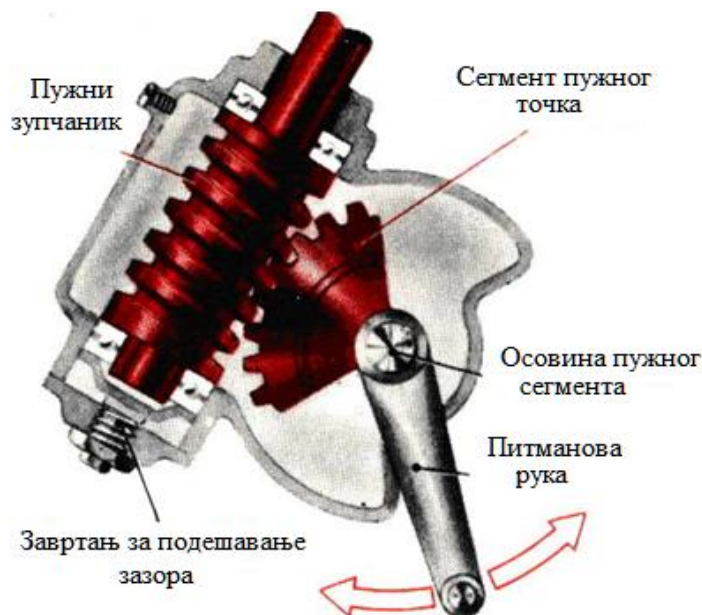
Слика 3.7: Пригушивач у облику опруге уграђен у попречну спону [3]

4.0 СИСТЕМИ ЗА УПРАВЉАЊЕ БЕЗ СЕРВО ПОЈАЧАЊА

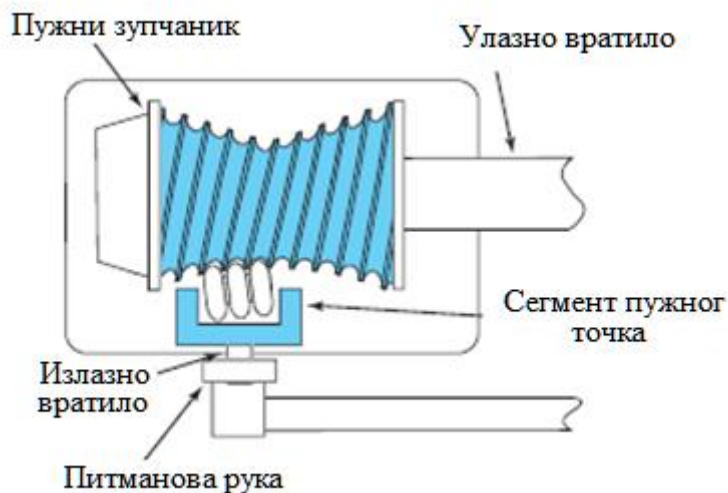
Управљачки преносник се често назива и управљачком кутијом, зато што се састоји од сета зупчаника у затвореном кућишту. Као што је већ поменуто, два основна типа мануелних управљачких преносника се користе код теретних возила, пужни и комбиновани преносник (са кугличним преносом).

4.1 Пужни управљачки преносник

Стандардни пужни преносник се састоји од пужа, или погонског зупчаника, и гоњеног зупчаника који се још назива и ролер или сегмент (сектор) пужног точка. Обично се пуж ротира заједно са вратилом управљача, а сектор належе на њега под углом од 90 степени и мења правац излазног обртног момента. Распоред зубаца на пужу се назива навој, а број зубаца одређује да ли је он са једноструким или двоструким навојем. Пужни зупчаник који се користи у управљачким системима има благи облик пешчаног сата и повезан је са улазним вратилом које се наставља на стуб управљача. Навој погонског пужа је уклопљен са навојем сектора и преноси ротационо кретање улазног вратила на излазно вратило. Излазно вратило се наставља на Питманову руку, која преводи ротационо кретање вратила у линеарно кретање. То кретање се даље преноси преко потезне споне, главне споне и зглоба на точкове [6].



Слика 4.1: Пужни управљачки преносник [5]

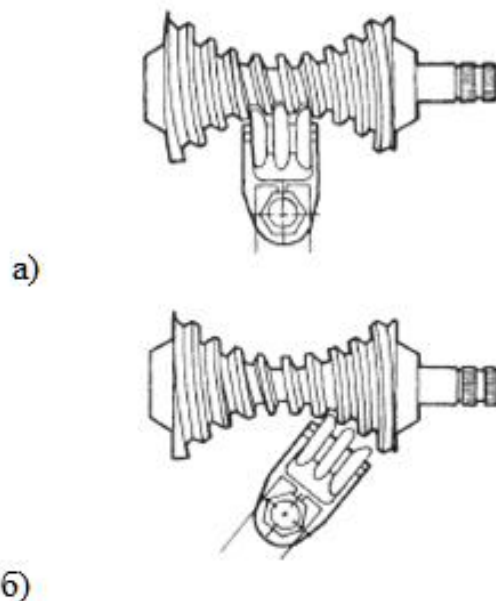


Слика 4.2: Пужни управљачки преносник у облику пешчаног сата [6]

Разлог за облик пешчаног сата пужног зупчаника је променљив преносни однос управљачког система у зависности од заокренутости точка управљача. На средини је зона најмањег преносног односа која је у употреби у току нормалне вожње у релативно правој линији. На тај начин се олакшава држање возила у праволинијском кретању јер не долази до нагле промене правца при малом закретању точка управљача. Са друге стране, како се точак управљача приближава пуном заокрету, тако се захваљујући облику зупчаника повећава преносни однос управљачког преносника. Тиме се олакшавају маневри на уском простору, паркирање и улазак у нагле завоје.

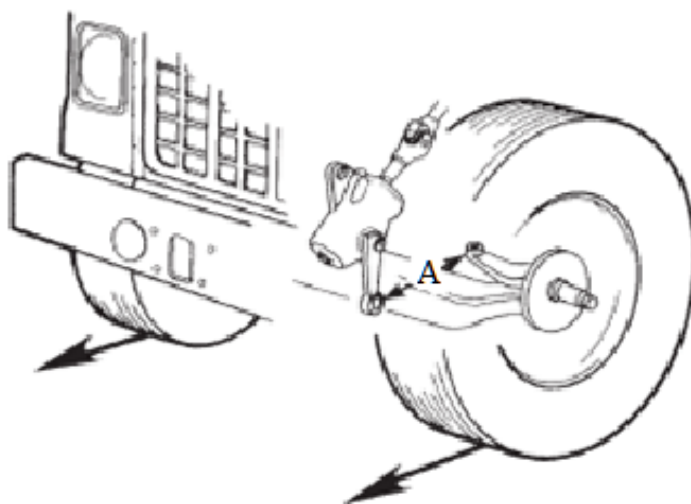
Мануелни управљачки преносници су углавном поуздани и захтевају само редовно одржавање, а најбитније ставке одржавања су наведене у даљем тексту [6]:

- провера мазива у кућишту механизма
- провера центрираности пужна и сегмента пужног точка (ролера). Када се возило креће потпуно право, налагање ова два зупчаника би требало да буде на средини пужа, на месту где они имају најбоље налагање (слика 4.3, а). Минимални зазори у овом положају гарантују прецизан одзив и добар осећај у вожњи. Када се точак управљача закрене, пужни зупчаник ротира и тиме помера ролер од центра, на одређену страну. Такође, тиме се смањује површина међусобног налагања зуба ових зупчаника и повећава зазор између њих (слика 4.3, б). Ова зона хода код мануелних управљачких система почиње да се осећа отприлике на половини пуног заокрета у оба смера, у односу на централни положај. Такође се може осетити и дрмањем Питманове руке.



Слика 4.3: Налегање пужа и сегмента пужног точка [6]

Када су пужни и гоњени зупчаник међусобно центрирани, а управљачки точкови усмерени унапред, потезна спона би морала да има одређену дужину A , као што је приказано на слици 4.5. Ако то није случај, може се десити да управљачки преносник није правилно центриран.



