



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

KONSTRUKCE ŘÍZENÍ VOZIDEL

DESIGN OF VEHICLE STEERING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Zoja Barančoková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Blaťák, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Studentka: **Zoja Barančoková**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Ondřej Blaťák, Ph.D.**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukce řízení vozidel

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Systémy řízení vozidel jsou neustále vyvíjeny a inovovány. Tak jak vozidla získávají některé autonomní funkce, je třeba tomu přizpůsobit právě i systém řízení vozidla. Zároveň velký rozvoj v posledních letech zaznamenaly i systémy řízení zadní nápravy.

Cíle bakalářské práce:

Zmapovat aktuální stav v oblasti konstrukce řízení vozidel a to jak přední, tak i zadní nápravy.
Rozebrat konstrukci dílčích částí řízení (klouby, spojovací tyče apod.).
Charakterizovat vývojové trendy v oblasti konstrukce řízení vozidel.

Seznam doporučené literatury:

REIMPELL, Jornsens. The Automotive Chassis. 2nd edition. Oxford: Butterworth - Heinemann, 2001. 444 s. ISBN 0-7506-5054-0.

JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ, Bronislav a ČUPERA Jiří. Automobily (1): Podvozky. Brno: Avid, spol. s r.o., 2009. 245 s. ISBN 978-80-87143-11-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa primárne zaoberá konštrukciou riadenia vozidiel, nakoľko sa jedná o jeden z najdôležitejších prvkov celého vozidla. Riadenie musí spĺňať určité bezpečnostné požiadavky a v dnešnej dobe je už podstatnou časťou aj komfort vodiča pri riadení. V tejto práci sú obsiahnuté základné kinematické nastavenia a zhrnutie jednotlivých konštrukčných častí spolu s ich funkciami. Pre zabezpečenie správneho chovania vozidla na vozovke je potrebné aj správne nastavenie dynamickej časti riadenia. Dnes sa do popredia dostáva elektronická výbava vozidiel, z toho dôvodu sú tu vysvetlené princípy fungovania systémov, ktoré už obsahuje každé moderné vozidlo. V závere sú zhrnuté typy druhov prevodoviek a posilňovačov riadenia, ktorými sú vybavené tohtoročné osobné a úžitkové vozidlá. Na základe nadobudnutých vedomostí je vyslovená predikcia budúceho vývoja riadenia vozidiel.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Riadenie, geometria kolies, konštrukcia riadenia, prevodovka riadenia, posilňovač riadenia, asistenčné systémy, vývoj riadenia

ABSTRACT

This bachelor thesis primarily deals with the design of vehicle steering, as it forms one of the most important elements of the overall vehicle. The steering must meet certain safety requirements and nowadays, the driver's driving comfort is already seen as an essential part of it. This work contains the basic kinematic settings and a summary of the individual constructional components together with their functions. To ensure the correct control of the vehicle on the road, the correct setting of the dynamic part of the steering is also necessary. Bearing in mind the electronic equipment of the vehicle that made its way into spotlight, the thesis also explains principles of the systems operations that every modern vehicle already contains. Finally, the types of gearboxes and power steering which this year's passenger and commercial vehicles are equipped with are summarized. Based on the acquired knowledge, a prediction of the future development of the vehicle driving is presented.

KEYWORDS

Steering, steering geometry, design of steering, steering gearbox, power steering, driver assistance, development of steering

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

BARANČOKOVÁ, Z. *Konstrukce řízení vozidel* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/139908>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Ondřej Blaták.

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Vyhlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, spracovala som ju samostatne pod vedením Ing. Ondřeje Blatňáka, Ph.D. a s použitím informačných zdrojov uvedených v zozname.

V Brne dňa 19. mája 2022

.....

Zoja Barančoková

POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce pánovi Ing. Ondřeji Blaťákovi, Ph.D. za poskytnutie cenných rád, študijných materiálov a celoročné vedenie pri písaní tejto práce. Zároveň ďakujem svojej rodine za nikdy neutíchajúcu podporu pri štúdiu.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| Úvod | 10 |
| 1 Požiadavky riadenia | 11 |
| 2 Geometria kolies | 12 |
| 2.1 Uhol odklonu kolies | 12 |
| 2.2 Príklon rejdovej osi | 13 |
| 2.3 Polomer rejdu | 13 |
| 2.4 Záklon rejdovej osi | 14 |
| 2.5 Uhol zbiehavosti kolies | 15 |
| 2.6 Príznaky nesprávnej geometrie | 15 |
| 2.7 Ackermannova geometria riadenia | 16 |
| 3 Konštrukcia systému riadenia | 18 |
| 3.1 Stĺpik riadenia | 18 |
| 3.2 Prevodovka riadenia | 19 |
| 3.3 Riadiaca tyč | 23 |
| 3.4 Guľové kĺby | 24 |
| 3.5 Posilňovač riadenia | 25 |
| 4 Ovládanie vozidla | 27 |
| 4.1 Stáčanie vozidla | 27 |
| 4.2 Tuhosť riadenia | 29 |
| 4.3 Stabilita vozidla | 29 |
| 4.4 Nedotáčavosť a pretáčavosť vozidla | 30 |
| 5 Druhy riadenia | 32 |
| 5.1 Riadenie všetkými štyrmi kolesami | 32 |
| 5.2 Aktívne riadenie | 34 |
| 5.3 Elektronické riadenie | 35 |
| 6 Pokročilé systémy riadenia | 37 |
| 6.1 Jazdné režimy | 37 |
| 6.2 Systémy na udržanie vozidla v jazdnom pruhu | 38 |
| 6.3 Autonómne parkovanie | 39 |
| 7 Konštrukcie riadenia v moderných vozidlách | 42 |
| 8 Vývojové trendy | 44 |
| Záver | 46 |
| Použité informačné zdroje | 47 |

ÚVOD

V súčasnom svete nám vozidlá slúžia na prepravu nákladu a osôb. Sú neoddeliteľnou súčasťou našich životov. Za posledných viac ako sto rokov prešiel vývoj konštrukcie veľkými zmenami, až sa dostal do prevedenia, aké poznáme dnes. Celkovo vozidlo obsahuje množstvo častí, ktoré musia byť správne skonštruované a prepojené tak, aby zabezpečovalo správnu funkciu.

Jednou z najdôležitejších častí vozidla je riadenie, ktoré pomáha vodičovi uviesť a udržiavať vozidlo v pohybe a je priamym spojením vodiča s vozidlom. Na to, aby bola zabezpečená správna funkcia vozidla a bezpečnosť pasažierov, musí riadenie spĺňať veľké množstvo legislatívnych požiadaviek. Pri riadení vozidla sa vždy kládol veľký dôraz na celkovú bezpečnosť pasažierov. Postupný vývoj vozidiel priniesol so sebou aj ďalšie požiadavky, kde chcú spoločnosti zabezpečiť vodičovi čo najlepší pocit z jazdy a uľahčovať mu riadenie. Na základe toho musí byť riadenie plynulé, presné a vodič musí veriť svojmu autu, čo sa dá zabezpečiť len správnu konštrukciou a nastavením.

Táto bakalárska práca sa zaoberá celkovými požiadavkami riadenia, rozobratím základných konštrukčných častí, parametrami geometrie kolies, ktoré musia byť správne nastavené, aby nedochádzalo k predčasnému opotrebeniu jednotlivých častí vozidla. Obsiahnuté sú tu aj jednotlivé druhy riadenia.

Posledné roky dochádza k veľkej elektrifikácii vozidiel a dopĺňaním konštrukcie o množstvo asistenčných a bezpečnostných systémov. Tie pomáhajú vozidlu spĺňať požiadavky, ktoré sú na neho kladené, práca preto obsahuje aj prehľad tých najzákladnejších, ktoré sú už súčasťou každého vozidla.

Z nadobudnutých vedomostí je vytvorený prehľad typov prevodoviek riadenia a posilňovačov riadenia, ktorými sú dnes vybavené súčasné osobné a úžitkové vozidlá. Tieto dva typy vozidiel som si vybrala hlavne z toho dôvodu, že s nimi v bežnom živote prichádzame najviac do kontaktu. Nakoľko sa spoločnosti snažia docieľiť úplné autonómne vozidlá, je na záver vyslovená predikcia, kam by sa v ďalších rokoch mohol vývoj riadenia uberať.

1 POŽIADAVKY RIADENIA

Pre správny pohyb motorového vozidla po vozovke je potrebné, aby vodič neustále udržiaval správny pomer medzi otáčaním volantu vozidla a zmenou smeru jazdy. Z toho dôvodu musí vodič sledovať množstvo informácií od chovania vozidla až po situáciu na vozovke a okolo nej. Medzi základné informácie môžeme zaradiť sklon karosérie, pocit stability v sedadle alebo správne centrovanie krútiaceho momentu, ktorý vodič cíti prostredníctvom volantu.

Legislatívne požiadavky riadenia: [1]

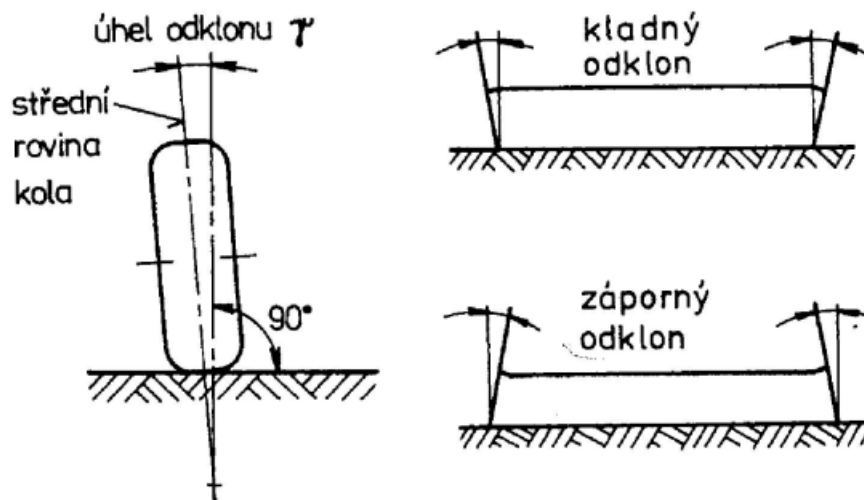
- riadenie musí byť jednoduché, rýchle, bezpečné a nesmie pri ňom dochádzať ku kmitom alebo vibráciám celkovej sústavy,
- pri prejazde zákrutou musia byť kolesá schopné samovoľného návratu do priameho smeru bez zásahu vodiča, alebo sila vynaložená pre prejdienie zákruty musí byť väčšia ako tá, ktorú vodič vynaložil na nasmerovania vozidla naspäť do priameho smeru,
- vôľa riadenia nesmie byť príliš vysoká aby nedošlo k necitlivosti riadenia. Môžeme ju určiť podľa maximálnej rýchlosti vozidiel:
 - pri maximálnej rýchlosti vozidiel nad 100 km/h nesmie vôľa presiahnuť 18°,
 - pri maximálnej rýchlosti vozidiel 25 - 100 km/h nesmie vôľa presiahnuť 27°,
 - pri maximálnej rýchlosti vozidiel do 25 km/h nesmie vôľa presiahnuť 36°,
- ak vozidlo neobsahuje posilňovač riadenia, krajné vychýlenie musí byť ohraničené dorazmi a pre jeho dosiahnutie musí byť použité maximálne päť otáčok,
- vozidlá s hmotnosťou viac ako 3,5 t musia obsahovať posilňovač riadenia a pri jeho poruche musí byť vodič schopný, vozidlo dostať pod kontrolu s vynaložením sily, ktorá nesmie prekročiť 600 N,
- ručná sila vodiča pri zatáčaní do oblúku s polomerom 12 m pri rýchlosti 10 km/h nesmie presiahnuť 250 N.

2 GEOMETRIA KOLIES

Pre ľahký, stabilný a jednoduchý pohyb vozidla po vozovke je potrebné správne nastavenie geometrie kolies. Aby nedochádzalo ku vysokému opotrebeniu, musí byť správne zadefinovaná poloha kolies a tiež rejdová osa voči zvislým rovinám. Za správne nastavenú geometriu je považované nastavenie všetkých štyroch kolies, ktorú je technik schopný zmerať pomocou indikačného prístroja.

2.1 UHOL ODKLONU KOLIES

Uhol odklonu kolies sa nachádza medzi strednou rovinou kolesa a zvislou osou vozidla a má veľký vplyv na celkovú ovládateľnosť vozidla [1]. Môže byť definovaný kladne alebo záporne. O kladnom odklone hovoríme, ak sa horná časť kolesa nakláňa von z vozidla a o zápornom (príklon), ak sa horná časť nakláňa dovnútra (obr. 1).



Obr. 1 Uhol odklonu kolies [1]

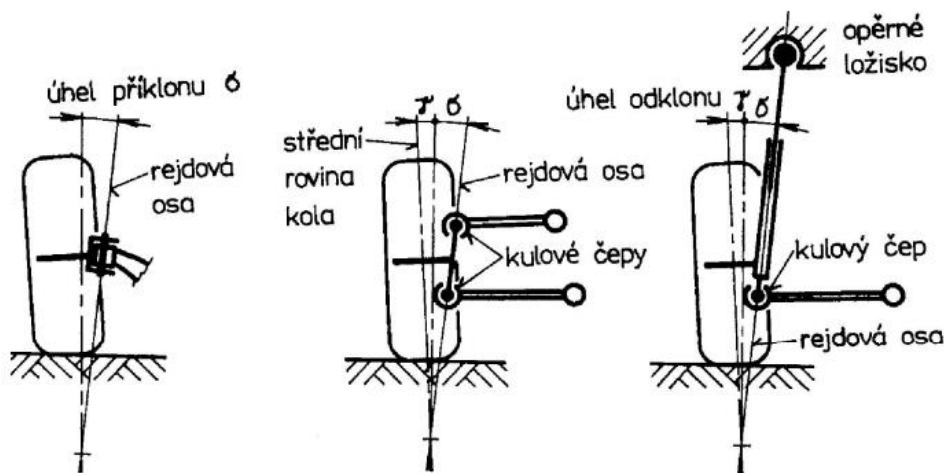
Kladný odklon znižuje námahu pri riadení a poskytuje väčšiu stabilitu v priamom smere. Je ale vhodné, aby bol nastavený v rozmedzí 5° až 10° . Ak by bol na vozidle nastavený kladný odklon príliš veľký, spôsobovalo by to odvalovanie len po určitej časti pneumatiky, čo by malo za následok jej nerovnomerné opotrebenie. [1]

U osobných automobilov je odklon kolies nastavený do záporného smeru. Jeho hlavnou výhodou je zlepšovanie ovládateľnosti vozidla pri zatáčaní tým, že drží pneumatiku v kolmom smere na vozovke. To má za následok rovnomerné zaťaženie kontaktnej plochy pneumatiky. Bez správneho nastavenia odklonu by bola zaťažená len vonkajšia časť pneumatiky, čo by malo za následok zmenšenie jej príľnavosti. Na druhú stranu, pri priamej jazde vozidla sa znižuje príľnavosť pneumatiky v priamom smere pri zrýchľovaní a brzdení vozidla.

2.2 PRÍKLON REJDOVEJ OSI

Príklon rejdovej osi je charakterizovaný ako priemet uhla, ktorý zvierajú rejdová osa a zvislica do roviny rovnobežnej s priečnou rovinou vozidla [1]. Hlavným významom správneho nastavenia príklonu rejdovej osi je ten, aby sa kolesá po uvoľnení síl pôsobiacich na volant, samé vracali do priamej polohy.

