

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA APLIKOVANÉ ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Elektromechanické systémy v automobilovém průmyslu

**vedoucí práce: Ing. Vladimír Kindl
autor: Miroslav Kotrch**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav KOTRCH**
Osobní číslo: **E08B0358P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**
Název tématu: **Elektromechanické systémy v automobilovém průmyslu**
Zadávací katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte přehled komponent systému aktivní bezpečnosti.
2. Popište současný stav používaných technologií.
3. Diskutujte trendy ve vývoji těchto systémů u nových vozidel.
4. Zhodnoťte moderní řešení systému z hlediska jeho bezpečnosti a spolehlivosti.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- 1. Bartoš, V: Elektrické stroje I, II. VŠSE v Plzni, 1986**
- 2. Vlk, F.: Elektronické systémy motorových vozidel 1, 2. Brno 2002.**
- 3. Elektronické informační zdroje**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladimír Kindl**
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Vladimír Kindl**
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: **18. října 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**

Anotace

Předmětem této práce je zpracovat přehled komponent systémů aktivní bezpečnosti, popsat současný stav používaných technologií a diskutovat trendy vývoje těchto systémů v budoucnosti. Jsou zde stručně popsány konstrukce a principy základních systémů aktivní bezpečnosti a zamyšlení nad dalším vývojem těchto systémů.

Klíčová slova

Pasivní bezpečnost, aktivní bezpečnost, brzdy, řízení, stabilizace, adheze, ABS, ESP, ASR, EBD, EPS

Abstract

The aim of the bachelor thesis is to provide overview of components of active safety systems. The thesis describe actual situation of this technology and discuss possible future evolution. The thesis briefly explains construction and basic principle of active safety systems. Also provide my reflection of developing these systems.

Key words

Passive safety, active safety, brakes, steering, stability, adhesion, ABS, ESP, ASR, EBD, EPS

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 8.6.2012

Miroslav Kotrch

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Vladimíru Kindlovi, za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

ÚVOD	1
SEZNAM SYMBOLŮ	2
1 ROZDĚLENÍ BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMŮ	3
1.1 PASIVNÍ BEZPEČNOST	3
1.1.1 Karoserie.....	4
1.1.2 Zadržné systémy – bezpečnostní pásy a předpínače bezpečnostních pásů.....	5
1.1.3 Airbagy- vzduchové vaky.....	5
1.2 AKTIVNÍ BEZPEČNOST.....	7
2 FYZIKÁLNÍ ZÁKLADY	7
3 ABS (ANTI-LOCK BRAKE SYSTÉM)	10
3.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA SYSTÉM ABS	11
3.2 BRZDĚNÍ BEZ ABS A S ABS.....	12
3.3 ROZMÍSTĚNÍ A JEDNOTLIVÉ ČÁSTI SYSTÉMU ABS	12
3.4 FUNKCE JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ SYSTÉMU ABS	13
3.4.1 Snímač otáček.....	13
3.4.2 Snímač podélného zrychlení	15
3.4.3 Elektronická řídicí jednotka.....	16
3.4.4 Hydraulická jednotka	16
3.4.5 Snímač tlaku brzdové kapaliny.....	17
3.4.6 Spínač brzdových světel.....	18
3.5 ČINNOST SYSTÉMU ABS	19
3.5.1 Počátek brzdění – vytvoření brzdného tlaku	19
3.5.2 Udržování brzdného tlaku.....	20
3.5.3 Pokles brzdného tlaku.....	21
3.5.4 Zvýšení brzdného tlaku	22
3.6 SYSTÉMY VYUŽÍVAJÍCÍ KOMPONENTY ABS	23
3.6.1 Regulace prokluzu ASR	23
3.6.2 Elektronická uzávěrka diferenciálu EDS.....	25
4 ELEKTRONICKÝ STABILIZAČNÍ PROGRAM ESP	26
4.1 JEDNOTLIVÉ ČÁSTI SYSTÉMU ESP	27
4.2 FUNKCE JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ SYSTÉMU ESP	28
4.2.1 Snímače systému ESP.....	28
4.2.2 Elektronická řídicí jednotka.....	30
4.2.3 Hydraulická jednotka	31
4.3 ČINNOST SYSTÉMU ESP	33
5 POSILOVAČ ŘÍZENÍ	36
5.1 HYDRAULICKÉ SERVOŘÍZENÍ HPS	36
5.2 ELEKTROHYDRAULICKÉ SERVOŘÍZENÍ EHPS	38
5.3 ELEKTRICKÉ SERVOŘÍZENÍ EPS.....	39
5.3.1 Princip EPS	40
5.3.2 Elektrické motory použitelné pro systém EPS.....	41
5.3.3 Snímač pro měření polohy a rychlosti	42
5.4 AKTIVNÍ ŘÍZENÍ.....	43
6 VÝVOJ	46
6.1 STEER-BY-WIRE.....	46
6.2 ELEKTROMECHANICKY ŘÍZENÉ BRZDY	47
6.2.1 Elektronická klínová brzda EWB	47

ZÁVĚR.....	48
POUŽITÁ LITERATURA	49
PŘÍLOHY	51

Úvod

Od roku 1905 kdy Henry Ford zavedl pásovou výrobu automobilů, uplynulo více jak sto let a automobily se staly jedním z nejčastějších dopravních prostředků. Během tohoto století zaznamenala silniční doprava obrovský nárůst a neustále roste. Každoročně se na celém světě vyrobí téměř 80 milionů nových osobních automobilů, z toho se jich jen v Evropě vyrobí přes 20 milionů. [21]

V souvislosti s mnohonásobným zvýšením provozu na silničních komunikacích došlo i k výraznému zvýšení počtu dopravních nehod. Policie České republiky šetřila v loňském roce 2011, 75 137 nehod, při kterých zemřelo přes 700 osob, těžce zraněno bylo přes 3tisíce osob a téměř 23tisíc osob utrpělo lehká zranění. (Tyto údaje však nejsou úplně přesné, protože legislativa ČR, neukládá povinnost hlásit všechny dopravní nehody.) Vystala tak otázka, jak ochránit účastníky silničního provozu. Nejlepší cesta k ochraně účastníků silničního provozu je prevence a předcházení dopravních nehod. Bezpečnost silničního provozu prošla dlouhým vývojem, od úplně nejjednodušších zádržných systémů (bezpečnostní pásy), až po plně elektronicky řízené systémy jako je ABS, ESP nebo airbagy. Některé studie uvádějí, že po zavedení těchto asistenčních systémů se snížila nehodovost až o 40%. [10][22]

Stále se rozvíjející automobilový průmysl se snaží řešit problematiku bezpečnosti provozu na silničních komunikacích a zejména zvýšení bezpečnosti posádky automobilu. V této práci se budu zabývat dnes nejpoužívanějšími elektromechanickými bezpečnostními systémy v automobilovém průmyslu, jako jsou ABS, ESP a EPS.