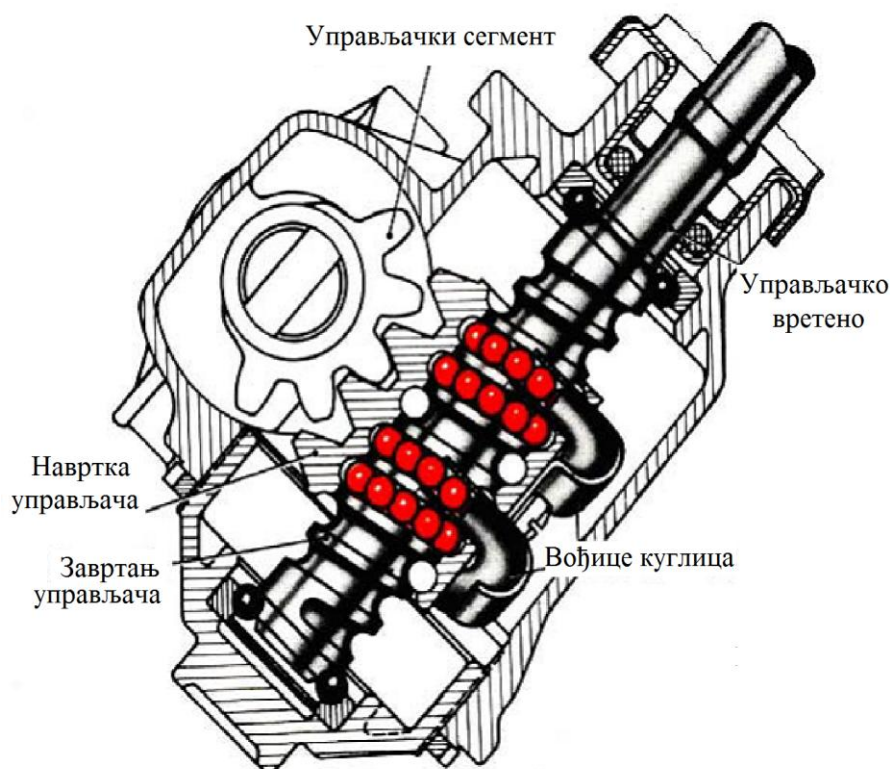
Слика 4.4: Центрирање управљачког преносника [6]

- Преднапрезање пужног преносника. Пужни управљачки преносници се склапају тако да пружају одређену вредност отпора улазној сили ротације. То се постиже преднапрезањем лежајева који воде вратило, а има за циљ елиминацију

непотребних кретњи унутар система. Постоје два типа овог поступка, преднапрезањем пужног зупчаника и преднапрезањем налегања пужа и ролера. Овај отпор се подешава по фабричкој спецификацији, а може се подесити и у складу са потребама корисника. Када је овај отпор лоше подешен, то се може лоше одразити на квалитет управљања. Из перспективе возача то значи готово сталне корекције да би се возило одржало у праволинијском кретању. Недовољан отпор доводи до појаве губитка кретања унутар преносника, тако да возач мора да закрене управљач више да би добио одговарајући одзив на точковима. Са друге стране, превелики отпор доводи до отежаног управљања и преуправљања.

4.2 Комбиновани управљачки преносник (завртањ-навртка-бочни сектор са куглицама)

Преносник управљача са куглицама (слика 4.5) је преносник са завојним вretenом посебне изведбе. Осовина управљача је са кугластом спољном завојницом, док је у навртки управљача смештена унутрашња кугласта завојница. Обе завојнице уствари чинележиште куглица, које се смештају по завојници.



Слика 4.5: Комбиновани (куглични) управљачки преносник [5]

Окретњем осовине управљача иста покреће куглице да се померају по завојници, које своје померање преносе на навртку у аксијалном правцу осовине управљача. Навртака управљача закреће управљачки сегмент, који је спојен са рукуницом управљача. Дакле, цевасте вођице на завојном вретену и навртки обезбеђују кружно вођење куглица. Оваквом конструкцијом вретено управљача не покреће навртку клизним трењем већ котрљајућим, чиме се смањује потребна сила за закретање управљачких точкова.

5.0 СИСТЕМИ ЗА УПРАВЉАЊЕ СА СЕРВО ПОЈАЧАЊЕМ

У случају када су отпори заокретања точкова толико велики да се на управљачком точку возила морају остваривати сувише велике силе, понекад и ван могућности возача, у систему за управљање се уграђују посебни појачивачи или серво уређаји. Са серво уређајима се стварају могућности за врло лако управљање због чега се у последње време исти користе не само на тежим, теретним и радним возилима, већ и на путничким возилима свих категорија. Важно је да се нагласи да се са серво уређајем возило може доста лако задржати на путу и у случају када при већим брзинама изненада дође до испуштања ваздуха из једног од пнеуматика, што је у другим случајевима врло тешко.

Основни захтеви који се постављају пред серво уређаје су [2, 5]:

- Минимално потребно време за активирање и велика осетљивост на команду возача,
- нереаговање на импулсе и ударе који се са пута преносе на точак и преносни механизам,
- обезбеђење могућности за лако и сигурно враћање точкова у нормалан положај под дејством стабилизационог момента и
- неукључивање услед случајних удара точкова при праволинијском кретању.

Сви претходно наведени захтеви, као и остали који се пред једну конструкцију овакве врсте постављају могу се решавати са хидрауличним, пнеуматским и електричним серво уређајем.

Без обзира на начин извођења серво уређај који се користи у системима за управљање има следеће основне елементе: напојни агрегат (хидраулична пумпа, компресор са резервоаром или акумулатор), серво уређај и разводник са инсталацијом. Разводник, односно командни орган може бити решаван на различите начине и због значаја који има, чест је случај да он даје обележје серво механизму у целини. Осим тога, и остали елементи се могу конструкционо решавати на разне начине што као резултат даје читав низ разних система, који се користе за ову сврху.

5.1 Системи за управљање са пнеуматским серво-појачањем

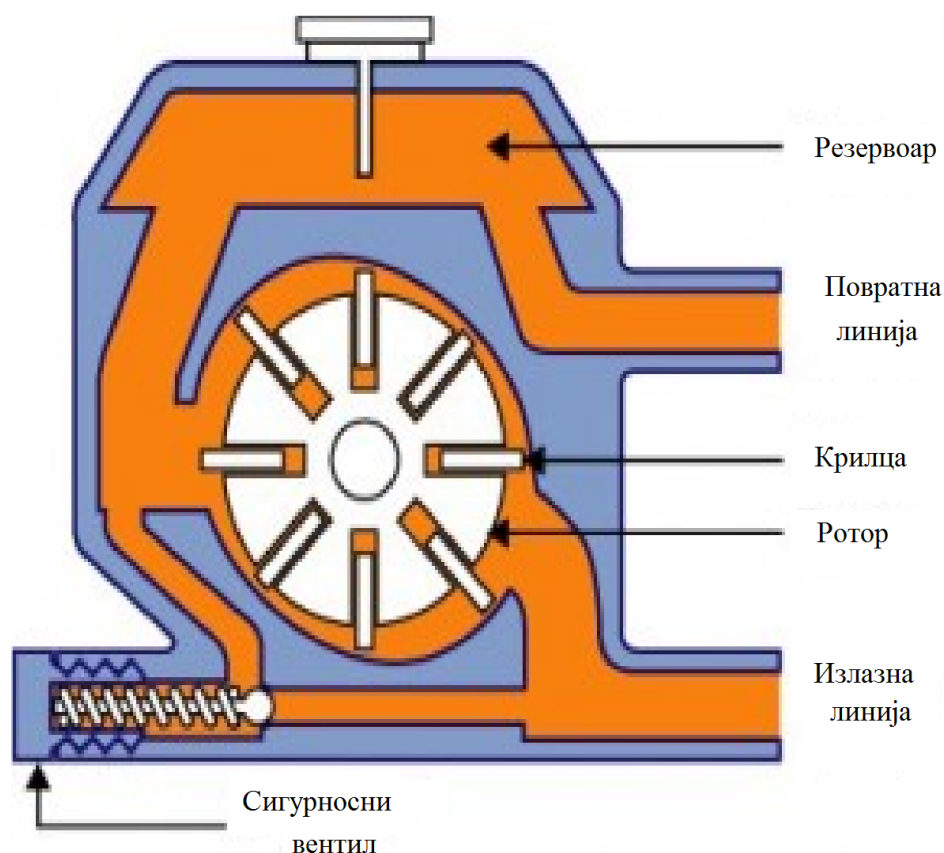
Пнеуматски серво механизам је прилично застарели механизам управљања који је био заступљен 50-их година 20. века код теретних возила. Обично се користио код возила која су већ користила пнеуматске инсталације и у друге сврхе (нпр кочнице). Ови системи су се састојали од пнеуматског компресора, радног цилиндра (разводника) и повезујуће инсталације. Заокретањем точка управљача се делује на полугу која делује на разводник. Тако се ваздух потискује на одговарајућу страну цилиндра и ствара разлику притисака која покреће клип цилиндра у једну или другу страну. Кретање клипа се преко клипаче и полуге преноси на подужну спону и тиме делује на закретање управљачких точкова [5].