Pre rôzne druhy náprav je rejdová osa definovaná odlišne. Tuhá náprava (obr. 2a) má rejdovú osu a osu rejdového čapu totožnú. Pri lichobežníkovej náprave (obr. 2b) sa jedná o spojnicu stredov horného a dolného guľového čapu. Náprava McPherson (obr. 2c) má rejdovú osu definovanú spojnicou stredov horného závesného ložiska a spodného guľového čapu. Ten je posunutý dovnútra kolesa, aby bol polomer rejdu menší alebo záporný. [1]



Obr. 2 Rejdové osi pre rôzne druhy náprav: a) tuhá, b) lichobežníková, c) McPherson [1]

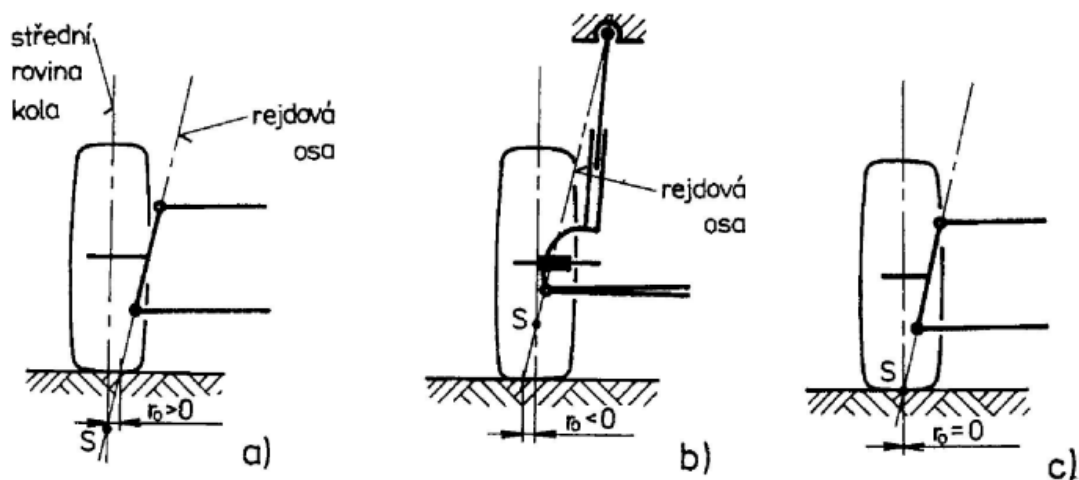
2.3 POLOMER REJDU

Polomer rejdu je vzdialenosť od stredu styku pneumatiky k priesečníku rejdovej osi s rovinou vozovky. Môže byť uvažovaný kladne, záporne alebo nulovo. Pri zväčšujúcom sa polomere rejdu sa náprava stáva citlivejšou na pozdĺžne sily. [2]

Ak priesečník leží vo vnútri strednej roviny kolesa, hovoríme o kladom polomere rejdu (obr. 3a), ktorý zabezpečuje stabilnejší chod vozidla po priamej vozovke. Jeho nevýhodou je potrebný zásah vodiča, aby sa pri nerovnomernom brzdení udržalo vozidlo v priamom smere jazdy. Pri osobných vozidlách je jeho vzdialenosť maximálne 40 mm, u nákladných 60 mm [1].

Záporný polomer rejdu uvažujeme, ak priesečník leží vo vnútri strednej roviny kolesa (obr. 3b). Toto nastavenie má za následok lepšiu stabilitu vozidla pri brzdení a nie je potrebná sila od vodiča, aby vozidlo udržalo priamy smer jazdy. Jeho využitie nájdeme hlavne u osobných automobilov s predným pohonom a prednou nápravou McPherson.

Vozidlo má nulový polomer rejdu, ak priesečník leží presne v strede plochy dotyku pneumatiky (obr. 3c). Hlavnými výhodami tohto nastavenia je lepšia ovládateľnosť vozidla v menších rýchlostiach a menšia citlivosť riadenia pri brzdení.

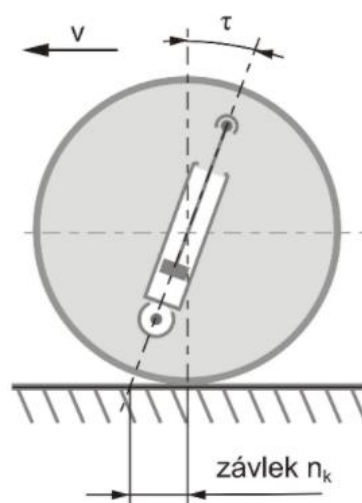


Obr. 3 Polomer rejdú: a) kladný, b) záporný, c) nulový [1]

2.4 ZÁKLON REJDOVEJ OSI

Záklon rejdovej osi τ (obr. 4) je definovaný ako priemet uhlu medzi zvislicou kolesa a rejdovou osou do roviny rovnobežnej s pozdĺžnou rovinou [3]. Pri sklone rejdovej osi dozadu, hovoríme o kladnom záklone a pri opačnom naklonení hovoríme o zápornom záklone (tzv. predklon). Správne nastavenie záklonu rejdovej osi má za účink lepšiu stabilitu vozidla a vracanie kolies do priamej polohy.

Závlek n_K (obr. 4) je vzdialenosť medzi stredom styku pneumatiky a priesečníkom rejdovej osi s rovinou vozovky, premietnutej do roviny rovnobežnej s pozdĺžnou rovinou vozidla [3]. Ak sa priesečník nachádza pred stredom styku pneumatiky, jedná sa o kladný závlek. O zápornom závlaku (tzv. predvlek) hovoríme, ak sa priesečník rejdovej osi nachádza za stredom styku pneumatiky.



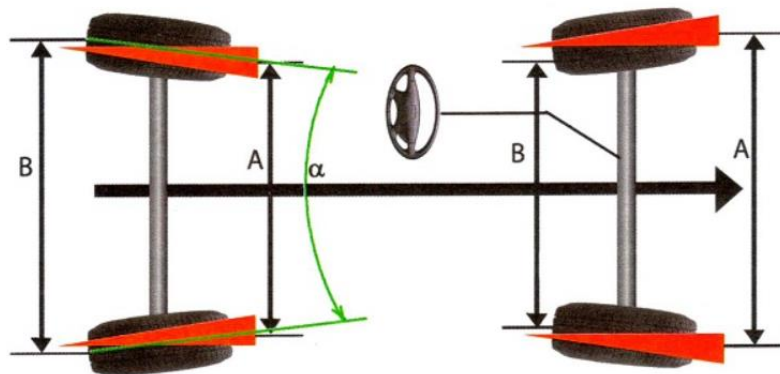
Obr. 4 Záklon a závlek rejdovej osi [3]

2.5 UHOL ZBIEHAVOSTI KOLIES

Ak je predná časť kolesa priklonená k pozdĺžnej ose vozidla, hovoríme o zbiehavom kolese a pri opačnom jave hovoríme o kolese rozbiehavom. Môžeme teda povedať, že uhol zbiehavosti kolies je priemet uhlu medzi pozdĺžnou osou vozidla a strednou rovinou vozidla. Matematicky môžeme uhol zbiehavosti α vyjadriť:

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{B - A}{d_r} \right), \quad (1)$$

kde A a B sú vzdialenosti medzi vnútornými okrajmi ráfkov pravého a ľavého kolesa a d_r je priemer okraja ráfku (obr. 5). [1]



Obr. 5 Zbiehavosť kolies [4]

Hlavným významom uhla zbiehavosti je paralelné odvalovanie kolies. Správnym nastavením môžeme doceliť lepšiu stabilitu vozidla na vozovke a elimináciu kmitania kolies. Pri veľkom nastavení uhla zbiehavosti dochádza k rýchlejšiemu opotrebeniu pneumatík na vonkajšej strane.

Vplyvom uhla zbiehavosti vznikajú bočné sily, ktoré pôsobia na predných pneumatikách a majú za úlohu natáčať kolesá do priameho smeru. Nastavenie zbiehavosti alebo rozbiehavosti nie je na vozidlách presne definované. Pre docielenie stabilného a plynulého chodu sa väčšinou volí nulová zbiehavosť a rozbiehavosť. [1]

2.6 PRÍZNAKY NESPRÁVNEJ GEOMETRIE

Nesprávne nastavená geometria kolies má za následok zhoršovanie technického stavu vozidla, ktorý môžeme spozorovať za základe nasledujúcich príznakov:

- opotrebenie pneumatík,
- nesprávne vlastnosti riadenia,
- nestabilita smeru riadenia vozidla,
- kmitanie riadiacich častí,
- zvýšené opotrebenie jednotlivých častí prevodového a vychýľovacieho ústrojenstva riadenia,
- nevracanie kolies do priameho smeru jazdy.

2.7 ACKERMANNOVA GEOMETRIA RIADENIA

Pri prejazde zákrutou je potrebné, aby sa kolesá nešmýkali ale odvalovali, inak by dochádzalo k rýchlemu opotrebeniu pneumatík. Túto požiadavku riadenia môžeme splniť pri správnom nastavení geometrie vozidla. Jedná sa o Ackermannovu geometriu riadenia, ktorá predpokladá, že pri bočnej nepoddajnosti kolies musí stred otáčania vozidla ležať na predĺženej ose zadnej nápravy. Pre docielenie tejto podmienky je každé koleso nastavené pod iným uhlom. Vnútrorná predná pneumatika bude sklonená pod väčším uhlom ako vonkajšia predná pneumatika a v prevádzke sa budú odvalovať po rozdielnych kruhových dráhach. Matematicky by sa tento teoretický popis dal vyjadriť nasledovne:

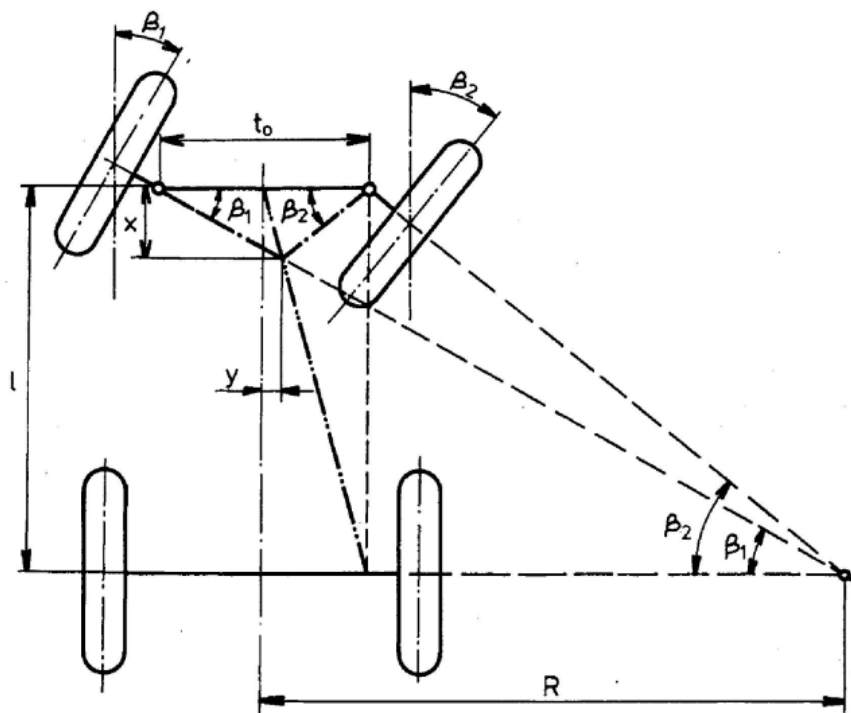
$$\cotan \beta_1 = \frac{t_0 + R}{l}, \quad (2)$$

$$\cotan \beta_2 = \frac{t_0 - R}{l}, \quad (3)$$

alebo

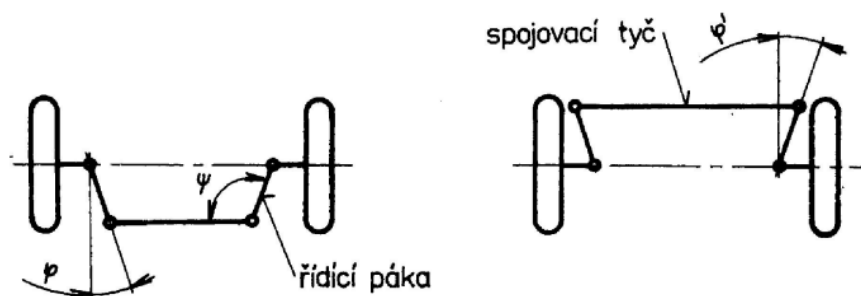
$$\cotan \beta_1 - \cotan \beta_2 = \frac{t_0}{l}, \quad (4)$$

kde l je rozvor náprav, R polomer zatáčania, t_0 vzdialenosť os rejdových čapov, β_1 uhol natočenia vonkajšieho kolesa a β_2 uhol natočenia vnútrorného kolesa (obr. 6). [1]



Obr. 6 Ackermannova geometria riadenia [1]

Konštrukcia riadenia, ktorá spĺňa podmienku z rovnice (4), má riadiace páky spolu so spojovacou tyčou tvar lichobežníka (obr. 7).



Obr. 7 Lichobežníková konštrukcia riadenia [1]

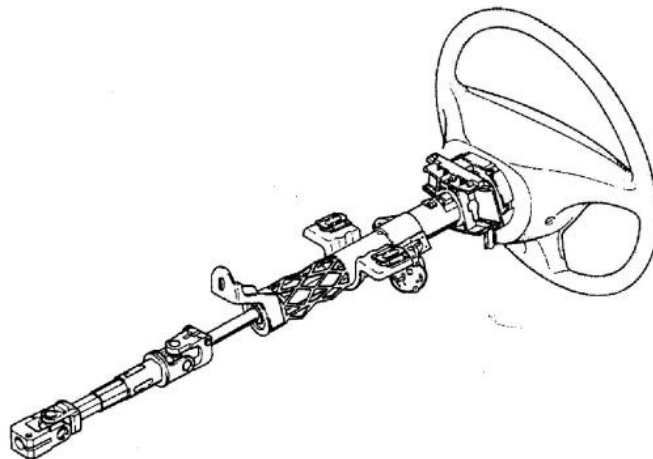
V skutočnosti vplyvom odstredivej sily a poddajnosti pneumatík vznikajú pri zatáčaní na všetkých kolesách smerové úchyľky, ktoré posúvajú skutočný stred otáčania mimo teoretický. Z toho vyplýva, že Ackermannova geometria riadenia platí len pre malé rýchlosti a ideálne tuhé kolesá. [1]

3 KONŠTRUKCIA SYSTÉMU RIADENIA

Riadenie slúži na udržanie vozidla v požadovanom smere jazdy po jeho uvedení do pohybu. Z toho dôvodu je potrebné, aby konštrukcia riadenia obsahovala vstupný prvok, ktorý bude mať za úlohu prenášať vstupné požiadavky od vodiča na jednotlivé časti riadenia, čo spôsobí plynulý chod vozidla.

3.1 STĹPIK RIADENIA

Stĺpik riadenia (obr. 8) je zložený z hriadeľa volantu a krycej trúbky. Hriadeľ volantu je hlavná časť stĺpiku riadenia, ktorý prenáša ovládací moment z volantu na prevodovku. Pozostáva z dvoch alebo viacerých častí a mal by byť torzne tuhý. Spolu s krycou trúbkou by mal vykazovať deformačné správanie, aby pri čelnom náraze nedošlo k jeho vniknutiu do interiéru vozidla. Krycia trúbka má za úlohu spájať stĺpik riadenia s volantom a celkovú konštrukciu vozidla. Je konštrukčne navrhnutá tak, že sa tam môžu nachádzať pružné prvky, deformačné časti alebo je uložená posuvne. [1]



Obr. 8 Stĺpik riadenia [1]

Vo vozidlách sa môžeme stretnúť s rôznymi prevedeniami stĺpiku riadenia. Osobné vozidlá môžu byť vybavené tzv. teleskopickým hriadeľom, kde sa pri náraze do seba zasúvajú trúbky, ktoré sa nachádzajú v hornej časti hriadeľa volantu. Iné prevedenia obsahujú delený hriadeľ volantu, ktorý má určitú časť z dierkovanej trúbky a tá zabezpečuje vyššiu bezpečnosť tak, že sa pri náraze vychýli zo svojej priamej polohy. Čo sa týka nákladných vozidiel, tie kvôli vysoko položennej prevodovke riadenia, majú hriadeľ volantu veľmi malý a pri náraze sa do seba jednotlivé diely hriadeľa zasunú. Toto prevedenie je ešte vybavené aj trúbkovou mrežou, ktorá je deformovateľná a zabezpečuje ovládanie vozidla aj po náraze. [1]

Na zvýšenie komfortu jazdy a sedenia sú automobily vyrábané s nastaviteľným stĺpikom riadenia. Pozíciu volantu je možné meniť pákou smerom dopredu, dozadu ako aj hore a dole.