Seznam symbolů

ABS	Anti-Lock Brake Systém
ASR	Antriebs-Schlupf-Regelung
EDS	Elektronische Differentialsperre
ESP	Electronic Stability Programme
EPS	Electric Power Steering
EHPS	Electric Hydraulic Power Steering
HPS	Hydraulic Power Steering
DSC	Dynamic Stability Control

1 Rozdělení bezpečnostních systémů

Je to více než století, co jsou používána vozidla. Rozvoj silniční dopravy ovlivnil celé lidstvo. Už od prvních automobilů lidé požadovali maximální bezpečnost a pohodlí při jízdě. Bezpečnost automobilů prošla dlouhým vývojem, od nejjednodušších pásových zádržných systémů až po plně elektronicky řízené bezpečnostní systémy.

Bezpečnost vozidla je možné posuzovat a hodnotit podle následujících dvou kritérií:

- **Pasivní bezpečnost** (minimalizace rizika poranění všech účastníků dopravní nehody)
- **Aktivní bezpečnost** (prevence vzniku dopravní nehody)

1.1 Pasivní bezpečnost

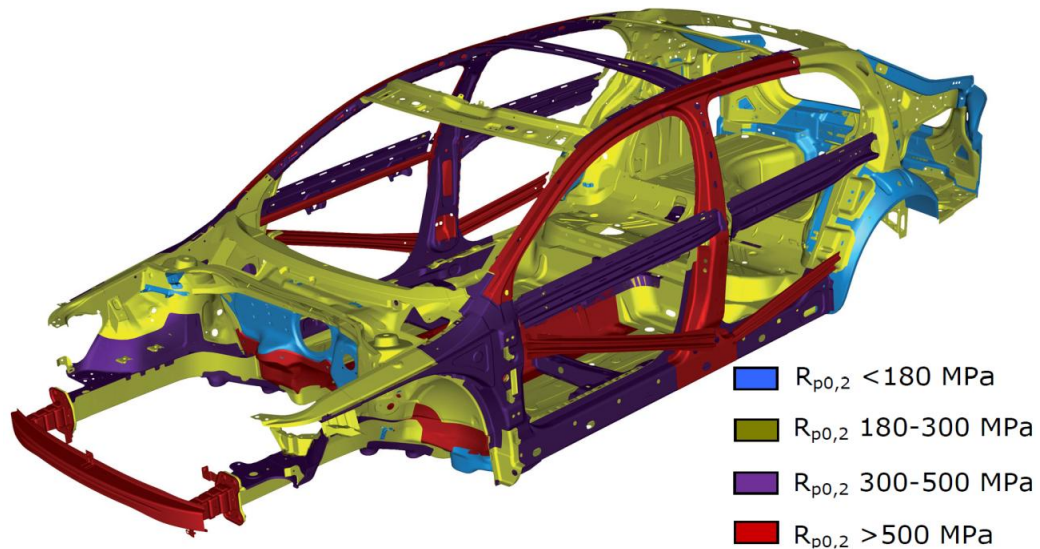
Pasivní bezpečnost zahrnuje vše, co zabrání nebo minimalizuje zranění nebo úmrtí při nehodě automobilu. Už z tvaru vozidla a fyzikálních zákonů, nelze vyrobit zcela bezpečný automobil. Problematika pasivní bezpečnosti byla poprvé řešena v 50. letech v USA. Často se často při dopravních nehodách stávalo, že se vozidla doslova rozpadla, průniky řídicí hřídele do prostoru pro posádku byly zcela běžné. Jeden z prvních kdo se začal, zajímat o tuto problematiku byl prof. Larry Patrick, který shromažďoval údaje o dopravních nehodách. Na základě těchto údajů vyhodnocoval chyby konstrukcí většiny vyráběných automobilů a stanovil základní kritéria pro ochranu posádky automobilu, která jsou platná dodnes:[13]

- Posádka vozidla musí mít dostatečný prostor pro přežití, a to i při převrácení vozidla a jízdě po střeše.
- Do tohoto prostoru nesmí proniknout žádná část vozidla, která tam nepatří- hlavně hřídel řízení.
- V tomto prostoru nesmí být žádné části, které by mohly přispět ke zranění posádky, tedy všechny ostré výstupky a hrany (dnes platí minimální radius hran 2,5mm).
- Vnitřní část vozidla by měly být z materiálů tlumících náraz a případné plochy, které mohou přijít do styku s lidským tělem, musí být co největší (např. střed volantu).

- Prostor pro posádku musí být co nejužší, aby se při havárii co nejméně deformoval a umožnil otevření alespoň jedněch dveří.
- Sedačky musí být upevněny tak pevně, aby zůstaly v případě nárazu na svém místě.
- Posádka musí být fixována na sedadlech speciálním zařízením, které zachytí energii nárazu a nedovolí kontakt těla s pevnými částmi kabiny.
- Dveře vozidla se nesmí po nárazu samovolně otevřít, posádka nesmí z auta vypadnout (konstrukce zámků).
- Přední a zadní část vozidla musí pohltit energii nárazu a rozprostřít ji na určitý minimální čas, aby zpoždění kabiny tedy posádky při nárazu nepřekročilo kritické hodnoty.
- Okna vozidla musí být takové konstrukce, aby při rozbití nezpůsobila řezná zranění
- Při havárii nesmí dojít k požáru vozidla a úniku paliva.
- Materiály používané v interiéru vozidla by měli být nehořlavé, nebo alespoň s omezenou hořlavostí. [13]

1.1.1 Karoserie

Optimalizovaná konstrukce karoserie z vysoce pevných materiálů je základem bezpečnosti při všech typech nehod (Obr.1). Přední a zadní část zabezpečuje maximální pohlcení energie při nárazu, tím minimalizují deformaci prostoru posádky vozidla. Při velkém nárazu se motor posune pod prostor posádky, kde posádku neohrozí. [15]



Obr. 1 Karoserie Škoda Octavia II- barevně jsou vyznačeny jednotlivé typy plechů podle meze kluzu v tahu R_p [15]

1.1.2 Zádržné systémy – bezpečnostní pásy a předpínače bezpečnostních pásů

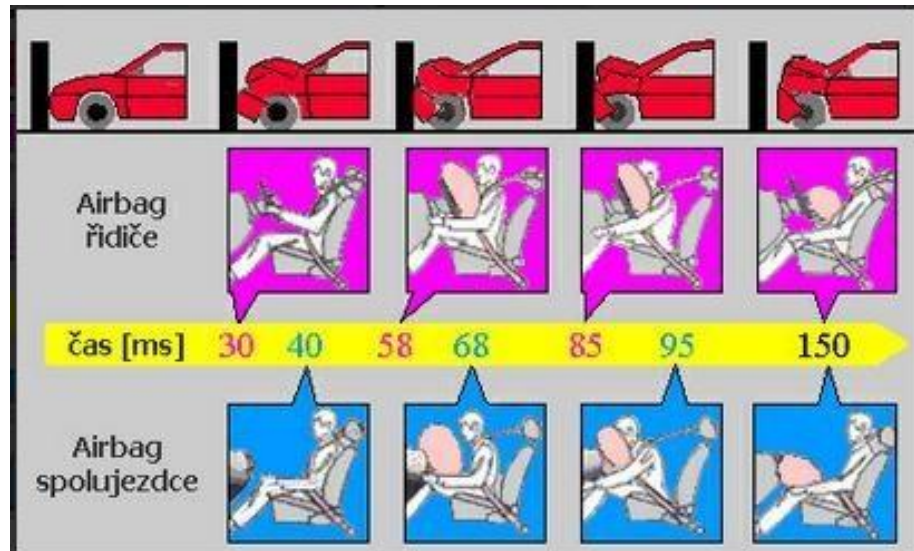
Bezpečnostní pásy mají za úkol zadržet cestující v sedadle při nárazu vozidla. Předpínače bezpečnostních pásů ještě zlepšují zádržné vlastnosti samonavíjecího tříbodového bezpečnostního pásu. Předpínače při čelním nárazu přitáhnou bezpečnostní pásy těsněji na tělo a drží tím horní polovinu těla těsně při zádové opěrce sedadla. Tím je zabráněno přílišnému dopřednému pohybu těla, který je způsoben setrvačnou silou.