Ови појачавачи имају читав низ недостатака у поређењу са хидрауличним:

- Бука и димензије. Пнеуматски компресори су прилично бучни и гломазни у односу на хидрауличне пумпе.
- Спорије реаговање на улазне команде, и до 50 пута.
- Лошија амортизација удара са пута и теже одржавање правца возила при дејству бочних сила.
- Мањи притисци у систему, што значи и мање могуће појачање и немогућност коришћења на возилима са великим оптерећењем на управљачкој осовини. Притисци у пнеуматским инсталацијама обично износе од 6-9, а код хидрауличних 60-100 bar-a.

5.2 Системи за управљање са хидрауличним серво-појачањем

Тренутно су серво-уређаји са хидрауличним серво-појачањем у најширој употреби. Ови системи се састоје од пумпе коју погони мотор преко каишника, излазних и улазних водова за уље и сигурносног вентила који ограничава притисак према захтевима система. Због безбедности и законских норми на пољу теретних возила, сви хидраулични системи су конструисани тако да се возилом може управљати и механички, када мотор не ради или ако се појави отказ у систему серво-појачања [6].



Слика 5.1: Пумпа хидрауличног серво уређаја [10]

Код хидрауличног серво уређаја пумпа преко повратног вентила шаље уље под притиском према разводнику при чему се сталан притисак обезбеђује посредством резервоара (акумулатора). При заокретању точка управљача, тело разводника се помера у једном или другом смеру и на тај начин пропушта уље у један део цилиндра, што даље делује на закретање управљачких точкова возила.

Серво-уређај углавном зависи од рада специфичног ротирајућег вентила, односно сложеног склопа који се налази на летви која је везана за точак управљача. Он контролише рад клипа и комора у зависности од смера окретања точка управљача. Ради се о једном сложеном систему, који отвара одређене уљне водове ка клипу када се точак управљача окрене нпр. удесно, а супротно (отвара супротне уљне водове) у случају када се точак управљача окрене улево. Из тог разлога се овај вентил налази на делу летве који је везан са точком управљача, дакле, још увек има ротациону кретњу и вентил тако може да препозна смер ротације.

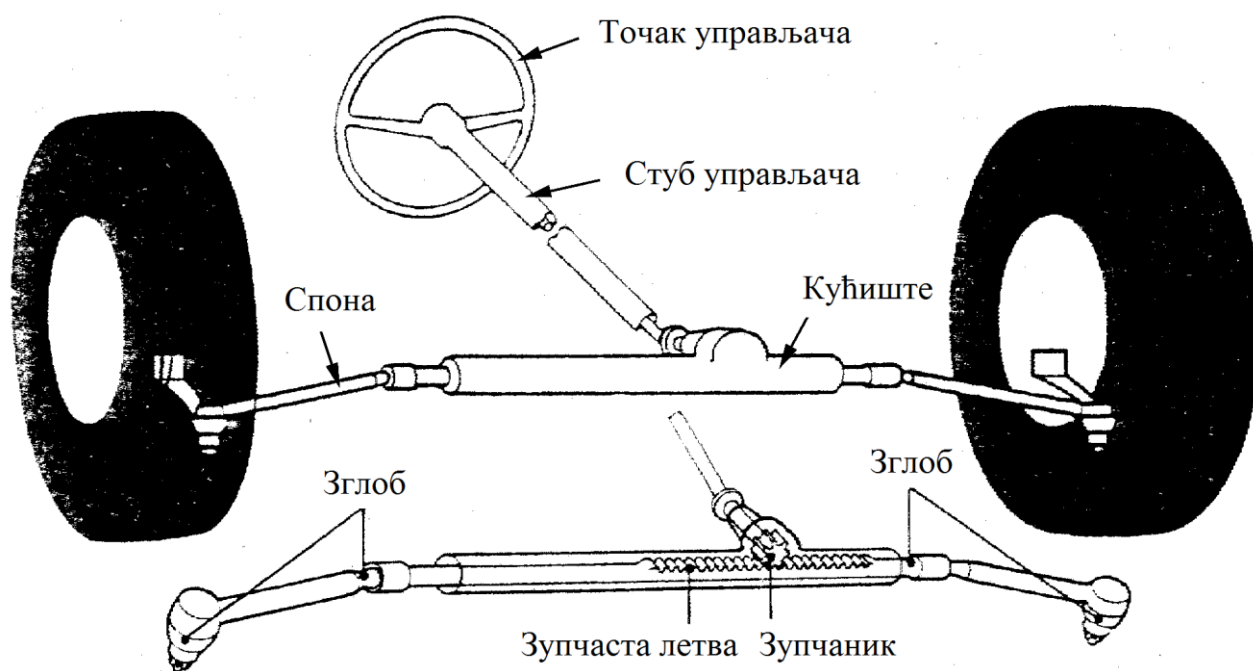
Поред овог ротационог вентила, раније смо поменули и сигурносни вентил који се налази у самој пумпи серво система (слика 5.1). Сигурносни вентил има задатак да смањи притисак који се јавља при високим обртајима мотора. Како је пумпа каишем повезана са мотором аутомобила, јасно је да јој не могу одговарати баш сви режими обртаја. Пумпа се конструише тако да на обртајима при празном ходу мотора обезбеђује довољно појачање, тако да би на високом броју обртајаона без сигурносног вентила створила превелики притисак у серво-систему, што би довело до уништења неког од унутрашњих склопова.



Слика 5.2: Ротациони вентили серво уређаја [10]

5.2.1 Систем за управљање типа зупчаник-зупчаста летва са серво-појачањем

Типичан систем за управљање са управљачким механизмом типа зупчаник-зупчаста летва, слика 5.3, састоји се од: точка управљача, стуба управљача, склопа вратила и лежаја зупчаника, самог зупчаника, зупчасте летве, кућишта управљачког механизма, склопа за подешавање, два склопа споне и зглобних веза [5]. Када се заокрене точак управљача, заокретање се преноси на вратило управљача и зглоб вратила управљача, а затим на вратило зупчаника. Пошто су зупци зупчаника спрегнути са зупцима зупчасте летве, обртно кретање зупчаника се претвара у транслаторно померање зупчасте летве. Споне (њихови крајеви) преносе кретање на главчине точкова и управљачке точкове.

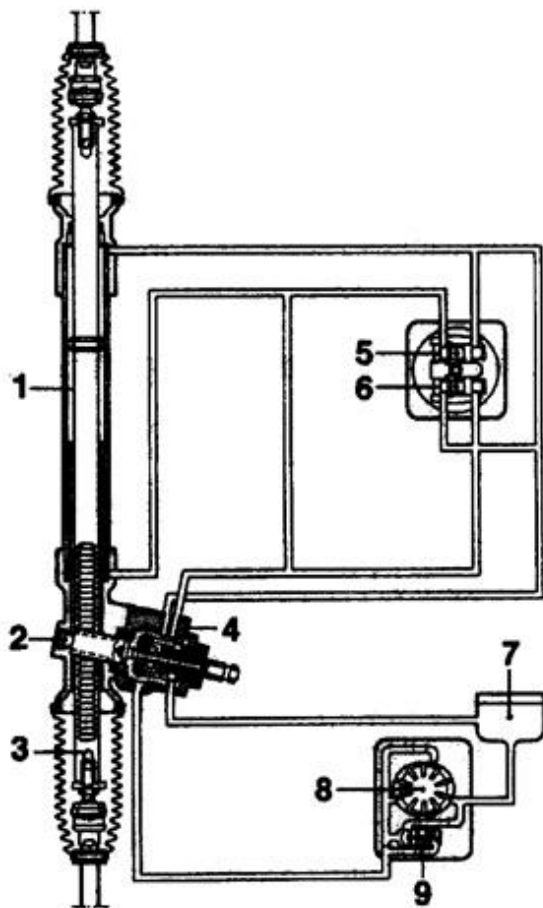


Слика 5.3: Механички систем за управљање са управљачким механизмом типа зупчаник - зупчаста летва без серво-појачања [5]

Систем зупчаник - зупчаста летва првобитно је конструисан за спортска возила и захтева ангажовање превелике енергије возача при малим брзинама, да би могао да се користи на већим и тежим возилима. Међутим, уградња серво-уређаја у систем за управљање типа зупчаник - зупчаста летва обезбедила је лако управљање и возилима већих тежина, било при великим брзинама или при паркирању на уском паркингу. Ови системи за управљање су код теретних возила уведени у употребу релативно скоро, али

већ освајају велики део тржишта лаких теретних возила због многих предности о којима ће бити речи у даљем делу рада.