3.2 PREVODOVKA RIADENIA

Prevodovka riadenia spojuje volant a riadiaci systém. Jej hlavnou úlohou je prenos točivého momentu z volantu na riadiace časti. Na základe otáčania volantu vznikne otáčaný pohyb, ktorý je cez hriadeľ volantu prenášaný do prevodovky riadenia, kde sa mení na riadiaci pohyb a ten slúži na natáčanie kolies vozidla. Týmto systémom sa znásobuje natočenie volantu voči natočeniu kolies. [1]

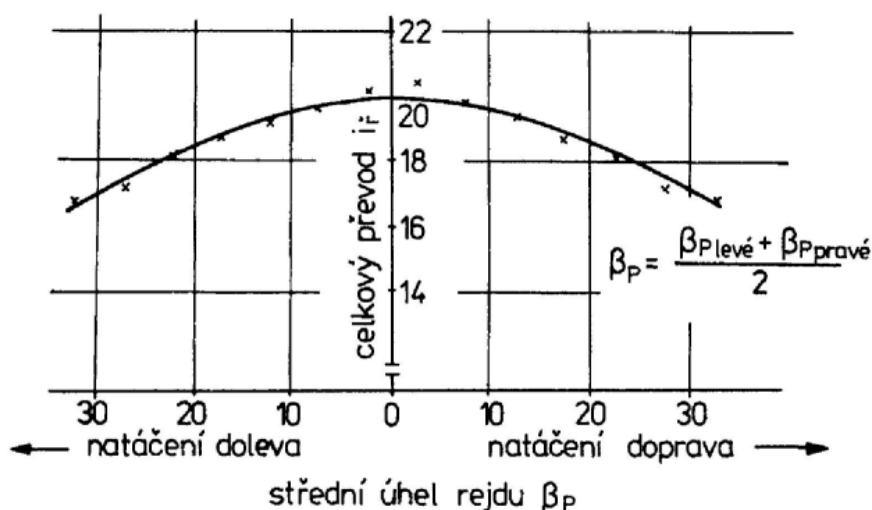
Ďalšou úlohou prevodovky riadenia je zaisťovanie nutného prevodu. Celkový prevodový pomer závisí na prevodovom pomere od prevodovky riadenia a prevodu od zmeny geometrie riadiaceho mechanizmu pri riadení, ktorý je vzhľadom od pomeru od prevodovky zanedbateľný. Ak by sme uvažovali vozidlo bez záťaže (bez pružných deformácií), môžeme prevodový pomer matematicky vyjadriť na základe závislosti uhlu natočenia volantu β_v a uhlu natočenia riadených kolies β_p [1]

$$i_p = \frac{\beta_v}{\beta_p}. \quad (5)$$

Z obr. 9 môžeme vidieť, že prevodový pomer pri riadení nie je konštantný, ale závisí na veľkosti stredného uhlu rejdu, ktorý sa mení v závislosti na natočení kolies. Vzťah (5) môžeme teda upraviť nasledovne [1]

$$i_p = \frac{\partial \beta_v}{\partial \beta_p}. \quad (6)$$

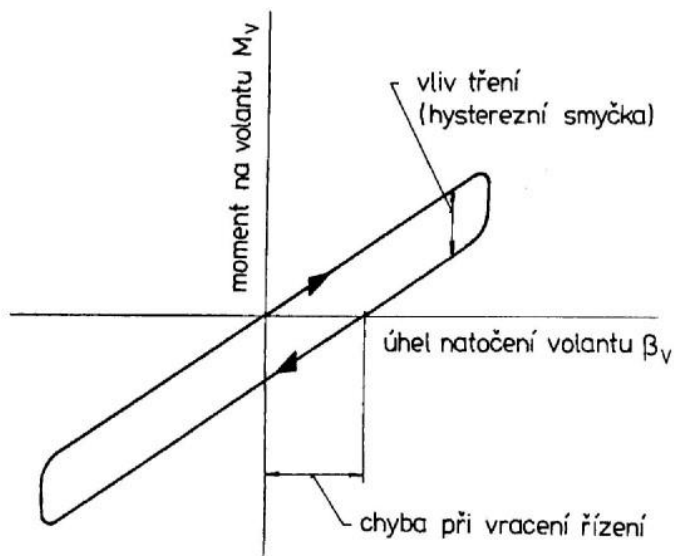
Uhol rejdu je obmedzený konštrukciou a v praxi sa jeho hodnoty uvažujú v rozmedzí 30° až 45° na každú stranu [5].



Obr. 9 Závislosť celkového prevodu na uhle rejdu [1]

Pri veľkom prevode má vozidlo lepšiu smerovú stabilitu. Na druhú stranu, dochádza k znižovaniu rýchlej odozvy vozidla na riadiaci pohyb vodiča. Celkový prevod sa u osobných automobilov volí medzi hodnotami 13-23. [1]

Pre správnu funkčnosť riadenia musí konštrukcia prevodovky riadenia spĺňať požiadavku minimálneho trenia. Táto požiadavka vychádza z tej skutočnosti, že vplyvom vysokého trenia sa pri výjazde zo zákruty nevracia riadenie do úplnej priamej polohy, čím vzniká tzv. chyba pri vracaní riadenia. Z obr. 10 môžeme teda povedať, že ak by sme chceli dosiahnuť ideálny priebeh návratu riadenia, je potrebné, aby bol bez hysterézie. [1]



Obr. 10 Vplyv trenia na M_v pri prejazde dráhy v tvare osmičky [1]

Druhy prevodoviek

Existujú rôzne druhy prevodoviek riadenia, ktoré môžeme rozdeliť na základe pohybu, ktorý vykonávajú:

- otáčavý pohyb,
 - šnekové prevodovky,
 - maticové prevodovky,
- posuvný pohyb,
 - hrebeňové prevodovky.

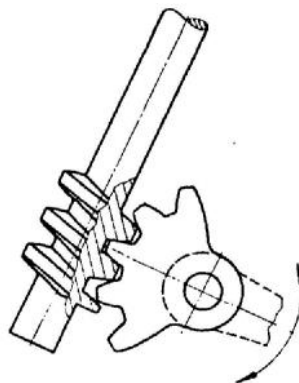
Šneková prevodovka

Jedným z najstarších typov prevodovky riadenia je šnekové riadenie. V dnešnej dobe sa už nepoužíva, ale v minulosti by sme ho našli hlavne v nákladných vozidlách, ktoré ho využívali z dôvodu veľkej ovládacej sily a preto nebolo potrebné používať posilňovač riadenia. Jeho hlavnou nevýhodou bola náchylnosť na mechanické opotrebenia. Prevodovka sa skladá zo šneku, ktorý sa nachádza na konci volantu a otáča ozubenými časťami, ktoré majú za následok prenos otáčavého pohybu na páku riadenia. [6]

Poznáme niekoľko typov prevedení šnekovej prevodovky:

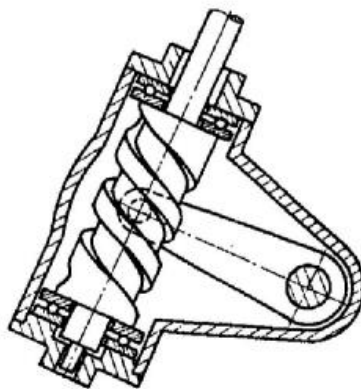
- šneková prevodovka so segmentom,
- šneková prevodovka s kladkou,
- šneková prevodovka s kolíkom (príp. dvomi).

Šnekovú prevodovku so segmentom by sme už v dnešnej dobe nenašli, z dôvodu vysokého trenia medzi týmito dvoma časťami. Segment bol otočne uložený na čape, spojený s hlavnou pákou riadenia a zaberá do šnekového kola, čím bol zabezpečený prevod (obr. 11) [1]. Pre dosiahnutie menšieho opotrebenia závitov na šneku a segmente, sa používal šnek globoidného (vydutého) tvaru. Tento tvar mal za následok plný záber všetkých závitov, čím sa znižovalmerný tlak medzi zubami a taktiež ich opotrebenie.



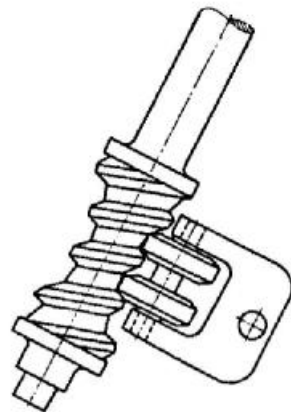
Obr. 11 Šneková prevodovka so segmentom [1]

Šneková prevodovka s kolíkom sa využíva u nákladných a terénnych vozidiel. Pri tomto druhu prevodovky sa používa šnek s veľkým stúpaním a kolík v tvare kolmého kužela, uložený na ihlách čapu, ktorý je votknutý do ramena hriadeľa (obr. 12). Hlavnou výhodou je veľký prevod, čo umožňuje vodičovi pôsobiť na volant malou silou. Pri niektorých vozidlách môžeme nájsť použité aj dva kolíky. [1]



Obr. 12 Šneková prevodovka s kolíkom [1]

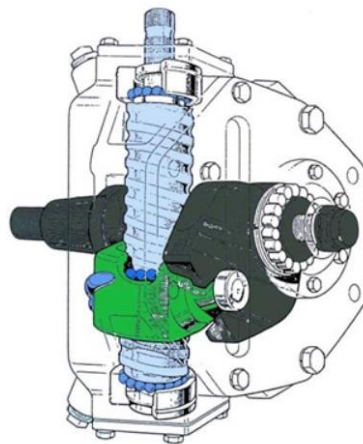
Na podobnom princípe ako šneková prevodovka so segmentom pracuje aj šneková prevodovka s kladkou. Na šneku v tvare globoidu sa na malom ramene odvaľuje kladka (obr. 13). Tá je uložená na ihličkových ložiskách a šnek na kuželíkových. Pre vymedzenie vôle medzi týmito dvoma komponentmi sa používa regulačná skrutka. [1]



Obr. 13 Šneková prevodovka s kladkou [1]

Maticová prevodovka

Maticové riadenie (obr. 14) sa pred milénium využívalo v osobných automobiloch ako BMW, Škoda a Mercedes – Benz. Jeho hlavnou výhodou je tlmenie nárazov od kolies, avšak väčšinou u tohto typu prevodovky dochádza k vôli na volante. Na spodnej časti hriadeľa skrutkového tvaru je posuvne uložená matica, ktorá otáča hlavnou pákou riadenia. Nakoľko v tomto prevedení dochádza k vysokému treniu, pridali sa do obehu valivé guľičky, ktoré toto trenie redukovali. Guľičky sú uložené v závite na konci hriadeľa volantu a pri otáčaní volantu sú unášané maticou riadenia. Z bezpečnostných dôvodov sa v tomto riadení nachádzali dva nezávislé obehly guľičiek. Pre zabezpečenie prenosu síl z matice na stĺpik riadenia sa používa ozubenie, ktoré zapadá do príslušného ozubeného segmentu na stĺpiku riadenia. [6]

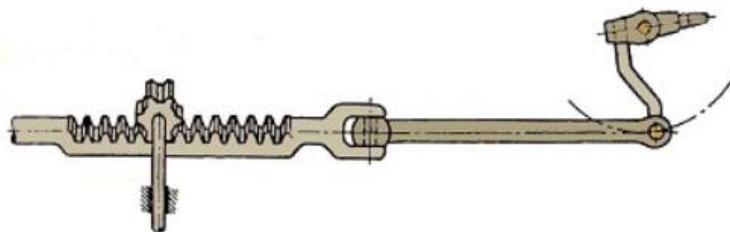


Obr. 14 Maticová prevodovka riadenia [7]

Hrebeňová prevodovka riadenia

V dnešnej dobe je najpoužívanejším typom riadenia hrebeňové (obr. 15). Ide o jednoduché prevedenie prevodu riadenia s pastorkom a ozubenou tyčou. Pastorok je umiestnený v skrini riadenia a zaberá do ozubenej tyče. Vôľa v riadení sa vymedzuje pružinou, ktorá pritláča hrebeň riadenia o pastorok. Otáčavý pohyb vzniká na základe otáčania volantu a následne je prenášaný na ozubenú tyč, ktorá ho mení na posuvný. Ozubená tyč cez spojovacie tyče prenáša pohyb na

riadiace páky kolies. Týmto systémom sa znásobuje natočenie volantu voči natočeniu kolies. Aby do prevodovky nevnikali nečistoty, sú na koncoch umiestnené pryžové manžety. [7]



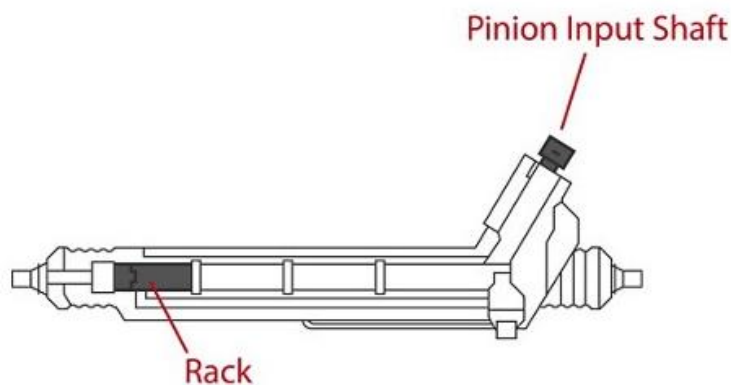
Obr. 15 Hrebeňová prevodovka riadenia [7]

Rozpoznávame dva typy hrebeňového riadenia v závislosti uloženia pastorku a riadiacej tyčí. Pastorok môže byť uložený v strede prevodovky a riadiace tyče sú uložené na koncoch hrebeňa alebo opačne tak, že riadiace tyče sú umiestnené v strede a pastorok je uložený na jednej alebo druhej strane. Tiež sa môžeme stretnúť s uložením pastorku na jednej strane prevodovky a riadiace tyče na jednom konci hrebeňa.

Medzi hlavné výhody tohto typu riadenia patrí nenáročná výroba, jednoduchá oprava, presné riadenie a dlhá životnosť. Potrebná sila vynaložená na ovládanie je podstatne menšia ako pri iných typoch riadenia, nakoľko vnútorné trenie medzi jednotlivými časťami je menšie.

3.3 RIADIACA TYČ

Riadiaca tyč spája hrebeň riadenia k ramenu volantu, ktoré je spojené s volantom. Jej hlavnou úlohou je pohybovanie kolesami do všetkých smerov v kontrolovanom pohybe, čo má za následok hladkú jazdu aj po nerovnomerných povrchoch vozovky. Skladá sa z dvoch hlavných častí (vonkajšej a vnútornej) so závitom, ktorý umožňuje nastavenie dĺžky riadiacej tyče (obr. 16). Vonkajšia časť (tzv. koniec spojovacej tyče) je najviac náchylná na opotrebenie a neskoršie zlyhanie. Na koncoch tyče sú umiestnené guľové kĺby, ktoré sa pripájajú ku ostatným častiam riadenia.