1.1.3 Airbagy- vzduchové vaky

Airbagy společně s bezpečnostními pásy a předpínači pásů mají za úkol snížit rychlost nárazu těla do interiéru vozu. V principu je to nafukovací vak, který se nafoukne, při určité hodnotě zpomalení (náraz vozidla). Aby měl cestující zajištěn maximální ochranný účinek, musí být airbag zcela naplněn už před okamžikem kontaktu s cestujícím. Protože by klasické plnění plynem nebylo dostatečně rychlé, používá se speciální pyrotechnická patrona s látkou, která při zapálení vytváří obrovské množství plynu za velmi krátkou dobu.

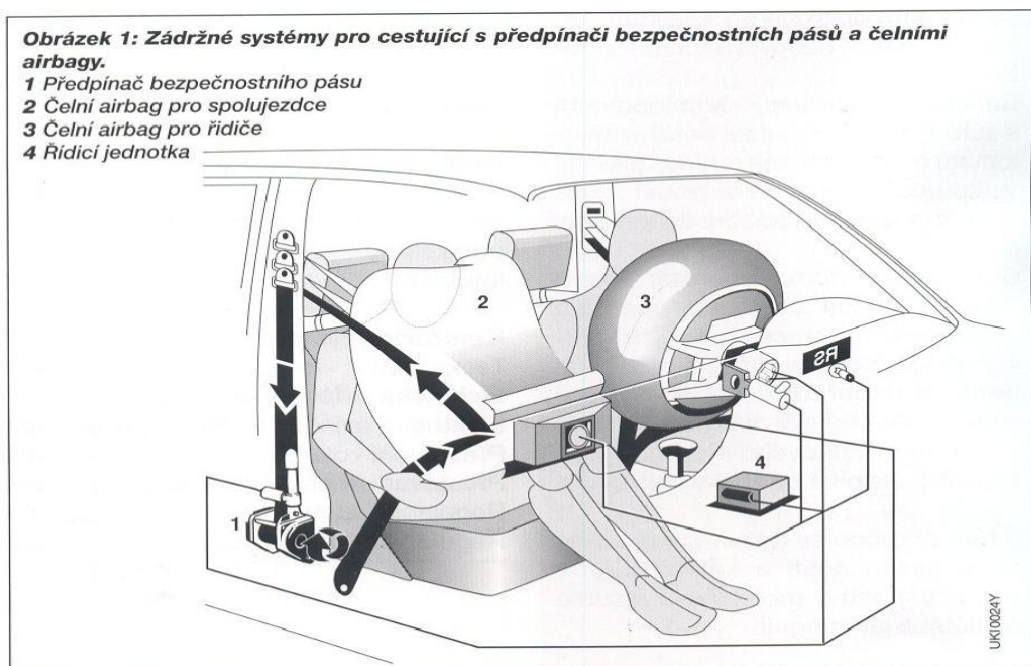
Vak airbagu je složen do velmi malého prostoru a umístěn do středu volantu, palubní desky spolujezdce (čelní airbagy), do dveří nebo do boku opěradla sedadla (boční airbagy), nebo do rámců oken (hlavové airbagy) a na jiná další místa.

Činnost airbagů začíná nárazem vozidla do překážky. Snímač zrychlení hlásí náraz a řídicí jednotka odpálí roznětku. Následuje chemická reakce a tvorba plynu, airbag se začíná nafukovat, trhá kryt a dále se plní plynem. Airbag by měl být plně nafouknutý přibližně za 60ms od doby nárazu. Na obrázku je vidět činnost airbagů v závislosti na čase. [5]



Obr. 2 Průběh činnosti čelního airbagu v čase při nárazu vozidla [14]

Airbag pouze zpomaluje náraz cestujícího, ale není schopen ho zadržet, proto je nutné ho používat s bezpečnostními pásy. Při aktivaci airbagu bez bezpečnostních pásů, může dojít k daleko vážnějším úrazům, než při použití bezpečnostních pásů bez airbagu.



Obr. 3 Zadržný systém s předpínači pásů a čelními airbagy [5]

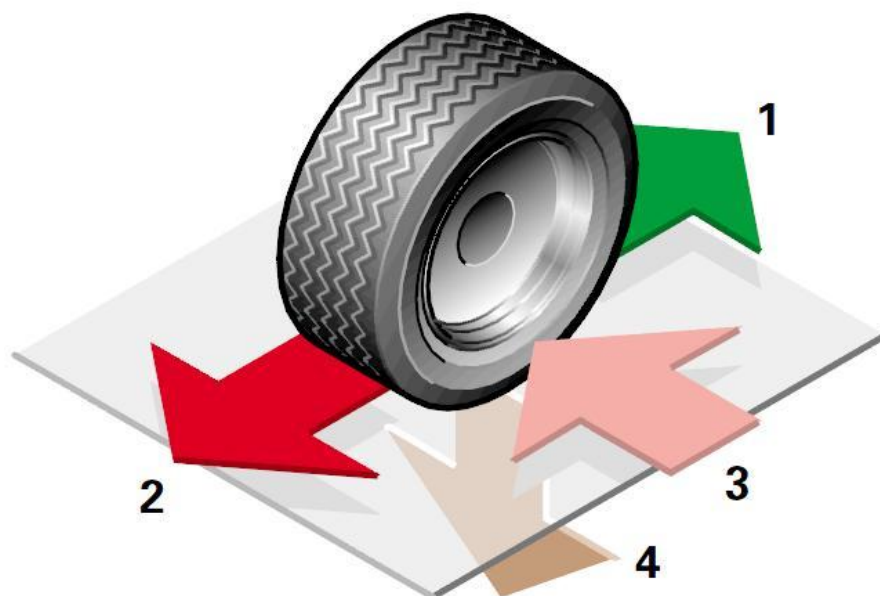
1.2 Aktivní bezpečnost

Prvky aktivní bezpečnosti jsou vlastnosti vozu, systémy a technická zařízení, která pomáhají zabránit nebo předejít vzniku dopravních nehod. Základem aktivní bezpečnosti jsou kvalitní dobře dimenzované brzdy, vlastnosti podvozku, přesné řízení, výkon motoru osvětlení vozidla a výhled z vozidla. Do aktivní bezpečnosti je také možné zařadit vše, co snižuje únavu a soustředění řidiče, klimatizace, odhlučnění, ergonomie ovládacích prvků, estetika interiéru atd.