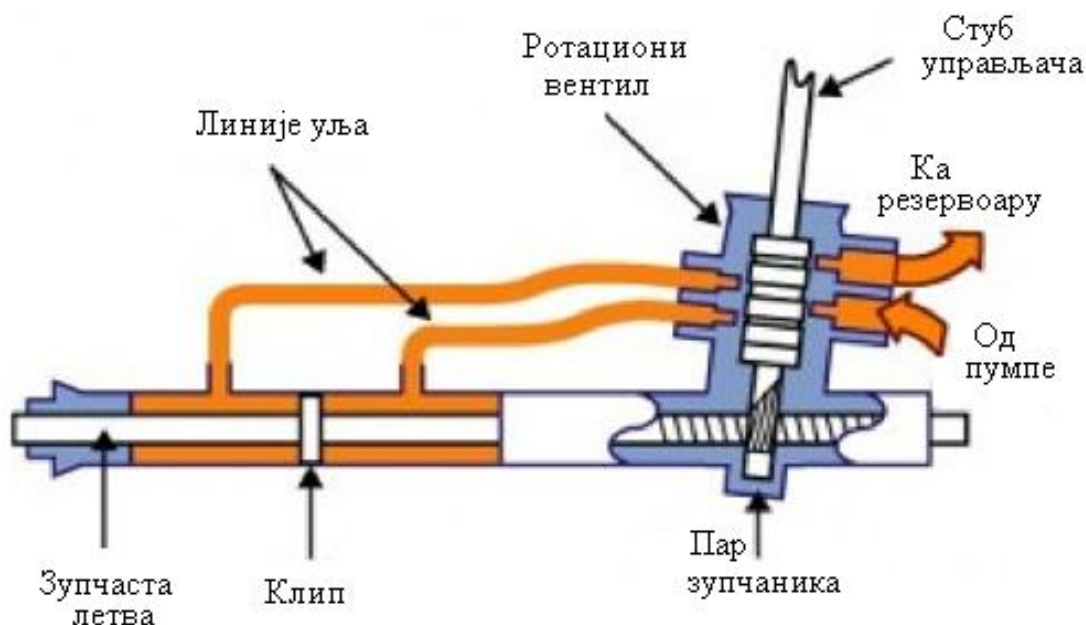
Серво-управљач типа зупчаник - зупчаста летва (слика 5.4) функционише врло слично чисто механичком систему. Серво-уређај садржи клип двоструког дејства везан директно за зупчасту летву (3), тако да чине интегрални склоп у цилиндру серво-уређаја (1). Проток флуида контролише управљачки вентил (4) помоћу управљачких клипова (5, 6), а смештен је на осовини зупчаника (2). Овај систем омогућава управљање и у случају отказа на серво-уређају или када мотор, који погони пумпу за уље (8) не ради. Када се заокрене точак управљача, управљачки (ротациони) вентил усмерава флуид под притиском контролисаним уз помоћ вентила за ограничење притиска (9) на одговарајући крај цилиндра. Разлика у притисцима са обе стране клипа помаже померање зупчасте летве и смањује напор возача. Флуид са друге стране серво-цилиндра се усмерава ка управљачком вентилу и назад у резервоар (7). Када престане заокретање, управљачки вентил се враћа у почетни положај, притисак са обе стране клипа се изједначава, а предњи точкови се враћају у праволинијски положај.



1. Цилиндар серво уређаја
2. Осовина зупчаника
3. Зупчаста летва
4. Управљачки (ротациони) вентил
5. Управљачки клип
6. Управљачки клип
7. Резервоар за уље
8. Пумпа за уље
9. Сигурносни вентил

Слика 5.4: Хидраулични серво-управљач типа зупчаник-зупчаста летва [5]

На слици 5.5 приказан је пресек серво система типа зупчаник-зупчаста летва. Лако се уочава да постоје две одвојене коморе са леве и десне стране клипа у које се доводи уље под притиском. У зависности од тога у коју комору управљачки вентил прослеђује уље, притисак расте и потискује клип, а самим тим и зупчасту летву у супротну страну.



Слика 5.5: Пресек хидрауличног серво система типа зупчаник-зупчаста летва [10]

Управљачки механизми са зупчастом летвом врло добро се уклапају попречном споном. Његова примена код возила са независним ослањањем омогућава постајање свега четири зглоба у управљачком трапезу. Основне предности система зупчаник-зупчаста летва су [5, 7, 8]:

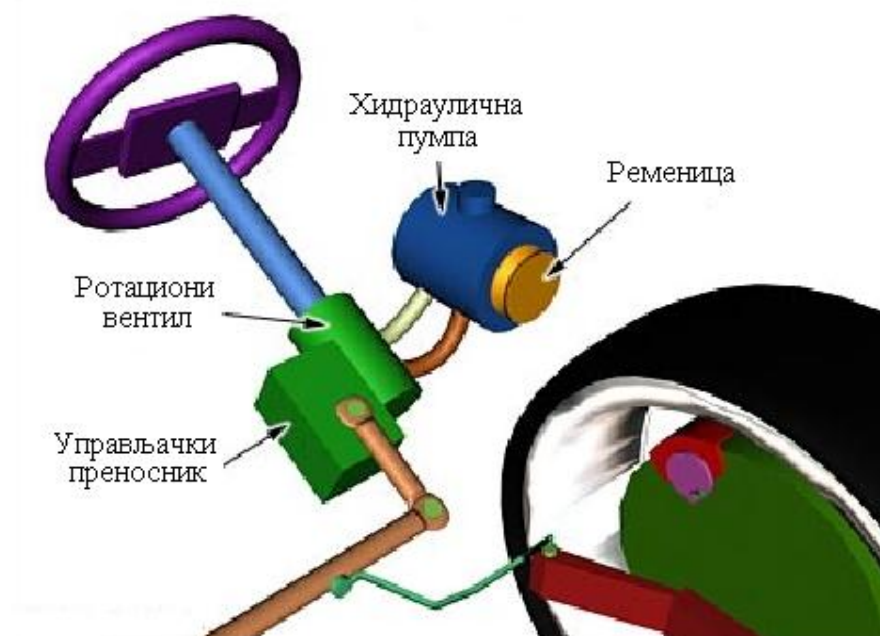
- једноставна конструкција,
- погодност и једноставност производње,
- повољан и висок степен корисности,
- аутоматско поништавање зазора између зупчасте летве и зубаца зупчаника,
- непосредан спој зупчасте летве и спона,
- мање габаритне димензије и
- искључење повезујућих спона и међуполуга из конструкције.

Основни недостаци овог начина извођења управљачког механизма су:

- осетљивост на ударе,
- ограничена дужина спона и
- мали век трајања.

5.2.2 Комбиновани (интегрални) управљачки преносник са серво-појачањем

Типични интегрални серво-управљачи већину компонената деле са механичком варијантом овог система за управљање. То су улазно и излазно вратило и систем са покретним куглицама. На то су додате и компоненте серво-система: хидраулички радни клип и управљачки клипни вентил (ротациони вентил). Сви елементи су укомпоновани у једну целину, одакле и потиче назив интегрални систем за управљање. Радни клип користи динамички притисак уља за обезбеђење највећег дела потребне силе за заокретање точкова. У случају отказа у хидрауличком систему серво-управљача или када мотор не ради, возач може да управља возилом, мада то изискује додатан напор.

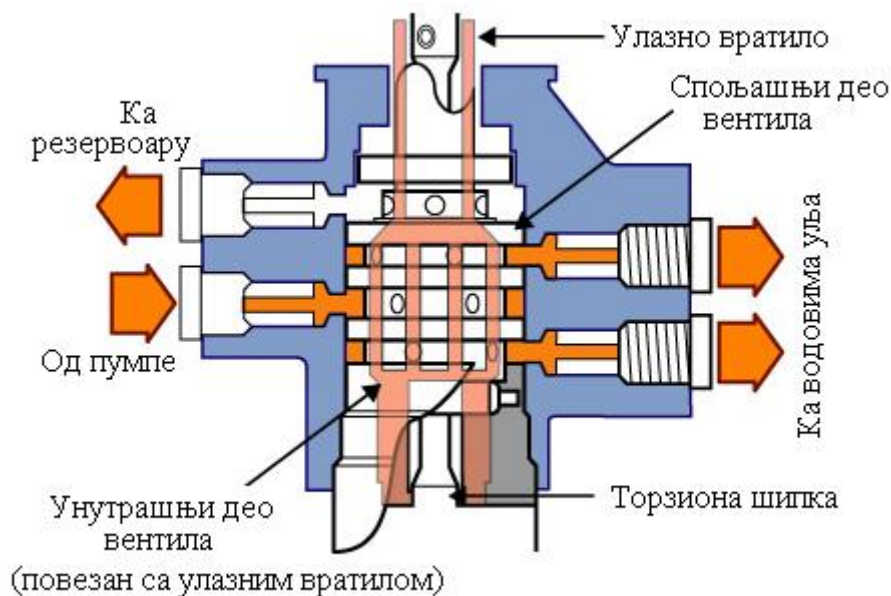


Слика 5.6: Приказ интегралног управљачког преносника са серво-појачањем [10]