Obr. 16 Riadiaca tyč [8]

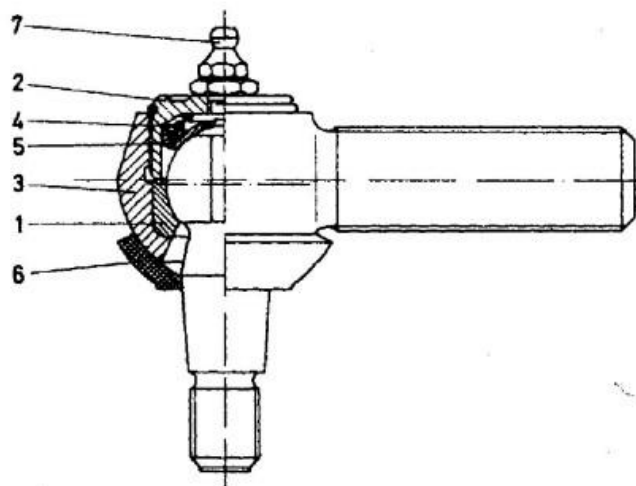
Pre rôzne druhy konštrukcie náprav existujú rôzne prevedenia riadiacej tyče. Zalomená riadiaca tyč sa používa, aby pri natáčaní alebo prepružení kolies nedošlo ku styku ďalších dielov. Pre hrebeňové riadenie, kde je prevodovka uložená vysoko, sa používajú dlhé riadiace tyče, ktoré sú pripojené ku stredu ozubenej tyče. Koniec riadiacej tyče, ktorý sa pripája ku riadiacej páke je spojený s guľovým kĺbom a druhý koniec je pripojený k ozubenej tyči pomocou závesného oka. V niektorých prípadoch sa môžeme pri hrebeňovom riadení stretnúť s riadiacou tyčou, kde sa namiesto závesného oka používa axiálny guľový kĺb. [1]

3.4 GUĽOVÉ KLBY

Guľové kĺby spájajú jednotlivé diely v mechanizme (obr. 17). Spojenie ovládacieho ramena s kĺbmi riadenia zabezpečuje hladký a pevný pohyb v zavesení a neustály kontakt s nerovnou vozovkou. Spojenie medzi nábojmi kolies a ovládacími ramenami spôsobuje otáčavý pohyb kolies.

Skladá sa z dvojdielného puzdra, v ktorom je uložený čap. Tieto dva komponenty sú zasunuté do hlavice, ktorá je uzatvorená spodným viečkom. Na zabezpečenie neustáleho prítlačného kontaktu sa používa tlačná pružina, ktorá je opretá o viečko. Na zabránenie preniknutia nečistôt do vnútorného priestoru slúži protiprachová manžeta, ktorá tiež zabraňuje úniku maziva. [5]

V dnešnej dobe vozidlá obsahujú utesnené guľové kĺby, ktoré nie je potrebné premazávať, ale obsahujú vnútorné mazanie, ktoré minimalizuje trenie medzi jednotlivými komponentami a tým sa zvyšuje ich celková životnosť. Opatrenie kĺbov má za následok vybočovanie v priameho smeru jazdy, otrasy na rovnom povrchu vozovky alebo nerovnomerné opotrebenie pneumatík. Niektoré druhy obsahujú indikátory opotrebenia, aby sme vedeli včas určiť ich výmenu.



Obr. 17 Mazaný guľový kĺb [1]

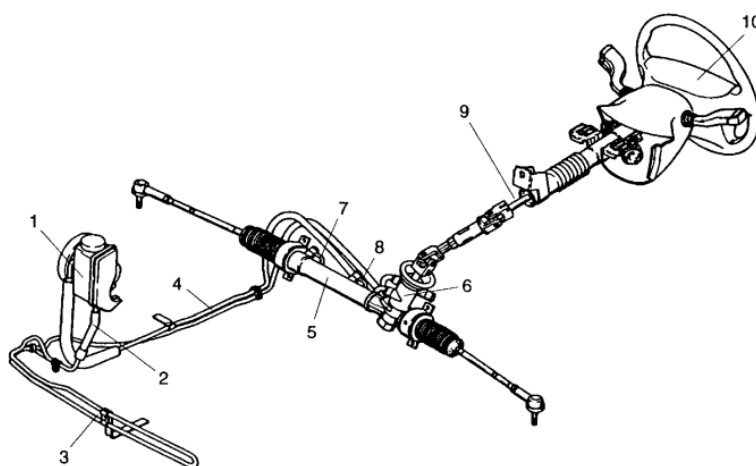
3.5 POSILŇOVAČ RIADENIA

Podľa súčasných legislatívnych požiadaviek musí byť každé vozidlo so zaťažením prednej nápravy nad 3,5 t, vybavené posilňovačom riadenia. Ak nastane porucha posilňovača, vodič musí byť schopný auto ovládať vlastnou ručnou silou, ktorá by nemala presiahnuť 600 N. Jeho hlavnou funkciou je zvyšovanie pôvodnej ovládacej sily vodiča, čím sa maximalizuje jeho komfort, nakoľko ho zbavuje maximálnej fyzickej práce. Tiež sa zvyšuje celková bezpečnosť a spoľahlivosť jazdy. [1]

Z konštrukčného hľadiska poznáme tri základné druhy posilňovačov riadenia:

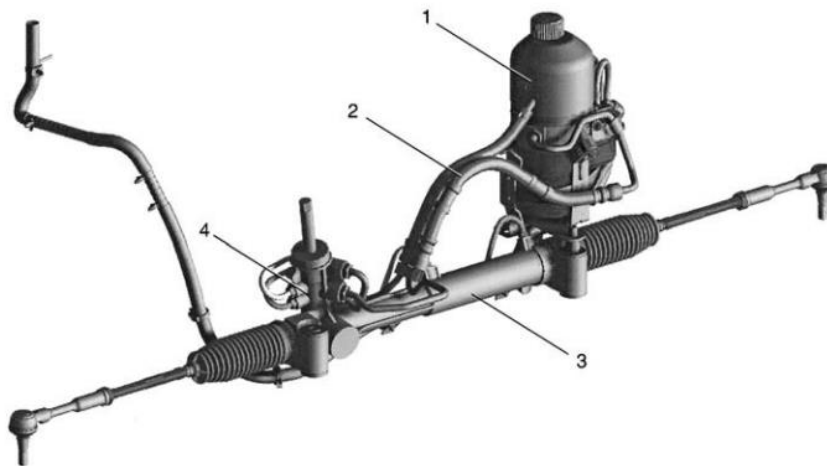
- hydraulický posilňovač riadenia,
- elektrohydraulický posilňovač riadenia,
- elektrický posilňovač riadenia.

Hydraulický posilňovač riadenia je zložený zo zásobníku oleja, ovládacieho ventilu, piestu posilňovača a vysokotlakového olejového čerpadla (obr. 18). Aby bolo dosiahnuté vytvorenie posilňovacieho účinku, je potrebný tlak, ktorý vytvára vysokotlakové čerpadlo. Čerpadlo je spojené so zásobníkom oleja a poháňané remeňom od motora. Pri priamej jazde sa piest posilňovača nepohybuje z dôvodu totožného tlaku na oboch stranách valca. Ak vodič pootočí volantom do strany, ovládací ventil začne prepúšťať olej na jednu alebo druhú stranu. To má za následok posilnenie tlaku oleja na jednej strane a poklesu na druhej. Tým sa hrebeňová tyč posunie do požadovaného smeru a vznikne potrebný posilňovací účinok. [9]



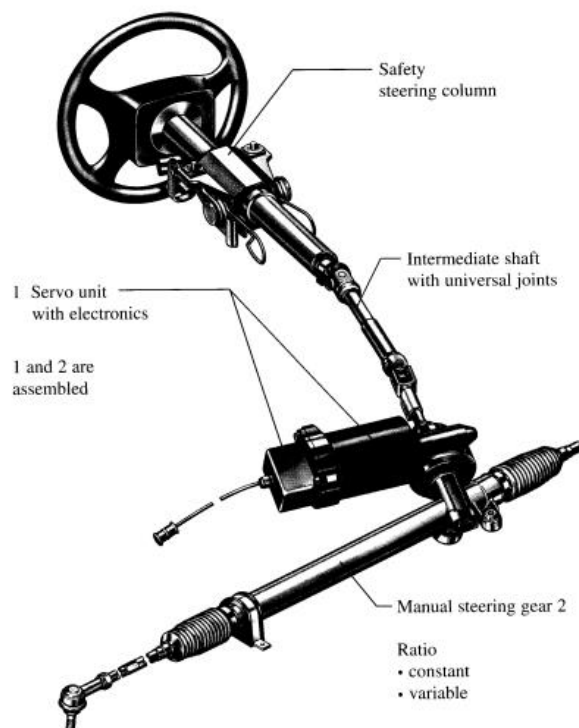
Obr. 18 Hydraulický posilňovač riadenia [10]

Elektrohydraulický posilňovač riadenia je zložený z riadiacej jednotky, elektrohydraulického meniča, hydraulického zariadenia, zásobníka oleja, vysokotlakového olejového čerpadla a elektronického tachometra (obr. 19). Funguje na podobnom princípe ako hydraulický posilňovač, ale hlavný rozdiel je v pohone čerpadla, ten v tomto prípade zabezpečuje elektromotor. Snímač uložený nad prevodovkou riadenia zaznamenáva otáčky motora, rýchlosť jazdy a rýchlosť otáčania volantu. Na základe týchto informácií riadiaca jednotka upravuje posilňovací účinok. Pri vysokých rýchlostiach je potrebné použiť len malý posilňovací účinok a naopak, pri nízkych rýchlostiach (napr. parkovaní) je potrebné, aby tento účinok bol vyšší. [9]



Obr. 19 Elektrohydraulický posilňovač riadenia [10]

Elektrický posilňovač riadenia sa skladá z elektromotora, redukčnej prevodovky, snímačov a elektronickej riadiacej jednotky. Všetky tieto komponenty sa nachádzajú na zariadení zabudovanom v stĺpiku riadenia (obr. 20). V tomto druhu posilňovača sa používajú snímače na báze vírivých prúdov, kde je prenos signálu bezdotykový. Snímače zaznamenávajú uhol natočenia volantu a moment na volante medzi volantom a elektrickým posilňovačom riadenia. Moment riadenia je meraný medzi redukčnou prevodovkou a prevodovkou riadenia. Pomocou nasnímaných dát elektromotor vytvára potrebnú posilňovaciu silu, pri vysokých rýchlostiach vytvára menšiu silu a pri nižších rýchlostiach je posilňovacia sila väčšia. Hlavnými výhodami tohto prevedenia je jednoduchosť a nižšia hmotnosť, pretože nie je potrebné používať olej. [9]



Obr. 20 Elektrický posilňovač riadenia [10]

4 OVLÁDANIE VOZIDLA

Ovládateľnosť vozidla vyjadruje jeho stav pri natáčaní volantu. Ak je vozidlo dobre ovládateľné, rýchlejšie a lepšie reaguje na pokyny vodiča, ako je brzdenie a zatáčanie. Pri vozidle s horšou ovládateľnosťou dochádza ku šmyku alebo ku nedostatočnému reagovaniu na pokyny vodiča. Ovládateľnosť má tiež vplyv na to, ako rýchlo sa vozidlo dostane naspäť do stabilnej polohy.

4.1 STÁČANIE VOZIDLA

Riadenie vozidla, jeho stáčanie je spôsobené generovaním stáčavého momentu, ktorý vzniká na základe pôsobenia bočných síl na pneumatikách. Tie sú závislé na zaťažení kolies pri riadení vozidla, ich polohy voči vozovke a bočnom sklze uhlu smerových úchyľiek.

Bočné sily sa dajú matematicky vyjadriť pomocou jednostopého rovinného dynamického modelu vozidla (obr. 21), kde ich veľkosť dostaneme na základe súčtu pôsobiacich síl na jednotlivé kolesá prednej a zadnej nápravy. Následne zo smerových charakteristík pneumatiky môžeme vyjadriť bočnú silu pôsobiacu na prednej náprave S_P ako

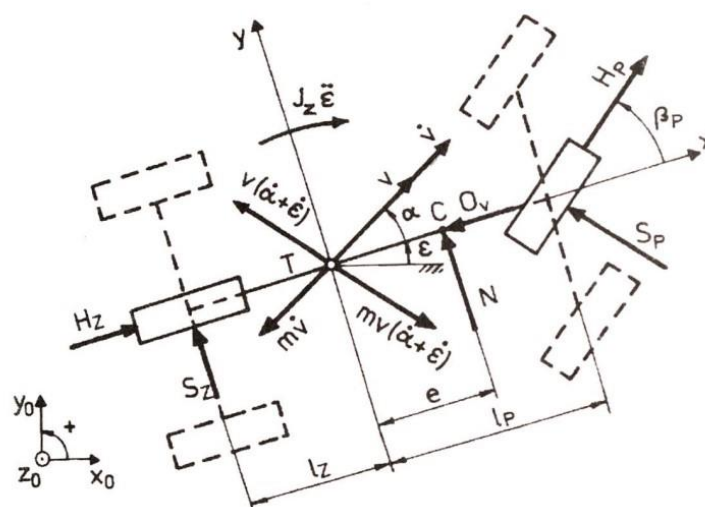
$$S_P = C_{\alpha P} \cdot \alpha_P, \quad (7)$$

kde $C_{\alpha P}$ je smerová tuhosť oboch pneumatík prednej nápravy a α_P je uhol smerovej úchyľky prednej nápravy. [11]

Analogicky môžeme vyjadriť vzťah pre bočnú silu pôsobiacu na zadnej náprave S_Z

$$S_Z = C_{\alpha Z} \cdot \alpha_Z, \quad (8)$$

kde $C_{\alpha Z}$ je smerová tuhosť oboch pneumatík zadnej nápravy a α_Z je uhol smerovej úchyľky zadnej nápravy. [11]



Obr. 21 Jednostopý dynamický model vozidla [11]

Z rovníc (7) a (8) môžeme povedať, že hlavným parametrom pre vytvorenie bočných síl a následne stáčavého momentu sú uhly smerových úchyľok. Je potrebné, aby bolo vozidlo schopné vytvoriť smerové úchyľky včas a presne, nakoľko pre správnu ovládateľnosť vozidla sa jedná o jednu z primárnych funkcií.

Matematicky môžeme smerové úchyľky popísať na základe obr. 22, kde vidíme, že ich veľkosť závisí na natočení a rýchlosti kolies prednej a zadnej nápravy:

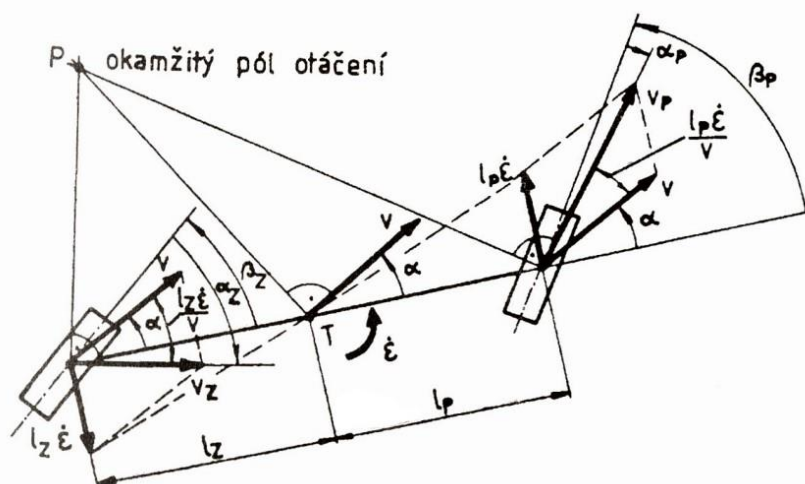
$$\alpha_p = -\alpha - \frac{l_p}{v} \cdot \dot{\epsilon} + \beta_p, \quad (9)$$

$$\alpha_z = -\alpha - \frac{l_z}{v} \cdot \dot{\epsilon} + \beta_z, \quad (10)$$

kde je α uhol smerovej úchyľky ťažiska, ktorý zvierá vektor rýchlosti v s pozdĺžnou osou x , rýchlosť predného kolesa v_p je daná vektorovým súčtom rýchlosti ťažiska v a rýchlosti otáčania stredu prednej nápravy vzhľadom k ťažisku. Analogicky je v_z vektorovým súčtom rýchlosti v a $l_z \cdot \dot{\epsilon}$. β_p je uhol natočenia predných kolies a β_z zadných kolies. [11]

Zo vzťahov (9) a (10) vidíme, že smerové úchyľky predných a zadných kolies sú závislé na uhloch natočenia kolies prednej a zadnej nápravy. Ak sa vozidlo pohybuje do zákruty veľkou rýchlosťou, je potrebné, aby vodič natočil volant do veľkého uhlu, čo má za následok aj zväčšenie uhlu natočenia predných kolies β_p a tiež zadných kolies β_z . Týmto javom sa zväčšujú aj uhly smerových úchyľok a vozidlo sa stane menej ovládateľné a môže sa stať, že vodič túto situáciu nezvládne a vybočí z vozovky.