Dnes už do aktivní bezpečnosti patří i celá řada elektronických asistenčních systémů. Jako jsou elektronické systémy podvozku (posilovače řízení, protiblokovací, protiprokluzové a stabilizační systémy). Dále to jsou systémy jako adaptivní tempomat, hlídání mrtvého úhlu vozidla, upozorňování na dopravní značení, informační zobrazovací display, automatické parkování a mnohé další systémy. [5]

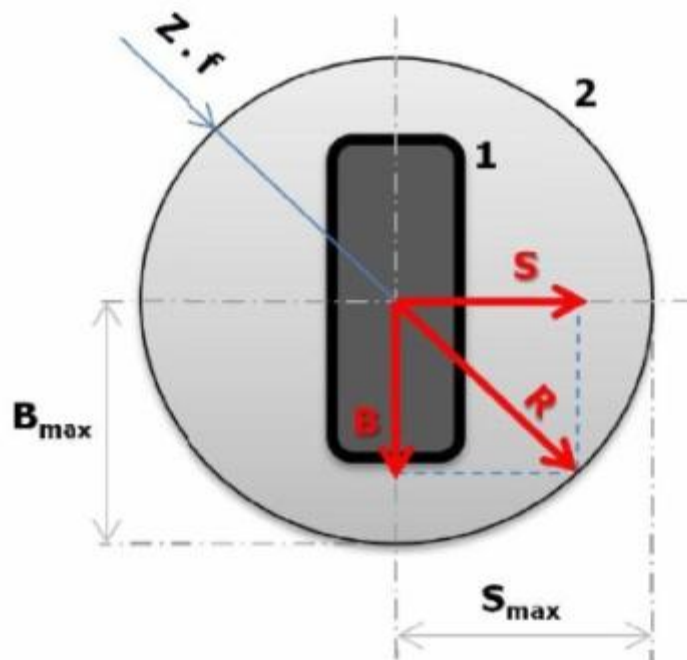
2 Fyzikální základy

Jízdní stabilita a dobrá ovladatelnost automobilu je základ dobré aktivní bezpečnosti vozidla. Základní podmínkou je přilnavost kol k vozovce, tedy adheze. Ta je za jízdy ovlivněna silami působícími na stykovou plochu kola s vozovkou (Obr. 4).



Obr. 4 Síly působící na kolo: 1-Hnací síla, 2-Brzdná síla (působí proti hnací), 3-boční síla (vodící síla, zajišťuje říditelnost vozu), 4-Tíha (spolu s třením umožňuje působení ostatních sil) [14]

Adhezní podmínky lze znázornit Kammovou adhezní kružnicí, jejíž průměr je úměrný mezi přilnavostí pneumatiky k vozovce (čím vyšší adheze, tím větší průměr kružnice). Aby nedošlo ke ztrátě adheze mezi pneumatikou a vozovkou, nesmí výslednice podélných a příčných sil R překročit poloměr třecí kružnice. Ve skutečnosti mají, pneumatiky větší přilnavost v podélném směru, takže skutečná Kammova kružnice má spíše tvar elipsy.



Obr. 5. Kammova kružnic: 1-Pneumatika, 2-Kammova kružnice[15]

Pokud je, síla B (hnací nebo brzdná síla) rovna maximální přenesené síle R pak musí být, podle obrázku Kammovy kružnice, boční síla S (vodící síla) rovna nule. V tom případě nepřenáší kolo žádnou boční sílu. Je-li síla B dokonce větší než maximální možná síla B_{\max} , pak dojde k zablokování kola a pneumatika se dostává do smyku. Jsou-li kola řídící nápravy ve smyku, nepřenáší žádné boční síly a vozidlo se stává neovladatelné. Pokud je výsledná síla R uvnitř Kammovy kružnice, je vozidlo ve stabilním stavu. [14]

Podmínka stability tedy bude: $a \geq \sqrt{S^2 + B^2}$

Při jízdě se poměry jednotlivých sil, tedy i adheze, neustále mění a můžou být i na každém kole rozdílné.

Skluz kola je rozdíl mezi rychlostí kola a vozidla, vztažený k rychlosti kola (akcelerace), nebo rychlost vozidla (brzdění).

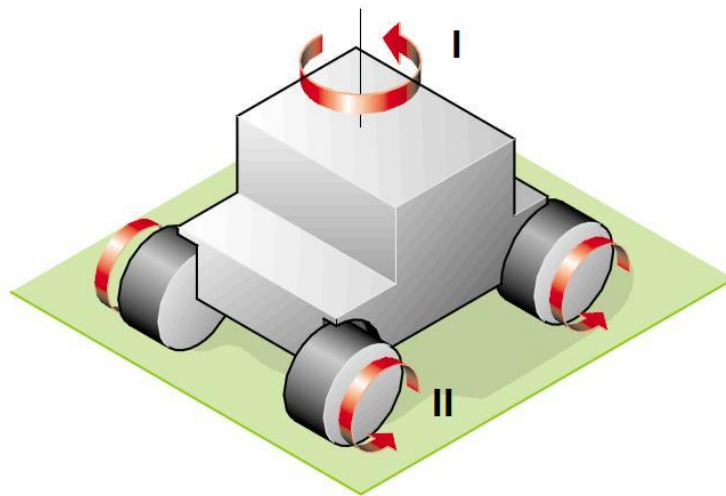
Důvody ztráty ovladatelnosti vozidla:

Ztráta boční (vodící) síly S - příliš velká hnací nebo brzdná síla B překročení Kammovy kružnice tření - výsledná síla R je větší než adheze daného povrchu.

Na vozidlo ještě působí momenty (Obr. 6), které mají snahu vozidlem otáčet kolem svislé, příčné i podélné osy (např. rotační moment setrvačnosti I).

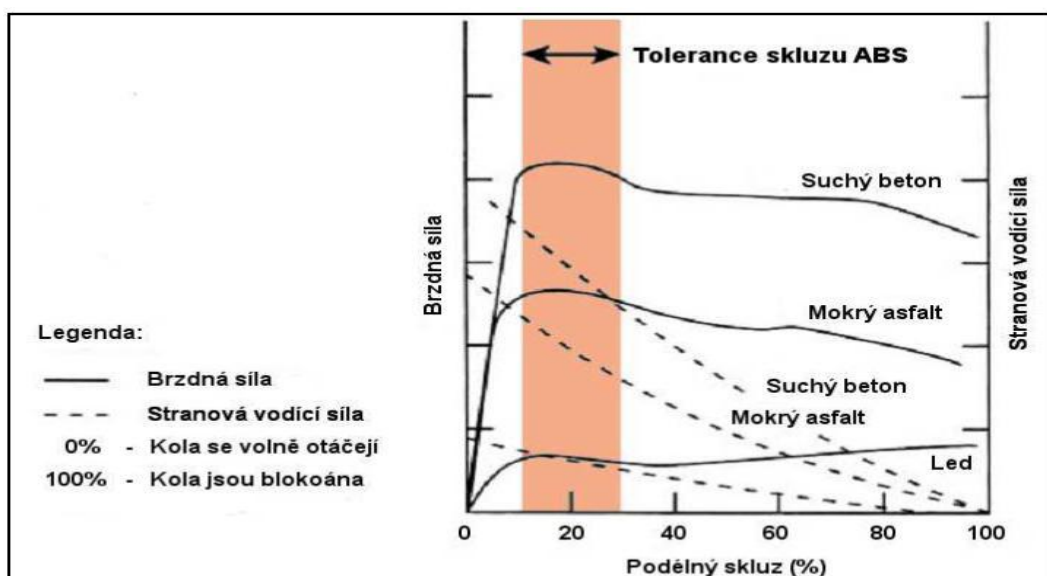
Momenty setrvačnosti kol II , které se snaží udržet vozidlo ve stávajícím směru jízdy.