Сам принцип серво-појачања је сличан као и код система са зупчастом летвом. Асистенција се пружа снабдевањем једне стране управљачког преносника уљем под високим притиском, чиме се олакшава закретање точка управљача. Ако погледамо компоненте овог система (слика 5.6), ту се налазе [6, 10]:

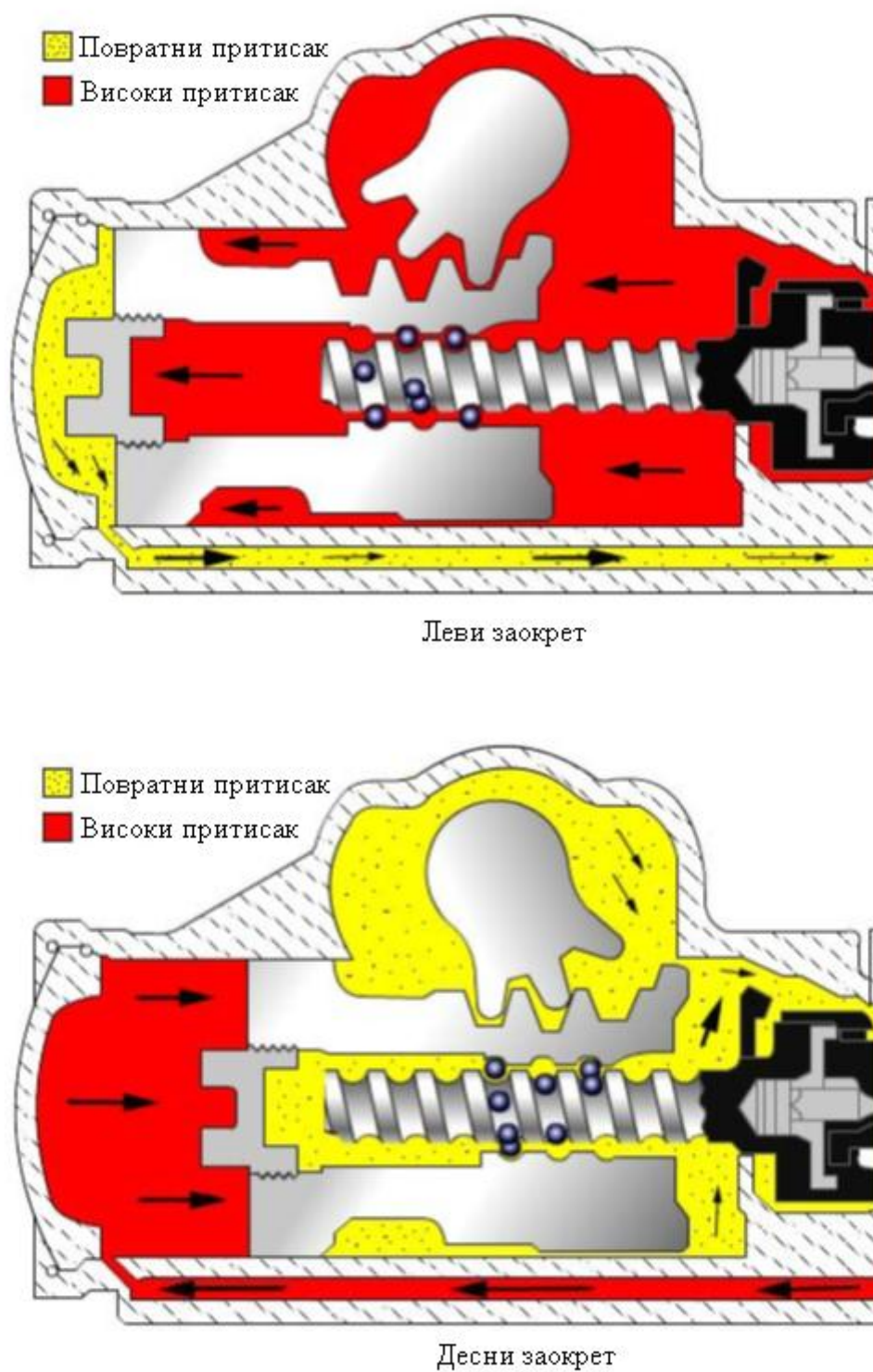
- Пумпа, која снабдева систем уљем високог притиска. Пумпу преко ременице погони мотор возила, а она ротацијом својих крилаца сабија уље из повратних водова у излазни вод, одакле водови иду ка самом управљачком преноснику. Такође, пумпа у себи садржи и већ поменути сигурности вентил, као заштиту од превеликог притиска.

- Ротациони вентил (слика 5.7) и овде има улогу прослеђивања уља под притиском у одређени део склопа управљачког преносника, у зависности од заокретања точка управљача. Главна компонента ротационог вентила је торзиона шипка, направљена од танког метала. Њен горњи крај је повезан са точком управљача, а доњи са пужним зупчаником унутар управљачког преносника и она се пропорционално увија када се на њу делује моментом преко точка управљача. Како се шипка увија, ротира се унутрашњи део вентила у односу на спољашњи. У зависности од смера ротације точка управљача, вентил отвара водове за уље под високим притиском на једну или на другу страну, чиме олакшава кретање унутар управљачког преносника (слика 5.8). Када точак управљача није заокренут, оба хидраулична вода се снабдевају уљем истог притиска, па управљачки преносник мирује услед изједначења сила у обе коморе.



Слика 5.7: Пресек ротационог вентила интегралног система за управљање [10]

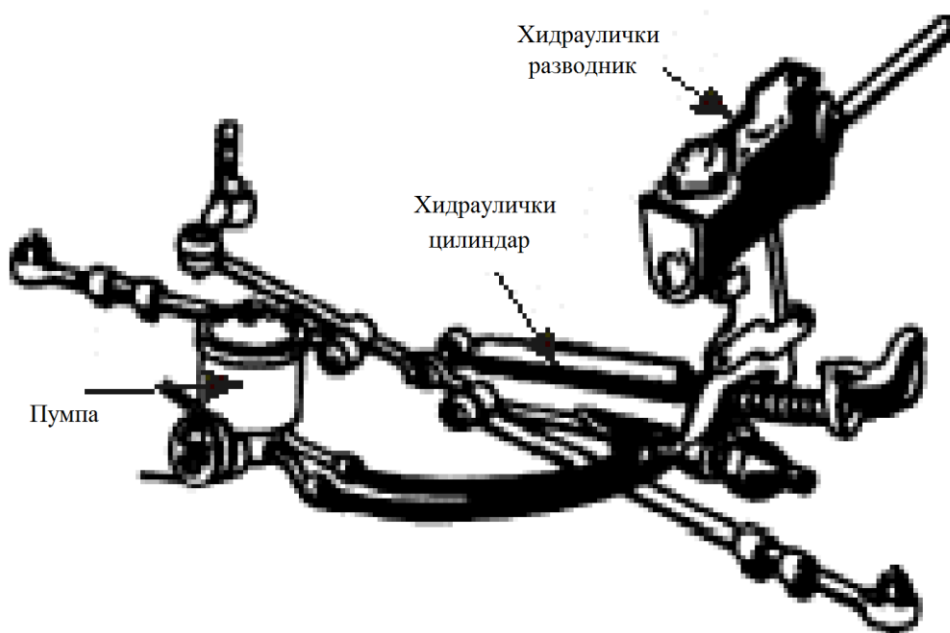
- Управљачки преносник врши пренос ротационог кретања са управљачког вретена на управљачки сектор (излазно вратило), одакле се преко преносног система врши закретање точкова. На слици 5.8 се види принцип асистенције servo-појачања заокрета унутар управљачког преносника, у зависности од стране на коју је заокренут точак управљача.



Слика 5.8: Приказ тока флуида у пресеку интегралног система за управљање са сервопојачањем [10]

5.2.3 Серво управљач са системом полуга

Серво-уређај оваквих система за управљање везан је за систем преносних полуга и користи спољни хидраулички цилиндар двоструког дејства и управљачки вентил. Један крај цилиндра везан је за преносни систем полуга система за управљање, док је други крај везан за каросерију, слика 5.9. Када се заокрене точак управљача, јавља се притисак у хидрауличном цилиндру који обезбеђује део силе потребне ради заокретања управљачког точка. Овакав систем серво-појачања користи механички управљачки механизам, док се серво-појачање јавља у преносном систему полуга. Ово је застарели систем управљања, а предност му је у томе што је била могућа његова накнадна уградња на возила [5, 6].