Ďalším javom, ktorý vzniká vplyvom smerových úchyľok je okamžitý pól otáčania, ktorý je odlišný od teoretického Ackermannovho. Správnu konštrukciu a analýzu vplyvu bočných síl je potrebné docieľiť čo najmenší rozdiel, aby dochádzalo k správnej odvalovaniu pneumatík, čo tiež prispieva k správnej stabilite a ovládateľnosti vozidla.



Obr. 22 Určenie smerových úchyľok náprav [11]

4.2 TUHOSŤ RIADENIA

Správna tuhosť riadenia je jedna z najdôležitejších požiadaviek kladených na riadenie vozidla. Ak nie je konštrukcia vozidla dokonale tuhá, má to za následok zlé ovládanie a celkové správanie vozidla pri jazde. Preto je potrebné, aby bola zabezpečená čo najväčšia tuhosť riadenia, čím sa zlepši celková kvalita jazdy a vodič môže vozidlo ovládať plynulo a rýchlo. Tuhosť riadenia je možné zisťovať dvomi spôsobmi merania.

Pri zisťovaní tuhosti na kolesách vozidla pri zablokovanom volante závisí uhlová tuhosť riadenia C_r na uhle natočenia predných kolies β_p a momentu na hlavnej páke riadenia M_v^* .

$$C_r = \frac{M_v^*}{(\beta_v^* - \beta_p)}, \quad (11)$$

kde β_v^* je uhol natočenia hlavnej páky riadenia závisí na uhle natočenia volantu β_v a prevode trecieho ústrojenstva i_r

$$\beta_v^* = \frac{\beta_v}{i_r}. \quad (12)$$

Táto tuhosť má význam tuhosti riadiaceho ústrojenstva v smere od kolies ku volantu.

Ak sa tuhosť zisťuje pri zablokovaných kolesách vozidla závisí uhlová tuhosť riadenia $C_{r\downarrow}$ na uhle natočenia volantu β_v a momente na volante M_v

$$C_{r\downarrow} = \frac{M_v}{(\beta_v - i_r \cdot \beta_p)}. \quad (13)$$

Táto tuhosť má význam v smere od volantu ku kolesám.

Z rovníc (12) a (13) dostávame závislosť tuhostí meraných v jednotlivých smeroch

$$C_r = i_r^2 \cdot C_{r\downarrow}, \quad (14)$$

[11]

4.3 STABILITA VOZIDLA

V dnešnej dobe sú na vozidlo kladené vysoké nároky z hľadiska stability. Každé vozidlo by malo byť schopné udržať stálu stabilnú polohu. Ak sa dostane do nestabilného stavu, má to za následok, že vodič stratí kontrolu nad vozidlom. Pri vyšetrowaní stability vozidla sa zaoberáme smerovou stabilitou a stabilitou proti prevráteniu.

Smerová stabilita je vlastnosť vozidla udržiavať smer vozidla vytýčený riadením aj pri pôsobení vonkajších síl a momentov. Pod pojmom stabilita proti prevráteniu rozumieme schopnosť vozidla zachovať adhéziu s vozovkou z dôvodu otáčania okolo pozdĺžnej či priečnej osi. [11]

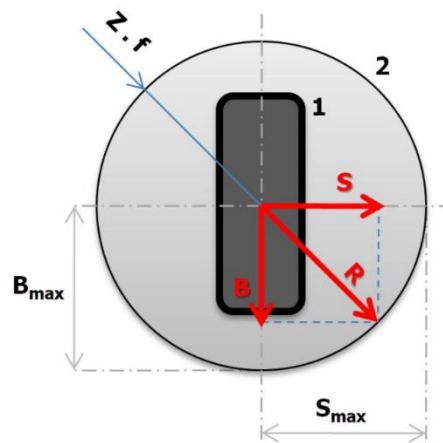
Na to, aby bolo vozidlo stabilne správne nastavené, vplýva veľa faktorov. Jedným z hlavných je poloha ťažiska, ktorá je definovaná už pri konštrukcii samotného vozidla a v nezaťaženom

stave je nemenná. Pri zaťažení vozidla môže dôjsť k jeho vychýleniu, čo má za následok zhoršenú stabilitu vozidla pri jazde. Aby sme sa tomu vyhli je potrebné rovnomerné zaťaženie vozidla a pevné umiestnenie nákladu. Hmotnosť nákladu je tiež dôležitým aspektom, ktorý ovplyvňuje stabilitu vozidla. Každé vozidlo má predpísanú svoju maximálnu hmotnosť a pri jej prekročení dochádza k rýchlejšiemu opotrebeniu pneumatík a celkovej konštrukcie vozidla, čo spôsobuje nestabilný chod vozidla pri jazde. To má za následok vychýlenie z priameho smeru jazdy.

Smerová stabilita vozidla je tiež závislá na veľkosti obvodových síl, ktorých veľkosť je ovplyvnená priľnavosťou pneumatík na vozovku, tzv. adhéziou. Jej vlastnosti môžeme znázorniť Kammovou kružnicou, ktorej polomer sa rovná súčinu normálovej sily Z_k a súčiniteľu priľnavosti μ_k [12]

$$R_k = Z_k \cdot \mu_k. \quad (15)$$

Zo vzťahu (15) môžeme povedať, čím je lepšia priľnavosť kolesa na vozovku, tým je kružnica väčšia, čo spôsobuje stabilnejší chod vozidla. Na obr. 23 môžeme vidieť vektory jednotlivých síl, ktoré pôsobia medzi pneumatikou a vozovkou. Bočná sila S vzniká hlavne pri jazde cez zákruty, pozdĺžna sila B vzniká pri brzdení alebo hnacím momentom motoru a ich vektorovým súčinom dostávame výslednicu R .



Obr. 23 Kammova kružnica [12]

Na základe veľkosti výslednice R vieme povedať, či sa vozidlo pohybuje po vozovke stabilne alebo nestabilne:

- $R < R_k$ pneumatika sa odvaluje po vozovke správne, vozidlo sa pohybuje stabilne,
- $R > R_k$ dochádza k zablokovaniu pneumatík a vodič stráca kontrolu nad vozidlom.

4.4 NEDOTÁČAVOSŤ A PRETÁČAVOSŤ VOZIDLA

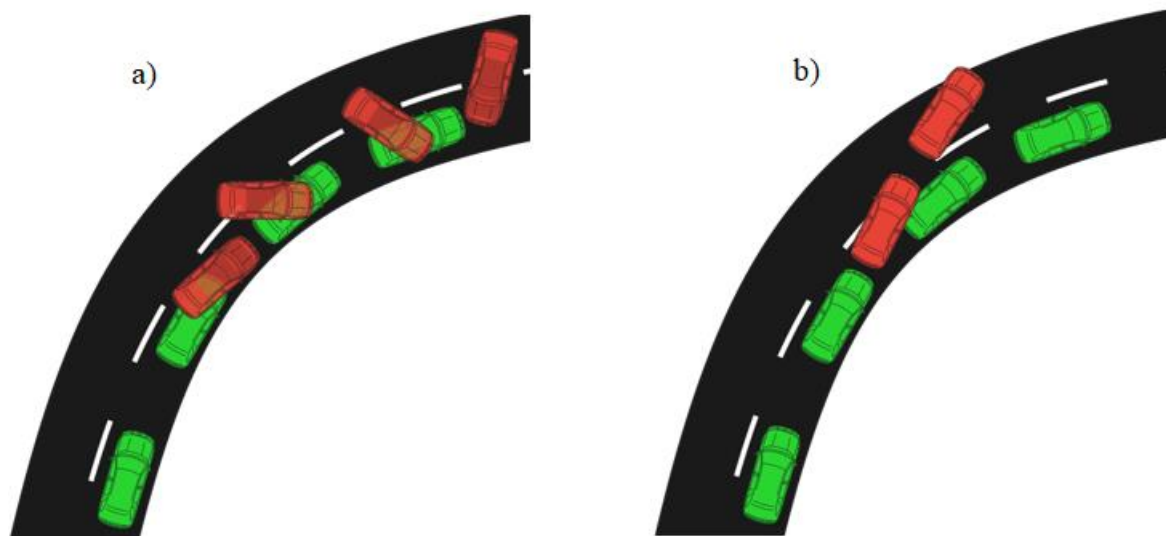
Pri prejazde zákrutou vozidlo reaguje na určité natočenie volantu odozvami, ktoré je možné popísať kinematickými rovnicami. Statický zisk potom nazývame pomer medzi statickou

odzvou vozidla a uhlu natočenia volantu. Je závislý na faktore stability K , ktorý nám určuje, či je vozidlo pretáčavé alebo nedotáčavé. Matematicky môžeme faktor stability vyjadriť

$$K = m \cdot \frac{C_{\alpha z} \cdot l_z - C'_{\alpha p} \cdot l_p}{C'_{\alpha p} \cdot C_{\alpha z} \cdot l}, \quad (16)$$

kde m je hmotnosť vozidla, $C'_{\alpha p}$ smerová tuhosť oboch pneumatík prednej nápravy, $C_{\alpha z}$ smerová tuhosť oboch pneumatík zadnej nápravy, l_z vzdialenosť ťažiska od stredu spojnice zadných kolies a l_p vzdialenosť ťažiska od stredu spojnice predných kolies. [11]

Zo vzťahu (16) môžeme vidieť, že ak $K < 0$ ťažisko vozidla bude bližšie k zadnej náprave [11]. To spôsobí vznik momentu, ktorý bude vozidlo stále viac natáčať do zákruty. Tento jav sa nazýva pretáčavosť a vozidlo sa dostane do pretáčavého šmyku. Väčšinou sa s týmto javom stretne pri vozidlách s pohonom zadnej nápravy. Vozidlo pri vstupe do zákruty stratí príľnavosť na koliesach zadnej nápravy, čo má za následok, že predné koliesá sa natočia do požadovaného smeru, ale zadné pokračujú v priamom smere jazdy. Vodič potom stratí kontrolu nad vozidlom, ktoré sa dostane do nekontrolovanej rotácie a ak vodič šmyk nedokáže zvládnuť je pravdepodobné, že vozidlo vyletí z cesty vonkajším okrajom zákruty (obr. 24a).



Obr. 24 Šmyk: a) pretáčavý, b) nedotáčavý [13]

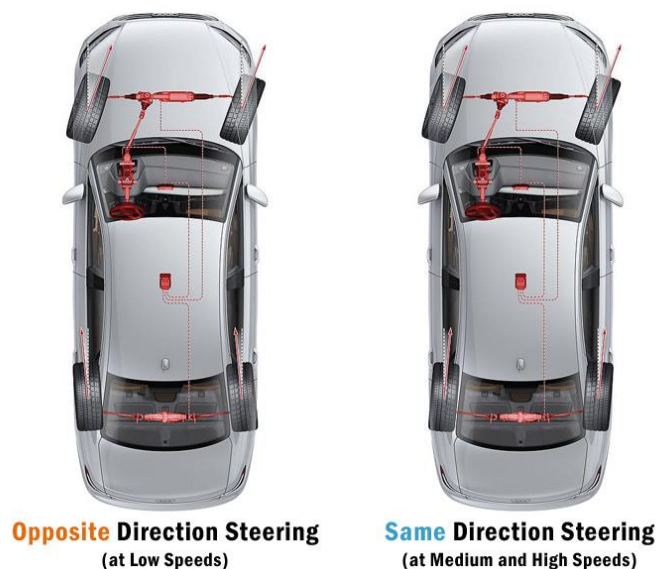
Opačne zase môžeme usúdiť, že ak sa ťažisko bude nachádzať bližšie k prednej náprave zo vzťahu (16) platí $K > 0$ [11]. Vznikne moment, ktorý v tomto prípade nebude natáčať vozidlo a to musí byť do zákruty vedené silou. Tento dej sa nazýva nedotáčavosť a nastáva u vozidiel s pohonom prednej nápravy. Môže nastať v situáciách, keď vozidlo prechádza zákrutou vo vysokých rýchlostiach a pri nepriaznivom počasí. Pri vstupe do zákruty vozidlo začne strácať správnu príľnavosť s vozovkou a je uvedené do šmyku, čo je podporené aj tým, že väčšia hmotnosť vozidla je sústredená v prednej časti. Nedotáčavý šmyk prebieha tak, že vodič zatočí do požadovaného smeru, ale koliesá na tento pokyn nereagujú a vozidlo pokračuje v priamom smere jazdy. Aj v tomto prípade platí, že pri nezvládnutí šmyku vozidlo vyletí von z cesty (obr. 24b).

5 DRUHY RIADENIA

Táto kapitola obsahuje základný popis riadenia vozidiel a vysvetľuje ich funkcie v celkovom systéme vozidla. Riadenie stále prechádza veľkým vývojom, preto je tu obsiahnuté klasické riadenie všetkými štyrmi kolesami a následne aktívne a elektronické riadenie.

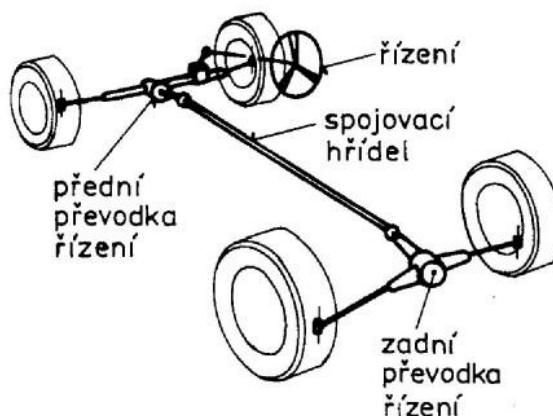
5.1 RIADENIE VŠETKÝMI ŠTYRMI KOLESAMI

Riadenie všetkými štyrmi kolesami je mechanizmus, ktorý pri otáčaní volantu ovláda predné a zadné kolesá. Natáča ich do požadovaného smeru tak, aby sa zabezpečila vyššia bezpečnosť vozidla pri jazde. Ak sa vozidlo pohybuje vysokou rýchlosťou, zadné a predné kolesá sú natáčané v rovnakom zmysle, čo má za následok lepšiu dynamickú ovládateľnosť a zároveň sa zvyšuje celková stabilita vozidla. Pri nižších rýchlostiach systém natáča zadné kolesá v opačnom zmysle ako sa natáčajú predné, čo spôsobuje, že sa vozidlo môže otáčať na menšom polomere, a tým je uľahčené napríklad parkovanie vozidla, alebo prejazd v úzkych uličkách (obr. 25).