Další síly, jako boční vítr, aerodynamický odpor a odstředivá síla.



Obr. 6 Síly působící na vozidlo: I rotační moment setrvačnosti, II momenty setrvačnosti kol [14]

Moderní elektronické systémy podvozku a brzd mají za úkol tyto důvody v co největší míře eliminovat a zajistit ovladatelnost vozidla za všech okolností. [15]



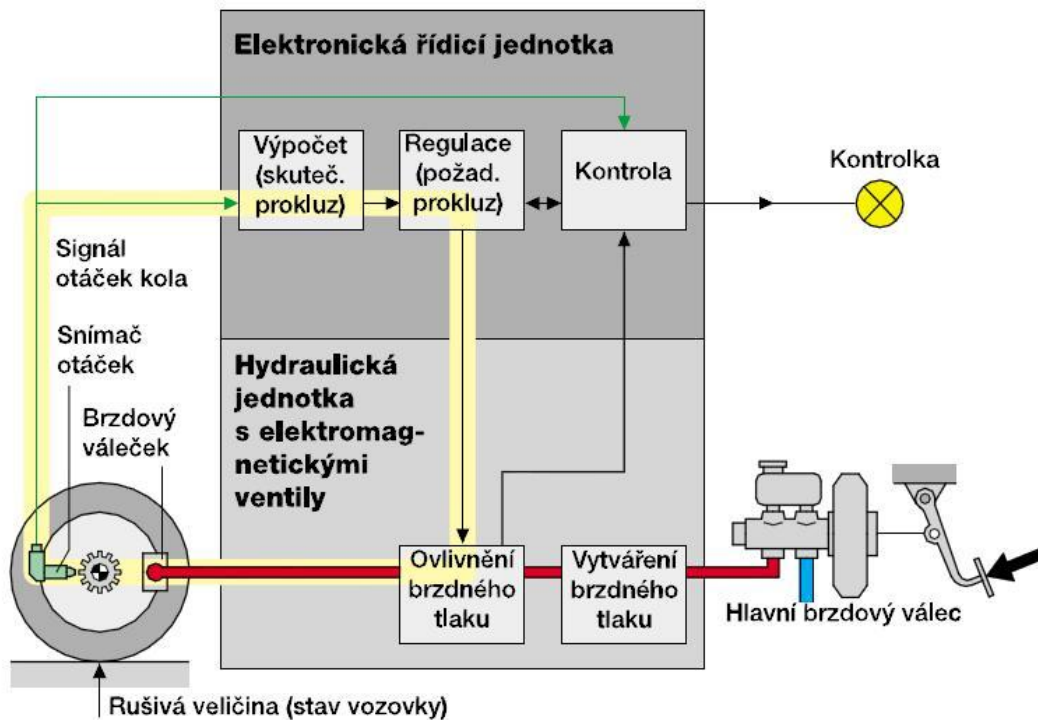
Obr. 7 Závislost mezi silou B (hnací, brzdná), boční (vodící) silou S a podélným skluzem pro různý povrch [15]

3 ABS (anti-lock brake systém)

Z fyzikálních základů jasně plyne, že pro dobrou ovladatelnost vozidla je nutné minimalizovat skluz jednotlivých kol vozidla. Systém zabránění blokování kol při intenzivním brzdění, se poprvé objevil v 30. letech 19. století. V provozu byl realizován až o několik desítek let později v letecké dopravě, z důvodu zvýšení kontroly letadla po dosednutí na přistávací dráhu. První automobil vybavený tímto systémem byl představen v roce 1971 automobilkou Chrysler. V roce 1978 firma BOSCH ve spolupráci s automobilkou Mercedes Benz představila ABS 2.0, ale montován byl jen do luxusních vozů (např. Mercedes Benz S). Tento systém se měl stát základem brzdných regulačních systémů.

Systém ABS je jedním ze základních elektronických stabilizačních systémů aktivní bezpečnosti v dnes vyráběných automobilech. Proti-blokovací brzdový systém ABS má za úkol zabránit zablokování kol při intenzivním brzdění, tedy ztrátě adheze mezi kolem a vozovkou a následné neovladatelnosti vozidla. U konvenčních brzdových systémů je brzdný tlak regulován pouze silou působící na brzdový pedál, ale u systému ABS je brzdný tlak regulován tak, aby nedošlo k zablokování kola.

Regulační okruh ABS



Obr. 8 Regulační okruh systému ABS [9]

Vozidlo vybavené systémem ABS, by mělo zůstat ovladatelné i v případě mezních situací. Odvalující se kola umožňují přenos sil mezi kolem a vozovkou a tím ovladatelnost a říditelnost vozidla a to i na površích s různou adhezí. To je také hlavní výhoda ABS. Použitím systému ABS může dojít ke zkrácení, ale i prodloužení brzdné dráhy automobilu v závislosti na adhezních podmínkách vozovky (led, voda, sníh). [9]

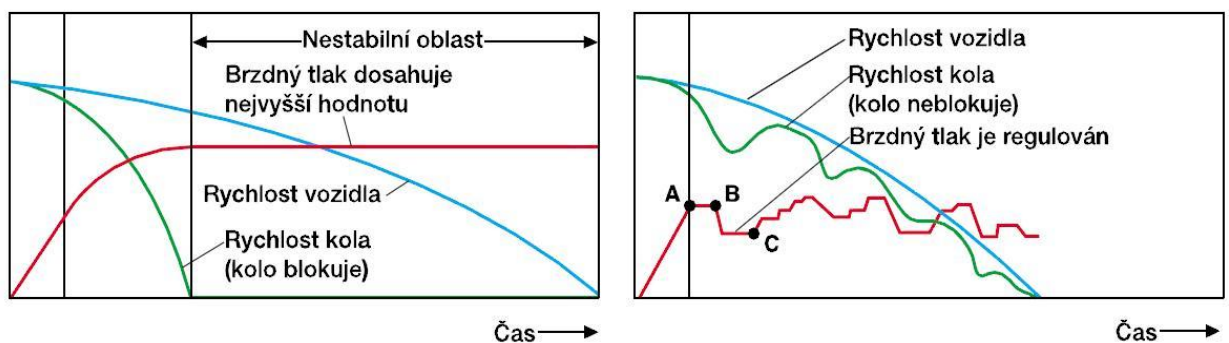
3.1 Základní požadavky na systém ABS

Systém ABS musí splňovat celou řadu požadavků a to hlavně bezpečnostních:

- Regulace brzdění musí zajistit stabilitu a říditelnost vozidla při všech stavech jízdní dráhy (od suché vozovky až po náledí).
- ABS musí při brzdění maximálně využívat součinitele tření mezi vozovkou a koly vozidla (stabilita a říditelnost vozidla mají přednost před zkrácením brzdné dráhy).
- Regulace brzdění musí pracovat ve všech vozidlem dosažitelných rychlostech až do minimální rychlosti (okolo 5km/h).
- Regulace brzdění se musí rychle přizpůsobit změnám přilnavosti vozovky.
- Při brzdění v zatáčce musí vozidlo zůstat stabilní a ovladatelné s co nejkratší brzdou dráhou, stejně tak na vozovce s nerovným povrchem.
- Při brzdění na vozovce s různou přilnavostí, na levé a pravé straně vozidla, vznikají stáčivé momenty, které se snaží otočit vozidlo kolem svislé osy. Vznik a zvyšování momentu musí být pomalé, tak aby řidič byl schopen na tento stav reagovat a udržet vozidlo ve směru jízdy.
- Regulace brzdění musí rozpoznat aquaplaning a vhodně na něj reagovat.
- Brzdění po uvolnění pedálu brzdy a brzdění motorem se musí projevovat co nejméně.
- Bezpečnostní obvody musí neustále kontrolovat správnou funkci systému ABS. Jestliže je zjištěna závada, která by mohla ovlivnit průběh brzdění, musí být ABS vypnuto a řidič upozorněn že má k dispozici pouze základní systém brzd. [1]

3.2 Brzdění bez ABS a s ABS

Je-li při brzdění rychlost otáčení jednoho kola o hodně menší než ostatních (nebezpečí blokování kola) je nejprve brzdný tlak udržován na dosažené hodnotě (obr. 9, bod A). Když se i nadále rychlost otáčení kola snižuje (stále hrozí zablokování kola) je brzdý tlak na kole snížen (bod B) a dojde k jeho zrychlení. Pro co nejúčinnější brzdění je pak nutné brzdý tlak opět zvýšit. Opětovným zvýšením brzdného tlaku se bude kolo opět zpomalovat. Opakovaným zvyšováním a snižováním brzdného tlaku se snaží systém ABS přenést co největší brzdnu a boční sílu z kola na silnici, tedy o co nejkratší brzdnu dráhu a zachování říditelnosti. [9]



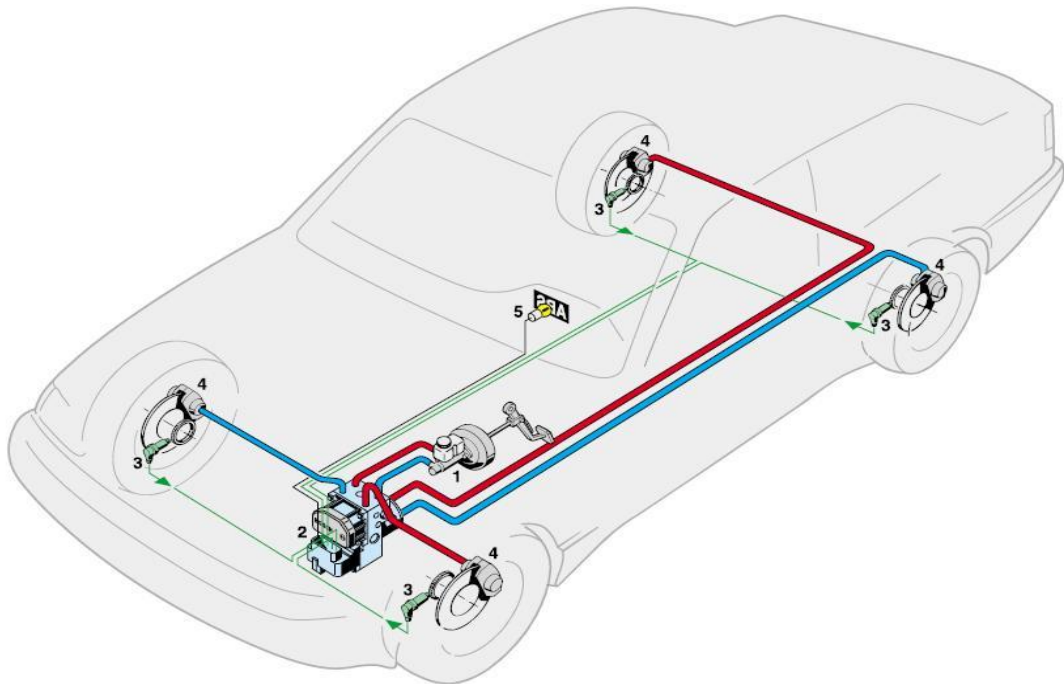
Obr. 9 Brzdění bez ABS (vlevo), brzdění s ABS (vpravo) [9]

3.3 Rozmístění a jednotlivé části systému ABS

Komponenty ABS:

- Snímače otáček kol – snímají okamžitou rychlost otáčení kola, jejich signál vyhodnocuje řídicí jednotka.
- Elektronická řídicí jednotka (tzv. logický nebo vyhodnocovací člen v podstatě je to mikropočítač) – přijímá signály ze snímačů otáček a z nich vypočítává skluz brzděných kol a úhlové zpomalení kol. Na základě těchto výsledků vysílá akční příkazy pro hydraulickou jednotku.
- Hydraulická jednotka (akční člen) – v závislosti na přijímaných signálech od řídicí jednotky, řídí elektromagnetickými ventily tlak v brzdových válečcích a tím mění brzdý moment kola.
- Brzdy kol – z hydraulické jednotky přenášený brzdý tlak působí v brzdách kol jako rozpínací síla, tím je brzdové obložení přitlačováno na brzdový buben nebo kotouč.

Rozmístění jednotlivých komponentů systému ABS ve vozidle je znázorněno na Obr. 10. Na každém kole je jeden snímač otáček, který snímá rychlost otáčení kol a tento údaj posílá do řídicí jednotky. Tam jsou tyto signály neustále vyhodnocovány. V případě náhlé změny otáček jednoho z kol - prudké brzdění a kolo se zastaví (smyk), vydá elektronická řídicí jednotka signál hydraulické jednotce, aby v daném okruhu zmenšila brzdový tlak a kolo tak odbrzdila. Tím se kolo začne opět otáčet a snímač vyšle signál řídicí jednotce, že se dané kolo opět otáčí. Kolo je tedy schopné znovu přenášet brzdovou a boční sílu, a proto řídicí jednotka nechá znovu kolo přibrzdit tak, aby kolo přenášelo na silnici co největší brzdovou a boční sílu. Tento cyklus se neustále a pro každé kolo zvlášť opakuje do úplného zastavení vozidla nebo uvolnění brzdového pedálu. Nejmodernější verze systému ABS dokáže tento cyklus opakovat až 16krát za sekundu.



Obr. 10 Rozmístění komponent systému ABS ve vozidle (4 okruhová varianta): 1-hlavní brzdový válec s posilovačem, 2-Hydraulická a elektronická řídicí jednotka, 3-snímače otáček kol, 4-brzdy kol [9]

3.4 Funkce jednotlivých částí systému ABS

3.4.1 Snímač otáček

Signály ze snímačů otáček jsou přenášeny do řídicí jednotky, kde jsou vyhodnocovány a je z nich vypočítávána rychlost jednotlivých kol, ale hlavně rozdíly v otáčkách jednotlivých kol. Snímač se skládá z cívky navinuté na permanentním magnetu a ozubeného impulzního

kola. Ozubené impulzní kolo je pevně spojené s nábojem kola (někdy může být na diferenciálu). Snímač je umístěn v bezprostřední blízkosti ozubeného impulzního kola.