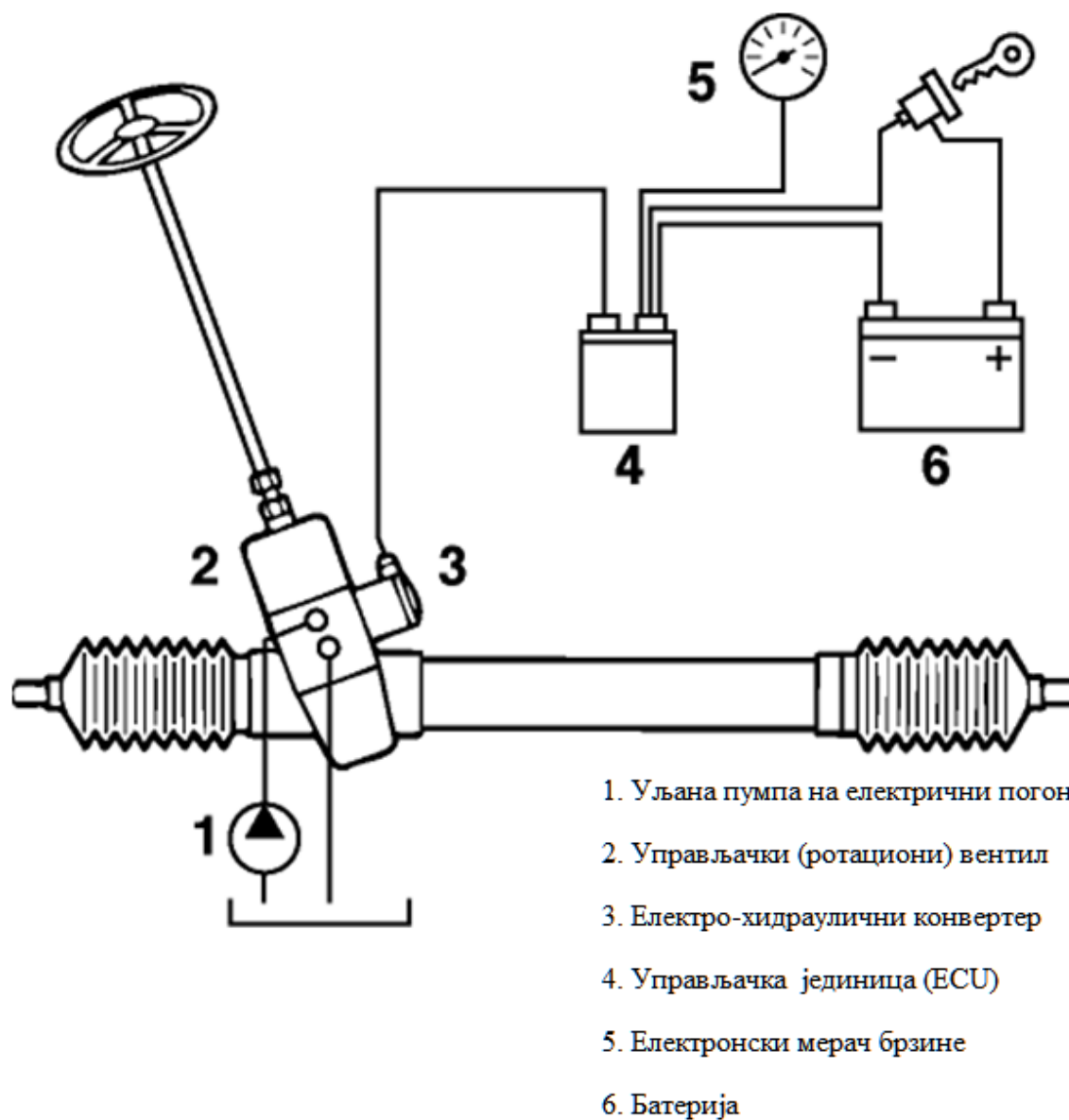


Слика 5.9: Серво управљач са системом полуга [5]

6.0 ТЕНДЕНЦИЈЕ РАЗВОЈА

6.1 Електро-хидраулични управљачки систем

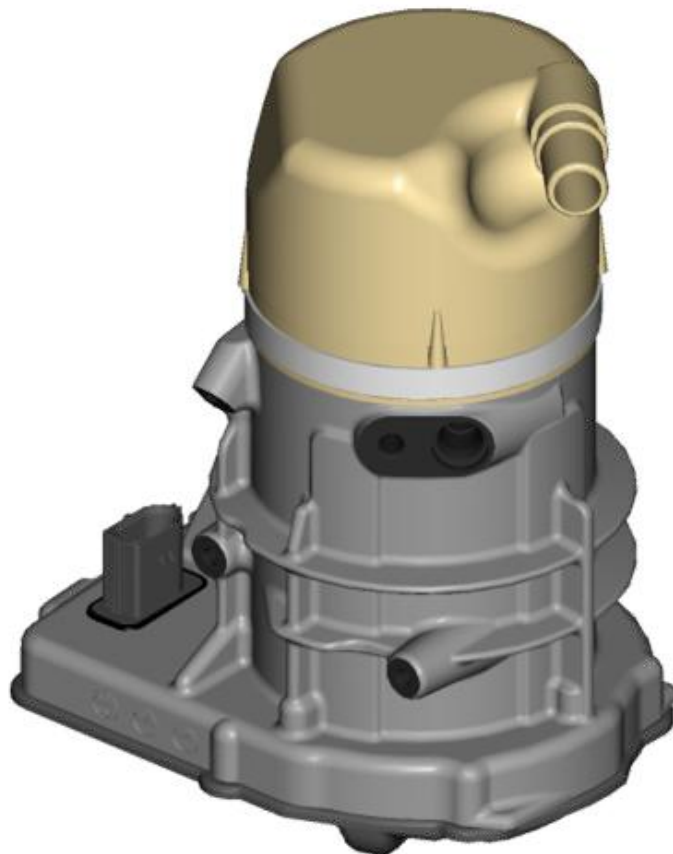
Данас се на савременим возилима користи електрични серво систем код којег електромотор погони хидрауличну пумпу (electrically powered hydraulic steering - EPHS). Овај систем је мањих димензија и мање масе и не захтева коришћење мотора возила за погон пумпе тако да мање утиче на потрошњу горива. Главна карактеристика овог система је могућност прилагођавања понашања серво уређаја у складу са брзином кретања возила или жељама возача.



Слика 6.1: Електро-хидраулични серво-управљачки уређај [5]

Основа овог система је електронска јединица која регулише рад електромотора задуженог за рад серво уређаја. Електронска јединица смањује или повећава снагу електромотора а самим тим точак управљача се заокреће лакше, односно теже. На дужим релацијама компјутер потпуно гаси електромотор и тако продужава његов радни век. Даља упутства о динамици вожње рачунар добија од сензора који мери обртни моменат мотора серво уређаја. Електронска јединица добија и информацију о тренутној брзини кретања возила па усклађује асистенцију серво уређаја у складу с тим. Приближно се око 85% процената енергије штеди у поређењу са хидрауличним управљачким системом [5, 8].

Компанија TRW је интегрисала готово све компоненте овог система у једну, олакшавајући тиме уградњу и штедећи простор и масу. Овај склоп је назван MPU (electric motor pump unit) и енергију добија из акумулатора возила. Састоји се од комутативног мотора без четкица, зупчасте пумпе, резервоара за уље и електронске контролне јединице (ECU), који се сви налазе унутар истог кућишта (слика 6.2). Овај систем омогућава снагу само онда када је потребна, и могућност подешавања брзине рада у складу са захтевима. Овиме се смањују губици повезани са високим притиском, а повећава се економичност возила и смањује емисија CO₂.