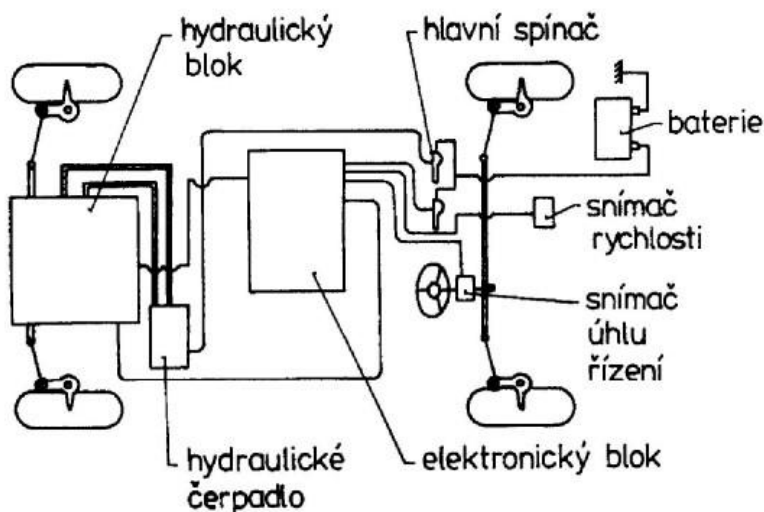
Obr. 25 Princíp systému riadenia všetkými štyrmi kolesami [14]

Automobilové spoločnosti vyvíjali rôzne druhy prevedenia tohto systému. Spoločnosť Nissan prišla s čisto mechanickým systémom HICAS, ktorý fungoval na hydraulickom princípe. Hydraulika bola poháňaná čerpadlom posilňovača riadenia. Hydraulické valce pôsobili na vonkajšie ložiská zadnej nápravy a podľa rýchlosti vozidla, ktorá bola snímaná snímačmi rýchlosti, sa zadné kolesá natáčali buď do súhlasného alebo nesúhlasného smeru. Nakoľko bol tento systém veľmi drahý, nahradil ho jednoduchší, kde sa zadné kolesá ovládali pomocou mechanickej prevodovky riadenia a riadiacimi tyčami. Aby bola zabezpečená správna funkcia tohto systému, bolo potrebné prevodovky riadenia prednej a zadnej nápravy prepojiť. Spoločnosť Honda tieto dve časti vozidla prepojila mechanicke pomocou kĺbového spojovacieho hriadeľa (obr. 26). [1]



Obr. 26 Schéma systému riadenia všetkými štyrmi kolesami od spoločnosti Honda [1]

Spoločnosť Mazda sa tiež zaoberala vývojom systému riadenia všetkými štyrmi kolesami a na prepojenie prednej a zadnej prevodovky riadenia použila elektronicky riadený hydraulický systém. Riadenie zadných kolies bolo regulované na základe rýchlosti jazdy vozidla, ktorá bola snímaná snímačmi (obr. 27). Následne sa dáta vyhodnocovali pomocou elektroniky a pri pohybe vozidla do 35 km/h, sa zadné kolesá otáčali v opačnom zmysle ako predné. Ak vozidlo presiahlo túto rýchlosť, kolesá prednej a zadnej nápravy sa otáčali v rovnakom zmysle. [1]



Obr. 27 Schéma riadenia od spoločnosti Mazda [1]

System riadenia všetkými štyrmi kolesami sa postupom času vyvíjal, aby bola docielená lepšia celková stabilita vozidla. Ak by sme si zhrnuli základné výhody tohto systému, patrili by sem hlavne:

- lepšia a rýchlejšia odozva riadenia,
- lepšia stabilita vozidla v zákrutách a na náročnejších terénoch (napr. zasnežená alebo klzká vozovka),
- lepšia ovládateľnosť vozidla v úzkych priestoroch pri nízkych rýchlostiach,
- zmena jazdného pruhu na diaľnici bez potreby veľkého rýchlenia.

Tento systém riadenia so sebou prinášal ale aj určité nevýhody:

- drahšia cena vozidla,
- náročnejšia a nákladnejšia údržba,
- zvýšená spotreba paliva,
- nižšia maximálna rýchlosť.

Aj keď systém riadenia všetkými štyrmi kolesami začal so svojím vývojom už v 80. rokoch minulého storočia, po čase začalo použitie systému v osobných vozidlách upadať, hlavne z dôvodu náročnej výroby. Stále boli a sú používané najmä v nákladných vozidlách a stavebných strojoch. V posledných rokoch sa ale znova začalo pracovať na jeho zdokonaľovaní, nakoľko spoločnosti chcú, aby bolo ovládanie vozidla čo najlepšie, hlavne z dôvodu bezpečnosti v kritických situáciách. Dnes sa s týmto systémom môžeme stretnúť hlavne u renomovaných značiek ako sú napríklad BMW, Mercedes – Benz, Porsche, Ferrari a Lamborghini [14].

Ak by sme sa pozreli na tento koncept riadenia, ktorý priniesla na trh spoločnosť Mercedes – Benz v roku 2021 vo svojej triede S, kolesá zadnej nápravy sú schopné sa natočiť do nesúhlasného smeru až o 10° pri pohybe vozidla do 60 km/h. Tento efekt spôsobí skrátenie polomeru otáčania až o 1,9 m, čo má za následok ľahké otáčanie vozidla na malom priestore. Aj keď sa jedná o veľmi pôsobivý jav, nie je isté, či sa bude v budúcnosti objavovať vo všetkých vozidlách, nakoľko zakomponovanie tohto systému do vozidla vyžaduje úplne nový návrh konštrukcie. [15]

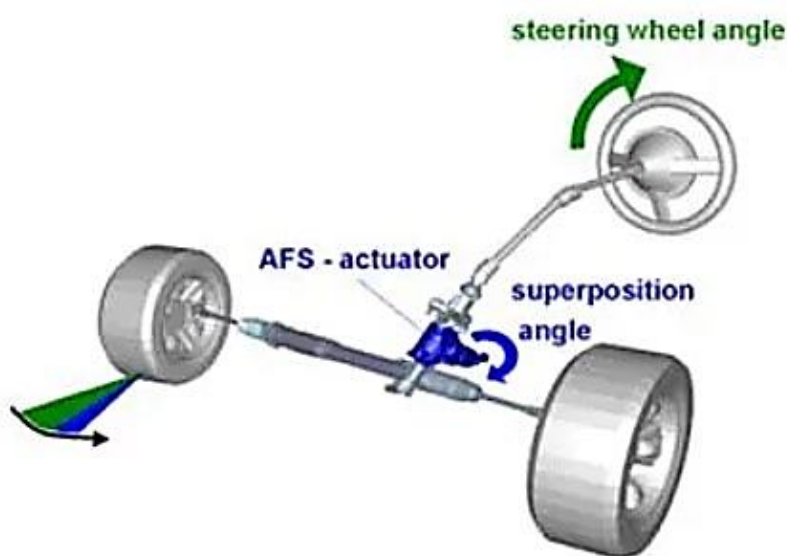
5.2 AKTÍVNE RIADENIE

Aktívne riadenie zabezpečuje zmenu prevodu riadenia na základe rýchlosti pohybujúceho sa vozidla. Pri nižších rýchlostiach zabezpečuje nízky prevod, čo má za následok menšie točenie volantom. Naopak, pri vyšších rýchlostiach sa prevod zvyšuje, čo zlepšuje smerovú stabilitu vozidla. Ako prvý s týmto riadením prišlo na trh BMW, ktoré vytvorilo tento druh riadenia pre zvýšenie aktívnej bezpečnosti v kritických situáciách ako je brzdenie na nepriľnavom povrchu vozovky, vyhybanie sa pred nežiadúcimi prekážkami alebo pri nedotáčavom šmyku. Celkový zmysel tohto riadenia je uľahčovanie práce a zvyšovanie komfortu vodiča pri riadení.

Základom aktívneho riadenia od spoločnosti BMW je planétová prevodovka, ktorá je súčasťou posilňovača riadenia. Skladá sa z dvoch vstupných hriadeľov, z toho je jeden spojený s volantom a druhý s otáčajúcim sa elektromotorom cez závitové súkolie. Práve elektromotor slúži na optimálne menenie prevodového pomeru, ktorý závisí na aktuálnej rýchlosti vozidla a typu vozovky. Pri pomalejšej jazde (napr. parkovaní) elektromotor pracuje v rovnakom zmysle otáčania ako volant, čo spôsobuje väčšie natočenie predných kolies a potrebná riadiaca sila je menšia. Pri rýchlejšej jazde je zvýšená jazdná stabilita, nakoľko rastie ovládacia sila na volante. [1]

Vývojom aktívneho riadenia sa neskôr začali zaoberať aj iné spoločnosti. Audi a Toyota majú aktívne riadenie konštrukčne realizované inak (obr. 28). Používajú harmonický prevod, ktorý je zložený z vnútorného rotora s ložiskom, poháňaný elektromotorom. Tenké a deformovateľné ozubené koleso je spojené so vstupným hriadeľom riadenia a korunové koleso je spojené s výstupným hriadeľom elektromotora. Pre správnu funkciu harmonického prevodu je

potrebné, aby centrálné a korunové koleso obsahovali rozdielny počet zubov a tvar rotora musí byť eliptický. Zmena prevodu nastáva pri natočení vnútorného kolesa pomocou elektromotora, čím sa zmení aj plocha zubov v zábere a medzi korunovým a centrálnym kolesom nastane relatívny pohyb. Tento systém sa nazýva aktuátor a je súčasťou stĺpika riadenia. Medzi jeho hlavné výhody patrí plynulosť a rýchlosť zmeny prevodu. Je vybavený aj blokovacím mechanizmom, ktorého úlohou je deaktivácia zmeny prevodu pri poruche vozidla. [16]

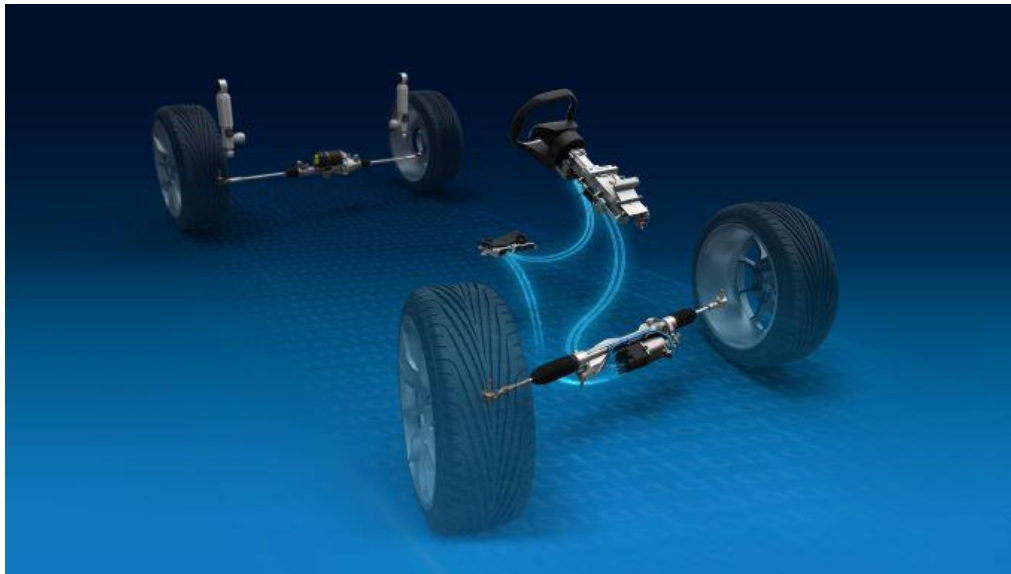


Obr. 28 Aktívne riadenie s aktuátorom [17]

Spoločnosť Renault prišla na trh s aktívnym riadením predných kolies, ktorý tiež zabezpečuje aktívnu bezpečnosť a komfort celkovej jazdy. Jeho hlavným rozdielom oproti vyššie uvedeným konštrukciám je modul, ktorý je zabudovaný medzi volantom a ozubenou tyčou. Modul je tvorený planétovým súkolím, ktoré môže byť ovládané vodičom pomocou volantu a aj elektromotorom riadeným riadiacou jednotkou.

5.3 ELEKTRONICKÉ RIADENIE

Elektronické riadenie tiež nazývané riadenie "steer-by-wire" je najnovšie vyvinuté, plne automatizované riadenie, ktoré je stále vyvíja a zdokonaľuje. V tomto prevedení riadenia sa už nenachádza stĺpik riadenia, ktorý v iných druhoch spájal volant a prevodovku riadenia. Elektronické riadenie pozostáva z ovládača volantu, ovládača hrebeňa riadenia a množstva softvérových funkcií (obr. 29). Zdrojom riadiacej sily je elektromechanický ovládač, nachádzajúci sa medzi kolesami vozidla. Všetky vstupy, ktoré vodič dáva vozidlu pomocou volantu sú elektronicky snímané a prenášané do riadiacich jednotiek. Tie vyhodnocujú vstup spolu s ďalšími informáciami ako je rýchlosť jazdy vozidla a až potom dodajú potrebné signály do systému, ktorý ovláda hrebeň riadenia. Elektronika tiež filtruje nežiadúcu spätnú väzbu od predných kolies a dodáva relevantné signály generátoru sily na volante. To vodičovi poskytuje primeraný odpor a spätnú väzbu. [18]



Obr. 29 Elektronické riadenie [19]

Medzi výhody elektronického riadenia patrí vysoká bezpečnosť jazdy. Ak sa vozidlo dostane do kritickej situácie, systém sám vyhodnotí potrebné natočenie kolies na uvedenie vozidla naspäť do stabilnej polohy. Nakoľko bol stĺpik riadenia z konštrukcie odstránený, vozidlo má menšiu celkovú hmotnosť a tiež väčší priestor pre nohy na predných miestach. Konštruktéri tiež pracujú na modifikácii volantu, ktorý je vo vozidlách "steer-by-wire" menší a schopný sa elektronicky stiahnuť do palubnej dosky. Redukcia celkovej konštrukcie elektronického riadenia je tiež výhodou, pretože existuje menej komponentov, ktoré by sa pri zrážke vozidla s nežiadúcou prekážkou dostali do interiéru vozidla a tiež poskytuje viac priestoru na inštaláciu ďalších bezpečnostných airbagov. Ďalšou výhodou je ľahšie prispôbenie ovládania riadenia na jednotlivé cestné podmienky a rýchlosť. Pri nižších rýchlostiach môže byť riadenie odľahčené, čo umožňuje vodičovi lepšie ovládanie vozidla.

Aj keď má tento systém riadenia veľa výhod, existujú aj nevýhody, ktoré sú stále v procese riešenia. Nakoľko je systém plne elektronický, treba brať do úvahy aj jeho prípadné zlyhanie. Preto sa zatiaľ systémy spoliehajú na mechanickú zálohu, ktorá má zabrániť strate kontroly vozidla.

6 POKROČILÉ SYSTÉMY RIADENIA

V posledných rokoch prešlo riadenie veľkým vývojom, čo má za následok zavádzanie pokročilých systémov riadenia do konštrukcie vozidla. Ich hlavným cieľom je pomáhať vodičovi pri riadení v kritických situáciách a znížiť počet nehôd, ktoré sú spôsobené nielen prekážkami, ale aj nepozornosťou vodiča pri riadení. Celkovo tieto systémy slúžia na zvyšovanie bezpečnosti a komfortu jazdy.

6.1 JAZDNÉ REŽIMY

Súčasnú vozidlá sú riadené riadiacou jednotkou motora, ktorá ovláda hlavné komponenty vozidla ako sú prevodovka, zavesenie kolies, riadenie a brzdenie. Na základe tohto systému bolo možné do vozidiel zakomponovať jednotlivé jazdné režimy, ktoré sú schopné meniť charakteristiku ovládateľnosti, dynamiku a efektívnosť vozidla. Všetky tieto charakteristiky je vodič schopný meniť sám pomocou dotykovej obrazovky alebo gombíkov na stredovej konzole. Na základe vybraného módu jazdy elektronika upraví jazdné vlastnosti vozidla do požadovaného režimu. Vozidlo je od výroby prednastavené v režime Normal, kde je nastavený správny pomer medzi ovládateľnosťou a komfortom jazdy. Podľa typu vozovky a jazdných podmienok si vodič môže vybrať z nasledujúcich režimov: [20]

- Comfort,
- Sport,
- Eco,
- Individual.