Při otáčení kola dochází ke střídání vzduchové mezery a materiálu impulzního kola, tím dochází k neustálým změnám magnetického pole. Tyto změny jsou závislé na rychlosti otáčení a na vzdálenosti snímače od impulzního kola. Na cívku na permanentním magnetu působí proměnné magnetické pole a na cívce se indukují střídavé napětí. V závislosti na otáčkách kola se mění frekvence napětí indukovaného na cívce. Z toho pak lze odvodit rychlost kola.

Protože jsou snímače umístěny na nábojích kol a blízko brzd, jsou vystaveny povětrnostním vlivům, vibracím a vysokým teplotám od brzd. Je tedy nutné zajistit jejich bezchybnou funkci bez nežádoucích zkreslení signálu. Snímače musí být pevně upevněny, aby i při vibracích byla zajištěna stejná vzdálenost od impulzního ozubeného kola. Snímače jsou většinou zality v odolném plastu nebo pryskyřici. [5]

Podle elektrického principu rozdělujeme snímače otáček:

- Induktivní – snímač otáček snímá rychlost otáčení kola a předává v podobě elektrického signálu řídicí jednotce (má permanentní magnet)
- Aktivní – nemá permanentní magnet, pro vytvoření magnetického pole potřebují zdroj elektrického proudu

Podle principu měření se aktivní snímače rozdělují:

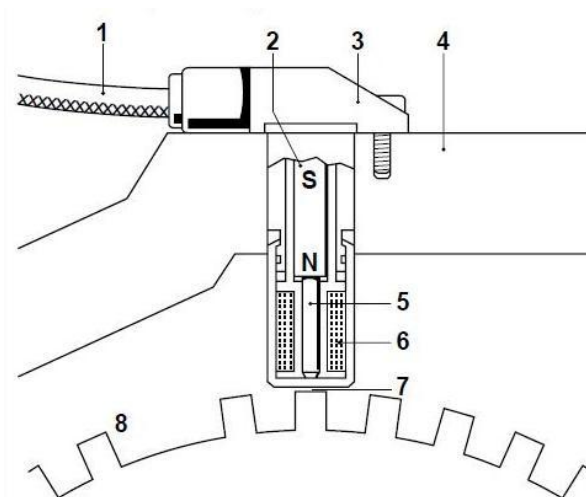
- Magnetorezistivní (DF-10)
- Hallův (DF-11)

Podle integrovaného vyhodnocování:

- Inteligentní
- Standartní

Z důvodu různých zástavbových rozměrů v prostoru kola jsou pólové nástavce v několika provedeních:

- Radiální
- Axiální



Obr. 11 Indukční snímač: 1-stíněný kabel, 2-permanentní magnet, 3-pouzdro snímače, 4-třmen brzdy, 5- měkké železné jádro, 6- cívka, 7-vzduchová mezera, 8- ozubené impulzní kolo [15]

3.4.2 Snímač podélného zrychlení

Vlivem nízké adheze vozovky může v kritickém případě nastat situace, kdy budou všechna kola zablokována (led). Řídící jednotka by mohla tuto situaci vyhodnotit tak, že vozidlo stojí. Aby se tomuto předešlo, je přidáván doplňkový snímač podélného zrychlení. Signálem z tohoto snímače je řídicí jednotka schopna určit, zda vozidlo stojí nebo je v pohybu. Používají se snímače na optickém nebo kapacitním principu.

Kapacitní princip:

Dva spojené kondenzátory se společným, pohyblivým, záporným pólem. Pohyblivý pól se vychyluje ze středové polohy ve směru zrychlení nebo zpomalení a mění tak vzdálenost od jednotlivých plusových pólů. Tím se mění kapacita obou kondenzátorů. Velikost zrychlení bude dána změnou výstupního napětí oproti klidové poloze společného pólu.

Optoelektronický princip:

Tento princip je založen na množství světla dopadajícího na fototranzistor, přes pohyblivou stínící clonku. Clonka se vychyluje ze středové polohy ve směru zrychlení nebo zpomalení, tím je světlu z led diody umožněno osvětlit fototranzistor. Na fototranzistoru vzniká elektrický signál, z kterého řídicí jednotka pozná, zda je vozidlo v pohybu.

3.4.3 Elektronická řídicí jednotka

Řídicí jednotka neustále přijímá signály od jednotlivých snímačů otáček, ze kterých vypočítává:

- Obvodové zpomalení nebo zrychlení kola
- Skluz kola
- Referenční rychlost
- Zpomalení vozidla

Vhodným logickým propojením těchto veličin je dosaženo vhodných výsledků pro regulaci brzdného tlaku. Protože není možné měřit skluz kola, je stanoven z referenční rychlosti ze signálů dvou diagonálně umístěných kol, která se porovnává s otáčkami kol. Neustálým porovnáváním těchto hodnot je zjištěno okamžité zpomalení, zrychlení a skluz každého kola. V případě zablokování kol aktivuje jednotka potřebné akční členy v hydraulické jednotce a reguluje brzdný tlak tak, aby byla na vozovku přenášena co největší brzdná síla.

Řídicí jednotka přijímá, filtruje a zesiluje signály ze snímačů a z toho vypočítává veličiny potřebné pro řízení brzdného tlaku. Jádrem řídicí jednotky jsou z bezpečnostních důvodů dva identické mikropočítače, které zpracovávají nezávisle na sobě stejná data podle stejného programu a navzájem se tak kontrolují. Jednotka také obsahuje paměť závad typu EEPROM, do které jsou ukládány informace o případných závadách. Paměť závad je možné vyčíst při servisní prohlídce.

Vždy po zapnutí zapalování proběhne samokontrola řídicí jednotky. Jsou kontrolovány všechna elektrická propojení, funkčnost elektromagnetických ventilů.[15]

3.4.4 Hydraulická jednotka

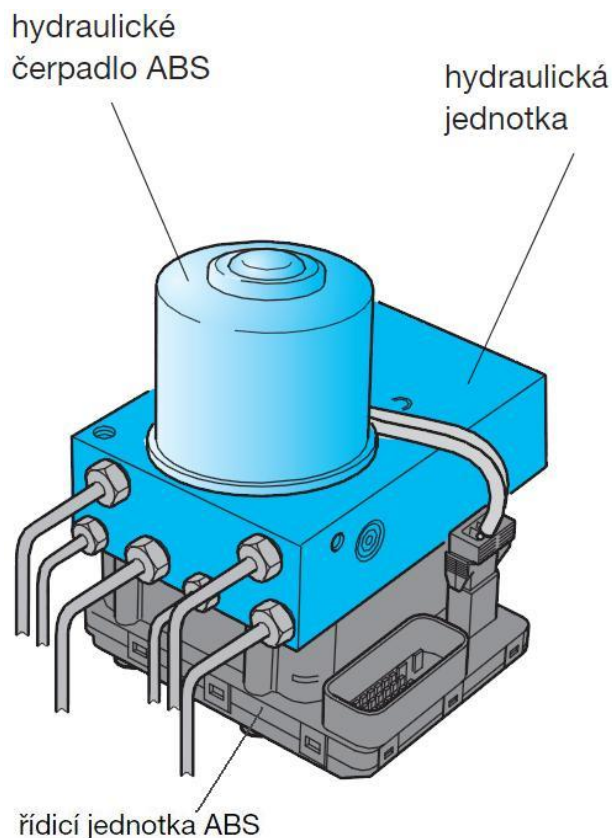
Hydraulická jednotka převádí příkazy řídicí jednotky a řídí elektromagnetickými ventily tlak v brzdících válečcích s optimálním brzdným účinkem a to i v případech kdy je tlak vyvinutý řidičem větší. Je umístěna mezi hlavním brzdovým válcem a brzdami jednotlivých kol. U čtyřkanálového systému se hydraulická jednotka skládá z 8 dvoupolohových elektromagnetických ventilů, zásobníku tlaku pro každý okruh a čerpadla.