Слика 6.2: Склоп електро-хидрауличног модула (MPU) управљачког система компаније TRW [8]

6.2 Системи динамичког управљања

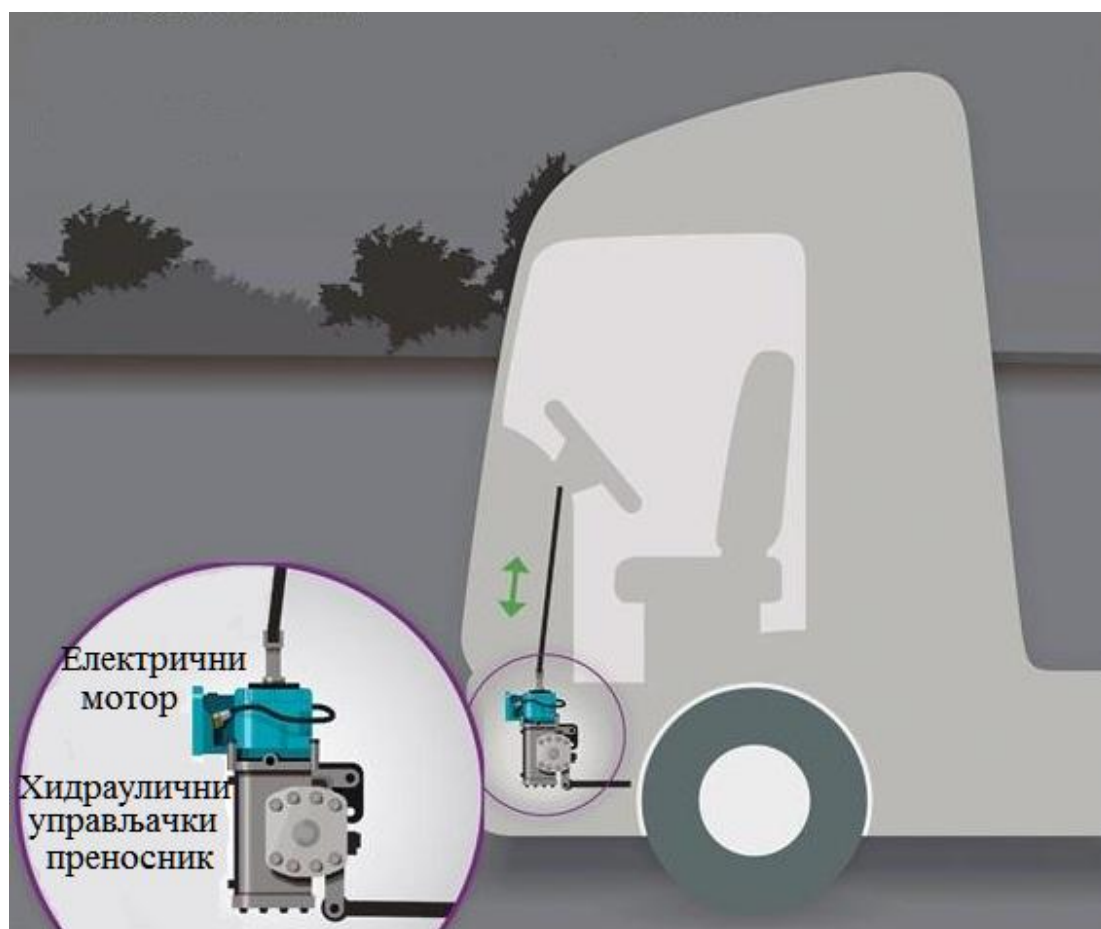
Динамички системи управљања прилагођавају свој рад, одзив и тежину на точку управљача у складу са условима вожње. Они омогућавају готово неограничена подешавања система управљања помоћу софтвера који командује системом, и сигурно ће у наредним годинама постати веома заступљени у свим врстама возила.

У овом раду ће конкретно бити речи о систему динамичког управљања компаније Волво – Volvo Dynamic Steering, који осликава у ком правцу ће се кретати управљачки системи у блиској будућности [9].

Овај систем управљања је базиран на уобичајеним серво-механичким системима код којих је управљачко вратило повезано са управљачким преносником, а хидраулична серво-јединица ствара силу којом помаже возачу у закретању точкава. На то се још додаје и електрични мотор који се налази на самом управљачком вратилу, испред серво-хидрауличног уређаја (слика 6.3). Он ради заједно са класичним серво уређајем, а његов рад контролише и подешава електронска контролна јединица 2000 пута у секунди. Електронска контролна јединица је „мозак“ система и прикупља податке из многобројних сензора широм камиона, који заједно дају слику о томе какви су спољни услови и какво је укупно понашање возила. Резултат тога је да електрични мотор додаје силу при ниским брзинама кретања и тиме олакшава заокретање точка управљача, а смањује осетљивост управљања при кретању већим брзинама у правој линији. Такође, веома успешно се филтрирају и неправилности возне површине и смањује осетљивост на ударе бочног ветра, на који су теретна возила изузетно осетљива.

Дакле, предности динамичког система управљања у односу на класични су [9]:

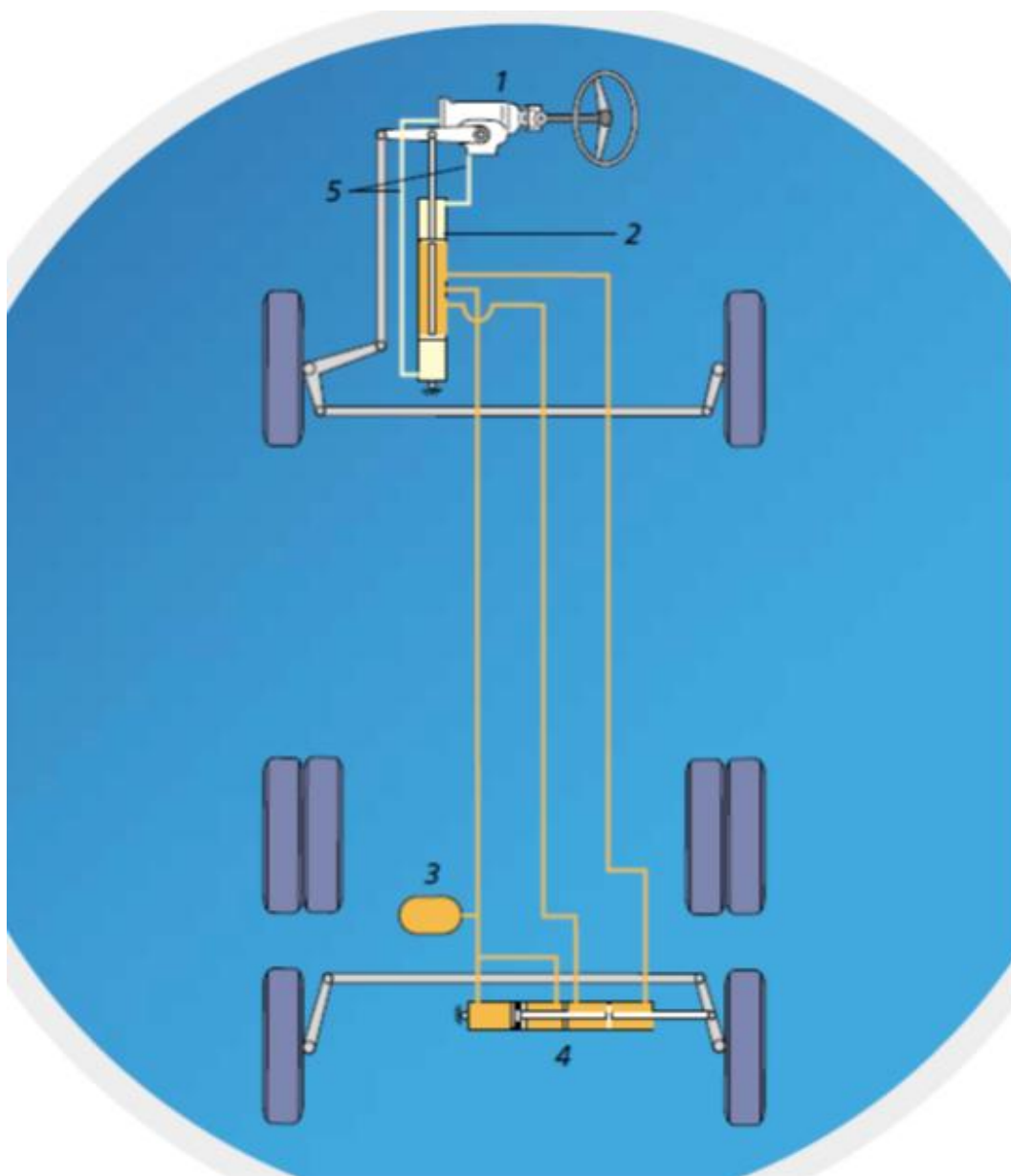
- На нижим брзинама електрични мотор преузима на себе додатни напор заокретања точка управљача, који је иначе возач морао да уложи. Возач је сада слободан да се потпуно посвети вожњи и постаје одморнији и безбеднији учесник у саобраћају.
- Неправилности пута (рупе, пукотине, таласи) су боље пригушене и управљање постаје течније и стабилније јер возач не мора да врши сталне корекције путање.
- На ауто-путу се добија повећана стабилност праволинијског кретања, а возач има бољу контролу и при већим брзинама. Систем динамичког управљања елиминише готово све мале корекције које су иначе неопходне за одржавање возила у праволинијском кретању при већим брзинама.
- Систем успешно компензује и евентуални бочни нагиб пута и вожњу под утицајем бочног ветра. Тиме је смањена потреба за „контрирањем“ путем точка управљача, и знатно повећана безбедност и одморност возача.