Jazdný režim Comfort zabezpečuje hladký a plynulý pohyb vozidla po vozovke. Volant má menší odpor, čo poskytuje vodičovi ľahké riadenie, celkový príjemný pocit z jazdy a taktiež zabezpečuje mäkké tlmenie nárazov od nerovnej vozovky. Aktivovaná je aj funkcia štart/stop, ktorá slúži na zníženie spotreby paliva, nakoľko sa motor vypne, keď vozidlo zastaví (napr. na semaforoch, v kolóne) a následne zapne, keď vodič stlačí plynový pedál pri vozidlách s automatickou prevodovkou, alebo po stlačení spojkového pedálu pri vozidlách s manuálnou prevodovkou. Tento režim zabezpečuje stabilnejší chod vozidla v zákrutách a je vhodný na dlhé vzdialenosti.

Ďalším typom jazdného režimu je Sport. Aktivovaním tohto režimu nadobudne vozidlo športové charakteristiky, má rýchlejšiu odozvu na akceleráciu. Riadenie je prudšie a presnejšie, zvýši sa dostupný výkon vozidla tým, že motor dostáva viac paliva. Dynamika a stabilita ale ostávajú nezmenené a je deaktivovaná funkcia štart/stop.

Režim, ktorý zabezpečuje ekologickejšie a energeticky efektívnejšie riadenie je režim Eco. Pri jeho aktivovaní sa na palubnom displeji zobrazí ekometer, ktorý vodičovi ukazuje hospodárnosť jeho jazdy. Pri uvoľnení plynového pedálu sa prevodovka automaticky odpojí od motora, čo má za následok klesnutie otáčok na voľnobeh, kde sa využíva kinetická energia vozidla. Tento režim jazdy znižuje celkovú spotrebu paliva a tiež je aktivovaná funkcia štart/stop, ktorá k tejto úspore prispieva.

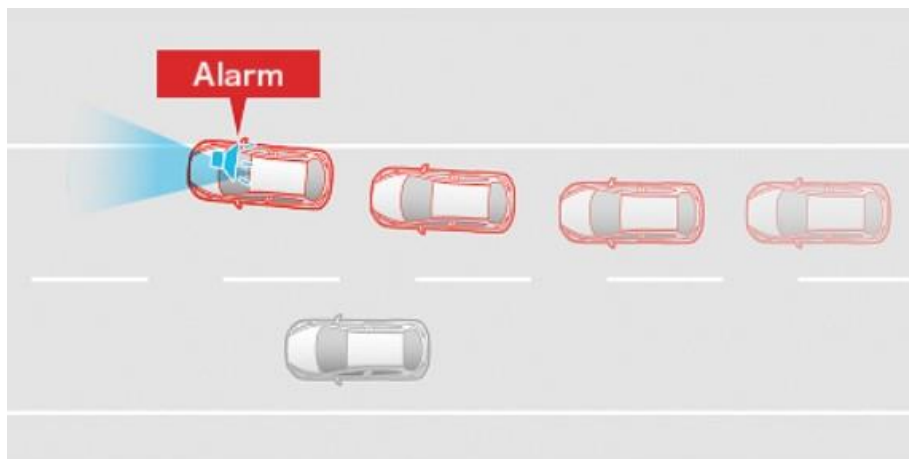
Posledným štandardným riadiacim režimom je režim Individual. V tomto prípade si vodič dokáže nastaviť požadovaný štýl jazdy. Sám si môže upraviť požadované parametre ako sú

vôľa riadenia, charakteristika hriadeľa volantu a brzdenia, odpruženie vozidla a tiež volí, či je systém štart/stop aktivovaný alebo deaktivovaný. Toto nastavenie si vodič môže uložiť a následne znova použiť alebo upraviť.

6.2 SYSTÉMY NA UDRŽANIE VOZIDLA V JAZDNOM PRUHU

Existuje veľké množstvo druhov systémov, ktoré majú za úlohu udržiavať vozidlo v priamom smere jazdy. Kamera umiestnená v prednej časti vozidla sníma polohu vozidla na ceste, na základe vzdialenosti od pruhov na vozovke. Ak vodič stratí pozornosť pri riadení a vozidlo začne vybočovať z jazdného pruhu, systém túto zmenu zaznamená a upozorní vodiča hlasnými signálmi, vibráciou volantu alebo vibráciou sedadla, aby mohol vodič reagovať a uviesť vozidlo naspäť do priameho smeru (obr. 30). Ak sa stane, že vozovka má porušené pruhy, alebo nie sú viditeľné (napr. zasnežené), systém na to vodiča upozorní pomocou svetelných znamení na palubovej doske.

V dnešnej dobe už existujú aj systémy, ktoré vozidlo po vybočení navedú naspäť do požadovaného smeru. Tak ako aj v predchádzajúcom prevedení aj tu kamera sníma jazdnú dráhu a pri neželanom vybočení vozidla vysiela vodičovi signály. Ak ale vodič na signály nereaguje, systém prevezme kontrolu nad vozidlom a dostane ho naspäť do priamej jazdy. Na zabezpečenie tohto manévru sa väčšinou používa prevodovka riadenia, ktorá priamo otáča volantom, ale môžeme sa stretnúť aj s tým, že systém jemne zabrzdí kolesá na jednej strane, čo natočí vozidlo naspäť do priameho smeru.



Obr. 30 Prevedenie funkcie systému na udržanie vozidla v jazdnom pruhu [21]

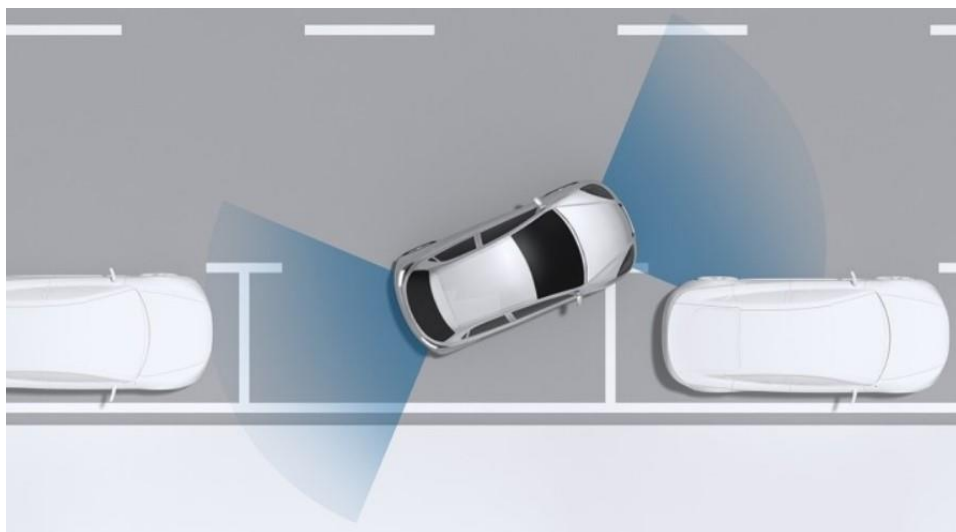
Iné systémy snímajú kondíciu vodiča pri riadení. Na základe toho ako pravidelne vodič žmurká, systém vyhodnocuje, či je vodič v bdelom stave alebo upadá do mikrosnánku. Tento snímač bol do systému pridaný na základe výskumov, ktoré poukazovali na to, že veľká časť dopravných nehôd je spôsobená tým, že vodič sadne do vozidla unavený.

Systémy na udržanie vozidla v jazdnom pruhu sú automaticky nastavené tak, že sa pri rýchlostiach pod 70 km/h automaticky vypne, aby nerušil vodiča napríklad pri jazde v meste, kde je niekedy vybočenie z pruhu v závislosti na stave premávky nevyhnutné. Je ale možné, aby sa systém mohol vypnúť a zapnúť aj manuálne.

[22]

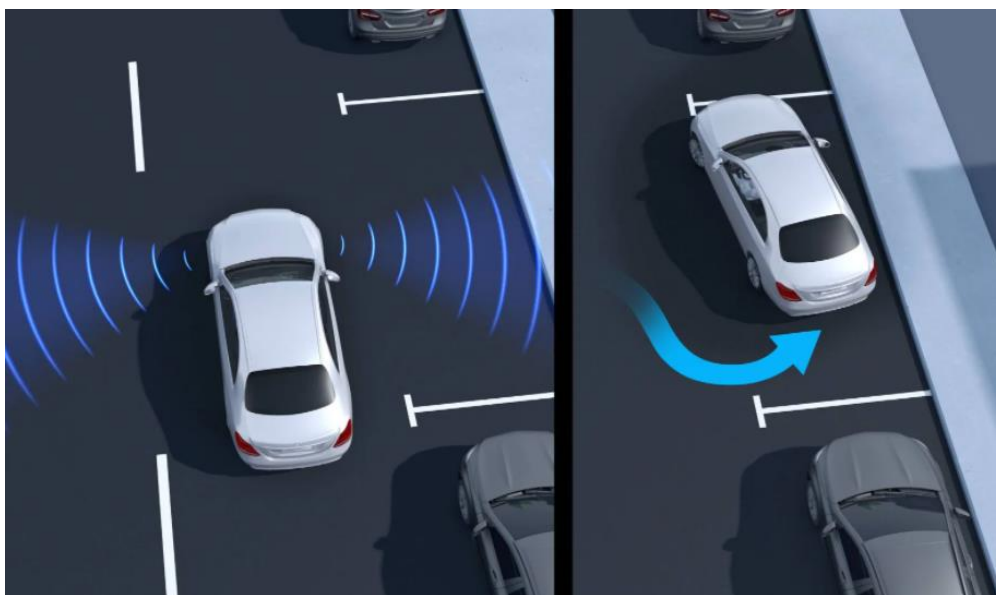
6.3 AUTONÓMNE PARKOVANIE

Väčšina súčasných vozidiel je vybavená systémom, ktorý uľahčuje parkovanie (APS). Funguje na princípe vysielania ultrazvukových signálov zo snímačov, ktoré následne vyhodnocujú priestor v okolí vozidla (obr. 31). Na základe toho vodič dostáva potrebné informácie o vzdialenosti prekážok, pomocou zvukových signálov. Snímače sú umiestnené v prednej časti vozidla, ktoré sú aktivované pri nízkych rýchlostiach a aj v zadnej časti, ktoré sa aktivujú pri zaradení spiatocky. [22]



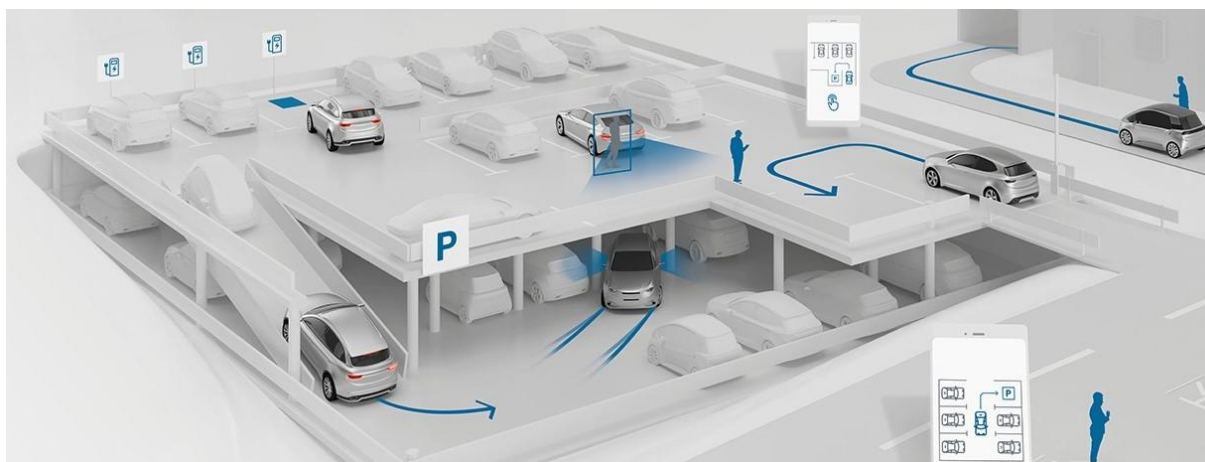
Obr. 31 Snímače na kontrolu prostredia v okolí vozidla [23]

Ďalším krokom vo vývoji zlepšenia parkovacieho systému je poloautonómne parkovanie, tzv. parkovací asistent, ktorý pomáha vodičovi uľahčiť celkový proces parkovania a zabrániť prípadným škrabancom na vozidle a nárazom o nežiadúce prekážky pri parkovaní v úzkych priestoroch. Keď vodič príde na parkovisko, zapne systém, ktorý začne snímať okolité prostredie a hľadá miesto vhodné pre zaparkovanie vozidla. Snímače fungujú na princípe ultrazvukového alebo elektromagnetického detegovania. Systém hľadá vhodné parkovacie miesto na základe jeho veľkosti, veľkosti vozidla a schopnosti manévrať. Keď systém nájde priestor, ktorý spĺňa potrebné požiadavky, informuje o tom vodiča, ktorý stlačí tlačidlo na aktiváciu parkovacieho asistenta. Pred začatím parkovania sa vyhodnotia ešte potrebné otáčky volantu, potrebný počet manévrov a prebehne výpočet optimálnej cesty do priestoru. Následne vodič pustí ruky z volantu a vozidlo je uvedené do pohybu s podporou elektronického posilňovača riadenia. Pri pohyboch na požadované parkovacie miesto systém dáva vodičovi požiadavky ohľadom toho, kedy má pribrzdiť alebo pridať plyn (obr. 32). Parkovací asistent slúži nielen na pomoc pri zaparkovaní vozidla, ale aj na jeho vyparkovanie tým, že vozidlo nasmeruje do polohy, ktorá je najvhodnejšia pre bezpečný a plynulý výjazd z parkovacieho miesta. Nakoľko je tento systém riadenia poloautonómny, vodičovi po celý čas ostáva kontrola nad vozidlom a manéver môže prerušiť tým, že volant zase uchopí. S týmto systémom parkovania sa v dnešnej dobe stretávame hlavne pri elektrických vozidlách. [22] [24]



Obr. 32 Princíp fungovania parkovacieho asistenta [25]

Veľkým míľnikom vývoja systémov riadenia sa stalo predstavenie úplného autonómneho systému parkovania (AVP) na základe spolupráce spoločností Bosch a Mercedes – Benz. Tie prišli s návrhom autonómnej parkovacej garáže, ktorá poskytuje úplné zaparkovanie vozidla bez potreby vodiča za volantom (obr. 33). Pred vstupom do garáže vodič zadá do systému ŠPZ svojho vozidla, čím sa rezervuje miesto na parkovanie. Následne pri vstupe cez rampu kamera nasníma ŠPZ a umožní vstup do garáže. Na príslušnom mieste vodič z vozidla vystúpi a pomocou aplikácie v smartfóne zadá príkaz na zaparkovanie. Na to, aby sa vozidlo vedelo pohybovať správnym smerom, systém používa preddefinovanú mapu garáže a taktiež sú na stropoch umiestnené kamery, ktoré snímajú celé prostredie a dávajú serveru systému vozidla informácie o stave vozovky. Synchronizáciou systému vo vozidle a kamier v okolí sa zabezpečí plynulý výpočet príkazov, ktoré navedú vozidlo na požadované miesto. Neskôr, keď chce vodič vozidlo vyparkovať, systém funguje rovnako. Na príkaz pomocou aplikácie sa vozidlo dostane na požadované miesto, kde si ho vodič následne vyzdvihne. [26]



Obr. 33 Autonómna parkovacia garáž [26]

Nakoľko mal tento projekt veľký úspech, je možné očakávať, že sa dostane aj do každodennej premávky. Celkovo autonómny systém zvyšuje bezpečnosť, rýchlosť parkovania a tiež znižuje rozlohu miesta potrebnú pre vozidlo, pretože netreba rátať s priestorom, ktorý je potrebný na vystúpenie posádky z vozidla. Systém tiež dokáže zaparkovať vo veľmi úzkych priestoroch bez toho, aby došlo k poškodeniu vozidla. Redukciou parkovacieho priestoru sa následne zvýši celková kapacita parkovacích miest až o 20%. [26]

7 KONŠTRUKCIE RIADENIA V MODERNÝCH VOZIDLÁCH

Dnes sa na cestách stretávame s množstvom typov vozidiel, ktoré na pohon využívajú klasický spaľovací motor, elektromotor alebo ich kombináciu. Každá spoločnosť vyvíja svoj vlastný typ vozidla s parametrami špecifickými pre určitý model. Avšak ako môžeme vidieť v tab. 1, nezáleží na tom, či sa jedná o osobné vozidlá klasické, hybridy alebo elektrické, všetky sú vybavené jedným typom riadenia, a to je hrebeňové. Je to hlavne z toho dôvodu, že tento typ je nenáročný na výrobu, zabezpečuje veľmi presné riadenie a vodič nemusí vynakladať veľkú silu na ovládanie.