Слика 6.3: Систем динамичког управљања компаније Волво (*Volvo dynamic steering*) [9]

6.3 Системи за управљање на више осовина

Системи за управљање точкова задње осовине се код теретних возила користе да би се смањио радијус заокрета возила и побољшала возна динамика. У последње време, примењују га и неки произвођачи путничких возила на својим премијум моделима.



- | | |
|---|---------------------------|
| 1. Серво-хидраулични управљачки преносник | 4. Цилиндар за центрирање |
| 2. Главни цилиндар | 5. Додатни водови |
| 3. Хидраулични акумулатор | |

Слика 6.3: Систем за управљање задње осовине теретних возила ZF Servocom RAS (Rear Axle Steering) [7]

Систем управљања точкова задње осовине теретних возила ZF Servocom RAS (Rear Axle Steering) је оптимизован у погледу цене и тежине, и посебно је погодан за управљање непогонских осовина (слика 6.3). Посао заокретања обављају заједно систем управљања предње осовине и главни цилиндар [7]. До сада, слични системи управљања точкова задње осовине су најчешће били извођени механичким путем, системом разних спона и полуга. Такви механички системи су захтавали доста простора за постављање, због самих димензија компоненти. Самим тим, знатно се повећавала и маса таквих возила. Још једна мана оваквих система је и смањена крутост компоненти, која се јавља услед велике дужине. То доводи до појаве осцилација у систему преноса којима задња осовина постаје подложна у вожњи у правој линији. У поређењу са механичким системима, модерни хидраулични системи показују боље радне особине на многим пољима.

Оно у чему се овај систем разликује од оних за управљање само предње осовине, су два наменска цилиндра (главни и центрирајући) и хидраулички акумулатор. У складу са закретањем предњих точкова, главни цилиндар, који је монтиран на предњој осовини, пумпа уље под притиском у одговарајућу комору цилиндра за центрирање, који је постављен на задњој осовини. На овај начин се кретање предње осовине хидростатичким путем преноси на задњу осовину. Однос угла закретања предње и задње осовине дефинише произвођач возила избором спона одговарајућих међусобних дужина.

Главни цилиндар је опремљен системом аутоматске синхронизације и сигурносним вентилом. За задати мали угао заокрета точкова предње осовине, нпр $\pm 5^\circ$, обе коморе главног цилиндра су преспојене, тј имају исти притисак уља. Унутар овог малог опсега угла закретања предњих точкова, задњи точкови остају у праволинијском положају уз помоћ цилиндра за центрирање. Овиме се точкови задње осовине изолују од утицаја малих промена и дозвољених разлика притисака у водовима хидрауличне инсталације. Када се угао заокрета точкова предње осовине повећа изнад задате границе (нпр $\pm 5^\circ$), коморе главног цилиндра се раздвајају и постају херметички одвојене. Тада у примену улази хидростатички систем управљања точкова задње осовине. Акумулатор система има задатак да одржава одређени притисак неопходан за нормалан рад. Поред тога, притисак из акумулатора увек делује на коморе центрирајућег клипа у цилиндру за центрирање. Овај притисак износи око 15 bar-а и у складу је са законским нормама које се тичу управљања возилом у случају отказа хидрауличне асистенције. Ако у неком тренутку заокретања точкова задње осовине, дође до пада притиска у акумулатору, главни цилиндар се може снабдевати и путем додатних водова (слика 6.3). До таквих ситуација најчешће долази приликом дужег маневрисања у спороходном или статичком стању возила, када су потребне велике силе за закретање точкова.

Овај концепт система за управљање не захтева додатне електричне и електронске компоненте и погодан је за уградњу због релативно малог броја компоненти и њихових димензија. Оно што је кључна предност овог система је знатно унапређење у динамици возила током праволинијске вожње заслугом хидраулички центриране задње осовине. Све ово доприноси бољим маневарским способностима, мањем хабању пнеуматика и мањој потрошњи горива.

6.4 Системи за управљање без механичке везе (steer-by-wire системи управљања)

Идеја да се, уклањањем механичке везе између точка управљача и управљачких точкова, поједностави конструкција возила, побољшају перформансе и побољша укупна безбедност возила, довела је до развоја потпуно електричних система за управљање названих "Steer by wire" системи, слика 6.4.

Са технолошког аспекта, појава система за управљање са електричним серво-дејством, као и појава других "by wire" система на возилима ("throttle-by-wire", "brake-by-wire", "roll-by-wire", "damper-by-wire"), инспирисале су конструкторе да крену ка реализацији "steer-by-wire" система за управљање [5, 10].



Слика 6.4: "Steer by wire" систем за управљање [5]

Систем за управљање "Steer-by-wire" садржи следеће компоненте: давач угла на точку управљача, мотор који обезбеђује повратне информације возачу, актуаторе на предњим точковима и управљачку јединицу која координира процес управљања возилом. Постојање ове четири компоненте значило би знатно смањење броја делова система за управљање и њихове величине, као и смањење масе целог система. Процес заокретања је врло ефикасан јер се енергија троши само када се точкови заокрећу. Учинак се повећава јер је преносни однос система за управљање променљив у односу на брзину возила, контролу клизања и друге важне променљиве вожње.

Систем за управљање "Steer-by-wire" повећава безбедност возила и у случају саобраћајне незгоде. Тада је возач у највећој опасности јер стуб управљача у случају чеоног судара "гура" точак управљача ка возачевим грудима. Уклањањем стуба управљача из система за управљање могу се елиминисати опасне повреде грудног коша. Осим тога, пошто не постоји стуб управљача, конструктори могу да боље осмисле тзв. "зону гњечења" и да лакше изврше распоред осталих компоненти унутар моторног простора. Још једна предност је и смањење вибрација које се преносе у кабински простор. Битна ставка у смањењу трошкова производње је и лакше прилагођавање конструкције возила конфигурацијама са точком управљача са десне или леве стране.

Предности "Steer-by-wire" система су јасне, али проблем поузданости, као и решење неких правних аспеката успорава њихову примену на системима за управљање. Тренутно, закон не дозвољава употребу теретних возила која не садрже механичку везу управљачког система, али је њихова легализација само питање времена.

7.0 ЗАКЉУЧАК

Циљ завршног рада био је упознавање са системом управљања на теретним моторним возилима. У оквиру рада су поменуте и обрађене све значајне изведбе управљачких система, као и њихови саставни делови.

Мехнички системи за управљање теретних возила припадају историји, а чисто хидраулични серво-појачавачи полако уступају место решењима са електричним моторима која имају повољније особине у погледу економичности и интеграције напредних система безбедности и помоћи возачу. Будућност сасвим сигурно припада електричним серво-појачавачима. Они ће, комбиновани са многобројним електронским системима и одговарајућим софтверским решењима, омогућити лакше и безбедније управљање теретним возилима, уз смањење трошкова производње и експлоатације.

Велику прекретницу у аутомобилској индустрији ће начинити и системи за управљање "Steer-by-wire" који имају многе позитивне особине, као што су: смањење броја механичких компоненти (а самим тим и масе и потребног простора), повећање безбедности возача, повећање ефикасности и економичности, једноставнија конструкција и пројектовање нових возила итд.

Из свега изнетог, закључује се да будућност управљачких система лежи у широј примени набројаних савремених компонената које ће омогућити унапређења на пољима економичности и безбедности.

8.0 ЛИТЕРАТУРА

1. М. Демић и др: „Основи пројектовања теретних моторних возила“, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2004. године
2. И. Филиповић: „Мотори и моторна возила“, Машински факултет Универзитета у Тузли, Тузла, 2006. године
3. Н. Јанићијевић, Д. Јанковић, Ј. Тодоровић „ Конструкција моторних возила“, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, 1987. године
4. А. Стефановић: „Друмска возила - основи конструкције“ - Центар за моторе и моторна возила Машинског факултета у Нишу и Центар за безбедност Машинског факултета у Крагујевцу, 2010. године
5. Ј. Глишовић, Електронска предавања, предмет „Конструкција моторних возила“, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац
6. Sean Bennett: „Heavy duty truck systems“, Delmar, Cengage learning, Clifton Park, NY, USA, 2011
7. <http://www.zf-lenksysteme.com/en/products/cv-steering-systems.html>, датум приступа 25.10.2013. године.
8. http://www.trw.com/commercial_steering, датум приступа 25.10.2013. године.
9. <http://www.volvotrucks.com/>, датум приступа 25.10.2013. године.
10. <http://www.howstuffworks.com/steering.html>, датум приступа 25.10.2013. године.
11. <http://www.td-steering.com/home.html>, датум приступа 25.10.2013. године.