Tab. 1 Osobné vozidlá

| Osobné vozidlá | Riadenie | Posilňovač riadenia | Riaditeľná zadná náprava |
|-----------------|-----------|---------------------|--------------------------|
| Audi A6 | hrebeňové | elektrický | áno |
| Renault Austral | hrebeňové | elektrický | áno |
| BMW M3 | hrebeňové | elektrický | áno |
| Hyundai Tuscon | hrebeňové | elektrický | áno |
| Škoda ENYAQ | hrebeňové | elektrický | áno |

Čo sa týka posilňovačov riadenia, ktoré v dnešnej dobe musí obsahovať každé osobné vozidlo, môžeme vidieť, že všetky uvedené typy sú vybavené elektrickým posilňovačom riadenia. Je to z toho dôvodu, že tento typ už nepotrebuje na svoju funkciu používať olej, čím sa znižuje jeho hmotnosť a zvyšuje sa životnosť. Celková funkcia je zabezpečená elektronickými komponentami.

Zároveň v tab. 1 vidíme, že dnešné osobné vozidlá sú vybavené systémom riaditeľnej zadnej nápravy. Tento systém pomáha pri prejazde zákrutami v nízkych rýchlostiach. Systém natiča zadné kolesá v opačnom smere, ako sa natičajú predné, čím sa zlepšuje ovládateľnosť vozidla v úzkych uličkách a v mestskej doprave. Ak sa vozidlom vchádza do zákruty vyššou rýchlosťou, zadné a predné kolesá sa natičajú v rovnakom zmysle, čo zabezpečuje stabilnejší prejazd.

Tab. 2 Úžitkové vozidlá

| Úžitkové vozidlá | Riadenie | Posilňovač riadenia | Riaditeľná zadná náprava |
|------------------------|-----------|---------------------|--------------------------|
| Volkswagen ID. Buzz | hrebeňové | elektrický | áno |
| Ford Transit | hrebeňové | elektrický | neuvadené |
| Citroën Berlingo van | hrebeňové | elektrický | neuvadené |
| Peugeot Expert | hrebeňové | elektrický | neuvadené |
| Mercedes Benz Sprinter | hrebeňové | elektrický | neuvadené |

Ak sa pozrieme na tab. 2, kde sú uvedené modely tohtoročných úžitkových vozidiel, môžeme vidieť, že typ riadenia a posilňovačov je rovnaký ako v osobných vozidlách. V súčasnosti sa čoraz viac stretávame aj s elektrickými úžitkovými vozidlami, ale ani u nich sa hlavné časti ovládania nemenia.

Čo sa týka systému riaditeľnosti zadnej nápravy, jediná spoločnosť, ktorá tieto informácie zverejnila, je Volkswagen pri svojom modeli ID. Buzz. Pri bežných vozidlách starších modelov nebol tento systém dostupný. Je ale možné, že neskôr budú týmto systémom vybavené aj ostatné úžitkové vozidlá.

8 VÝVOJOVÉ TRENDY

V poslednej dekáde si konštrukcia riadenia prešla veľkým vývojom. Spoločnosti sa snažia, aby bol celkový systém kompaktnější, bolo zabránené vysokému treniu medzi jednotlivými časťami riadenia a tiež chcú maximalizovať tuhosť konštrukcie. Ďalším krokom v nových prevedeniach konštrukcie riadenia je docielenie jednoduchosti komponentov a ich redukciu v celkovom systéme riadenia. To má vplyv na zmenšenie hmotnosti celkového vozidla a samozrejme sa to deje hlavne z finančných dôvodov. Tým, že sa systém elektrifikuje v niektorých prevedeniach vozidiel, už odpadá potreba stĺpiku riadenia.

Ako je vidieť v predchádzajúcej kapitole, aj keď dnešná doba ponúka na trhu veľké množstvo vozidiel s rôznymi druhmi pohonných jednotiek, všetky typy obsahujú hrebeňové riadenie s elektrickým posilňovačom riadenia, nakoľko tieto dva komponenty spĺňajú vyššie uvedené požiadavky kladené na konštrukciu riadenia. Je ale možné, že sa v nasledujúcich rokoch stretne s novými konštrukciami prevodoviek riadenia alebo posilňovačmi riadenia a z celkovej konštrukcie sa vytratia aj ďalšie komponenty, ktoré nahradia elektrické systémy a ich funkcie. Či to ale bude mať priaznivý dopad na celkové riadenie vozidiel, je otázne.

Na riadenie sú taktiež kladené veľké požiadavky z hľadiska bezpečnosti. Do popredia prichádzajú elektronické vozidlá, kde sa využívajú hlavne elektronické systémy a pri ich vývoji sa pozerá najmä na zvýšenú bezpečnosť vodičov a pasažierov. Výskumy ukázali, že nemalé percento nehôd je spojené tým, že vodiči majú niekedy pomalé reakcie alebo sadajú za volant unavení. Tieto systémy sa snažia tomuto zabrániť. Na základe týchto požiadaviek sú vozidlá vybavené veľkým množstvom bezpečnostných systémov, ktoré snímajú cestu, stav vozidla a vozovky a pri hrozbe kolízie upozorňujú vodiča, aby jej mohol predísť. V súčasnosti sa v najmodernejších vozidlách stretávame aj s bezpečnostnými systémami, ktoré sa pomocou elektronických komponentov vyhnú kolízii bez potreby zásahu vodiča.

Ďalším druhom systémov, ktoré obsahujú moderné vozidlá sú také, ktoré uľahčujú vodičovi prácu za volantom, preberajú časť práce za neho, napríklad uľahčujú parkovanie alebo zodpovedajú za časť riadenia na rovných cestách za vodiča. Toto všetko bolo do vozidiel zakomponované na základe zvýšenia komfortu pri jazde.

Môžeme povedať, že všetky tieto systémy slúžia na zabezpečenie poloautonómneho riadenia vozidiel. Nie je ale žiadnym tajomstvom, že sa automobilové spoločnosti snažia o vývoj plne autonómnych vozidiel, kde by sa vodič stal len pasažierom a nebol by potrebný jeho zásah do riadenia. Hlavne v posledných rokoch bol v tejto oblasti zaznamenaný veľký pokrok, ale príchod autonómneho riadenia na trh medzi bežných užívateľov motorových vozidiel nie je ešte úplne potvrdený. Najviac vyvinutý systém, ktorý môžeme označiť za začiatok autonómnych vozidiel, je parkovací systém a nájdeme ho už v niektorých elektrických automobiloch. Je teda pravdepodobné, že v nasledujúcich možno desiatich rokoch sa stretne na cestách s prvými autonómnymi vozidlami.

Pri autonómnom riadení musíme zobrať do úvahy jednu dôležitú vec a tou sú elektrické systémy. Aj keď je dnešná doba pokročilá, stále musíme rátať s ich zlyhaním. Preto nastáva jedna dôležitá otázka. Čo sa stane ak systém plne autonómneho riadenia zaznamená chybu a vozidlo zlyhá uprostred preplnenej cesty? Ak by autonómne vozidlo bolo redukované o mechanickú časť konštrukcie, vďaka ktorej by bol vodič schopný prevziať kontrolu nad riadením a uviesť vozidlo naspäť do stabilnej polohy, došlo by k fatálnej nehode. Z tohto hľadiska teda nie je možné, aby vozidlo bolo plne autonómne a podľa môjho názoru bude stále

potrebné, aby bol vodič schopný v takýchto situáciách prevziať kontrolu, čo znamená, že musí byť aj tak stále v strehu a sledovať stav cesty a vozidla ako doposiaľ.

Aj keď sa spoločnosti snažia o čo najlepšie prevedenie poloautonómneho riadenia, bežní používatelia vozidiel nemajú na neho veľmi pozitívny názor. Niektorí vodiči sa necítia komfortne, keďže nemajú plnú kontrolu nad vozidlom a v niektorých prípadoch systémy reagujú inak, ako by reagoval človek. Na základe všetkých týchto poznatkov je teda otázkou, či sa podarí v budúcnosti skonštruovať také autonómne vozidlá, ktoré by spĺňali všetky bezpečnostné požiadavky a zároveň by boli vodiči spokojní s ich nastavením. Je možné, že sa v budúcnosti stretne s veľkým nárastom tohto druhu riadenia, ale nevieme s istotou povedať, či sa tento typ riadenia na trhu aj udrží a vodiči sa nebudú chcieť naspäť vrátiť ku klasickému mechanickému druhu.

ZÁVER

Pri písaní bakalárskej práce som sa zaoberala konštrukciou riadenia vozidiel. Hlavným cieľom práce bolo vytvoriť prehľad základných prvkov konštrukcie, potrebného nastavenia geometrie kolies, zhrnutie jednotlivých druhov riadenia, s ktorými sa stretávame vo vozidlách. Taktiež je tu opísaná funkcia jednotlivých komponentov, ako aj celkového riadenia vo vozidle. Z dôvodu veľkého množstva požiadaviek, ktoré musí riadenie spĺňať, obzvlášť čo sa týka bezpečnosti, stability a pohodlia jazdy zo strany vodiča, bolo potrebné vziať do úvahy aj jednotlivé vplyvy, ktoré pôsobia na vozidlo pri riadení a je nutné im prispôbiť návrh celkovej konštrukcie riadenia.

Riadenie prešlo v posledných rokoch veľkým vývojom a každým krokom sa snažia spoločnosti zlepšovať celkovú bezpečnosť jazdy a uľahčovať prácu vodičovi pri riadení. Z tohto dôvodu bolo potrebné oboznámiť sa aj s elektrickými systémami, ktoré sú zakomponované do najnovších modelov vozidiel a s ich funkciami, ktoré prispievajú k zabezpečeniu týchto požiadaviek. Po spracovaní všetkých základných informácií týkajúcich sa riadenia vozidla, som vytvorila prehľad osobných a úžitkových vozidiel, ktoré boli alebo budú uvedené na trh tento rok a následne zhodnotila typy riadenia, druhy posilňovačov riadenia, ktorými sú vybavené a tiež či obsahujú systém pre riaditeľnosť zadnej nápravy.

Súčasný vývoj je sústredený hlavne na zdokonaľovanie elektrických vozidiel a dosiahnutie plne autonómneho riadenia. Pomocou nadobudnutým informácií z oblasti riadenia je na záver vyslovená predikcia budúceho vývoja, či už po elektrickej alebo mechanickej stránke.

POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 3. přeprac., rozš., aktualiz. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2006, 464 s. : il. ISBN 80-239-6464-X.
- [2] Polomer rejdu. *Autolexicon* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/polomer-rejdu-r/>
- [3] Záklon rejdové osy a závlek. *Autolexicon* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/zaklon-rejdove-osy-a-zavlek/>
- [4] Zbiehavosť kolies. In: *Autorubrik* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/geometria-kolies/2/>
- [5] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily. (1), Podvozky*. 6. vydání. Brno: Avid, spol. s r.o, 2018, 245 stran : ilustrace (převážně barevné). ISBN 978-80-87143-40-7.
- [6] Riadenie áut, ako funguje a z čoho sa skladá?. *TopSpeed* [online]. 2017 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.topspeed.sk/poradna/riadenie-aut-ako-funguje-a-z-coho-sa-sklada/12724>
- [7] Riadenie a druhy posilňovačov riadenia osobného automobilu. *Autorubrik* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/riadenie-a-druhy-posilnovacov-riadenia-osobneho-automobilu/>
- [8] Riadiaca tyč. In: *MOOG parts* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.moogparts.com/parts-matter/all-about-tie-rods.html>
- [9] Posilňovač riadenia, jeho funkcia, najčastejšie používané druhy. *AutoRide* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://autoride.sk/posilnovac-riadenia-jeho-funkcia-najcastejsie-pouzivane-druhy>
- [10] REIMPELL, Prof. Dipl.-Ing. Jörnßen, Dipl.-Ing. Helmut STOLL a Prof. Dr.-Ing. Jürgen W. BETZLER. *The Automotive Chassis*. Second edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. ISBN 0 7506 5054 0.
- [11] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel: jízdní odpory : hnací charakteristika : brzdění : odpruženost : řiditelnost, ovladatelnost : stabilita*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5273-6.
- [12] Kammova kružnice prilnavosti. *Autolexicon* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/kammova-kruznice-prilnavosti/>
- [13] Pretáčavý a nedotáčivý šmyk. In: *AutoBlink* [online]. 2019 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://autoblink.sk/pretacavy-a-nedotacavy-smyk-aky-je-medzi-nimi-rozdiel/>
- [14] Car with 4 wheel steering. *Car Treatments* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://cartreatments.com/cars-with-4-wheel-steering/>

- [15] Test drive the 2021 Mercedes – Benz. *FOX News* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.foxnews.com/auto/test-drive-the-2021-mercedes-benz-s580s>
- [16] Aktívne riadenie. *Autoviny* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.autoviny.sk/novinky/1068/technika-aktivne-riadenie>
- [17] Aktívne riadenie s aktulátorom. In: *Automotive IQ* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://automotiveiq.wordpress.com/2011/07/28/active-front-steering/>
- [18] Vehicle motion control. *ZF* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.zf.com/mobile/en/technologies/domains/vehicle_motion_control/stories/sbw.html
- [19] Elektronické riadenie. In: *JUST AUTO* [online]. 2021 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.just-auto.com/interview/zf-on-brake-controls-steer-by-wire-and-sourcing-chips/>
- [20] Režimy jazdy. *VolvoCars* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.volvocars.com/sk/support/manuals/s90/2019w46/startovanie-a-jazda/rezimy-jazdy/rezimy-jazdy>
- [21] Prevedenie funkcie systému na udržanie vozidla v jazdnom pruhu. In: *Mazda* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: https://www.mazda.com/en/innovation/technology/safety/active_safety/ldws/
- [22] VLK, František. *Automobilová elektronika: asistenční a informační systémy. 1.* Brno: Prof.Ing.František Vlk,DrSc.,nakladatelství a vydavatelství, 2006, 269 stran : černobílé ilustrace. ISBN 80-239-6462-3.
- [23] Snímače na kontrolu prostředí v okolí vozidla. In: *BOSCH* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/parking/parking-aid/>
- [24] Parking assist. *BOSCH* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/parking/parking-assist/>
- [25] Princíp fungovania parkovacieho asistenta. In: *Mercedens-Benz* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.co.in/passengercars/mercedes-benz-cars/models/v-class/v-class-447-1/safety/safety-and-assistance-system/active-parking-assist.html>
- [26] Autonomous parking in parking garages. *BOSCH* [online]. [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.bosch.com/stories/autonomous-parking-in-parking-garages/>