Každé kolo je řízeno 2 elektromagnetickými ventily:

Plnicí ventil – zvyšování brzdného tlaku (klidový stav=otevřený)

Vypouštěcí ventil – snižování brzdného tlaku (klidový stav=zavřený)

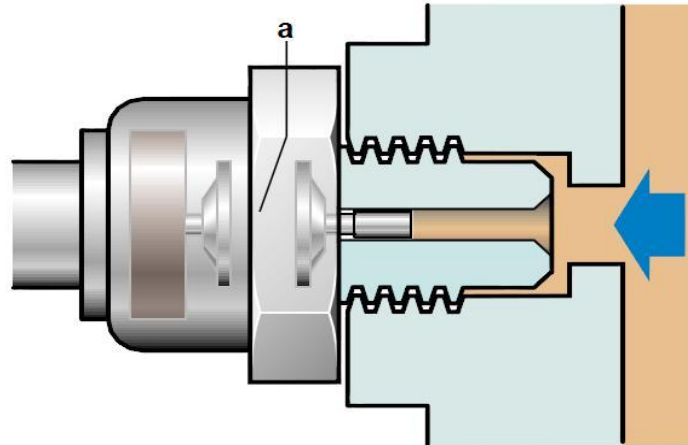
Dnes je běžné spojení elektronické řídicí jednotky a hydraulické jednotky do jednoho celku. Kombinace hydraulické a řídicí jednotky v mikrohybridní technologii vytváří kompaktní, spolehlivou jednotku, odolnou i proti vysokému namáhání v motorovém prostoru. [14]



Obr. 12 Elektronická a hydraulická jednotka integrovaná do jednoho bloku[15]

3.4.5 Snímač tlaku brzdové kapaliny

Aby byla zajištěna co nejvyšší bezpečnost, jsou použity snímače tlaku brzdové kapaliny, které poskytují údaje pro výpočet brzdných sil kol. [15]



Obr. 13 Kapacitní snímač brzdového tlaku; a- vzdálenost pevné a pohyblivé elektrody[15]

Tlak brzdové kapaliny působí přes pružinu na deskový kondenzátor, který je uvnitř snímače. Jedna deska kondenzátoru je pevná a druhá pohyblivá. Kapacita kondenzátoru je dána vzdáleností desek kondenzátoru. Působením tlaku brzdové kapaliny se vzdálenost desek mění a tím se mění i kapacita kondenzátoru. Tyto změny jsou vyhodnocovány řídicí jednotkou.

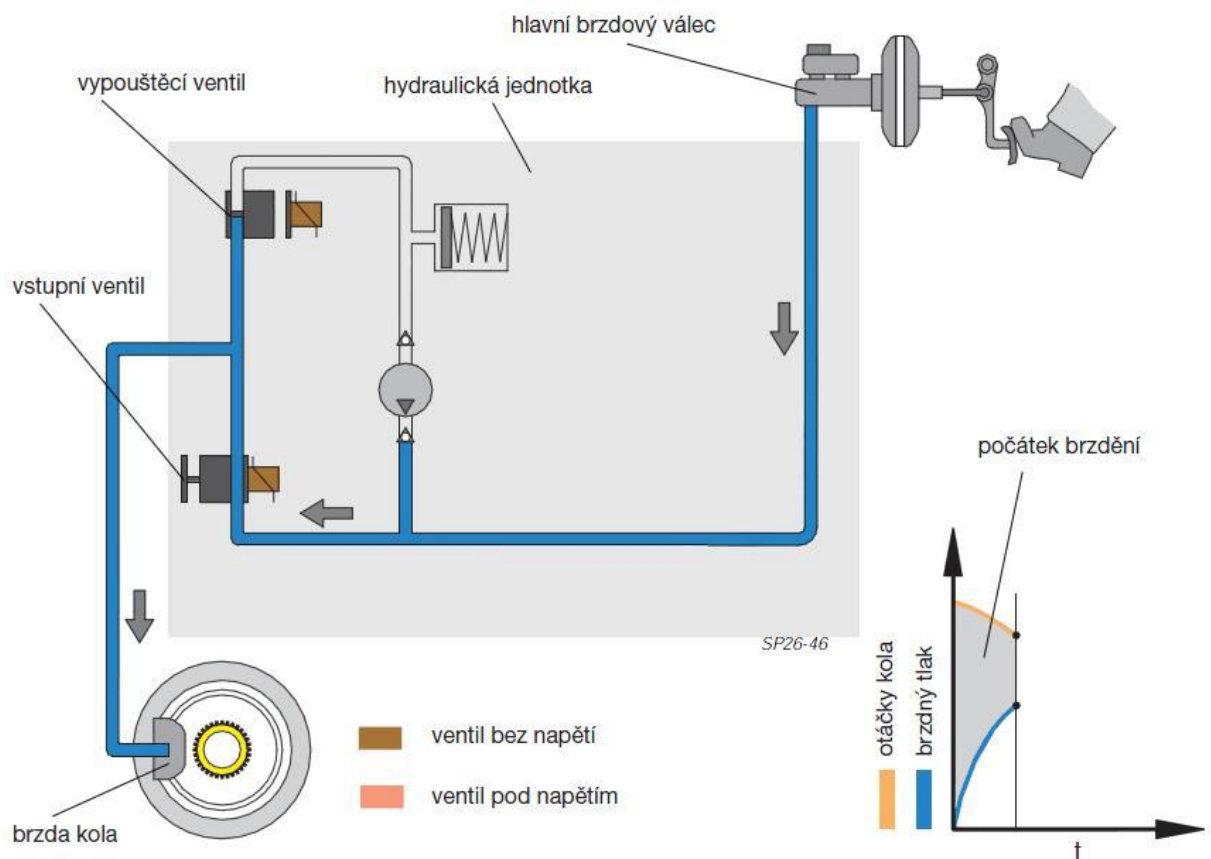
3.4.6 Spínač brzdových světel

Spínač brzdových světel je umístěn na pedálu brzdy. Jeho hlavním úkolem je snímat polohu brzdového pedálu a dávat tak signál k rozsvícení brzdových světel. Jeho signál je také veden do řídicí jednotky ABS. Bez tohoto signálu by se mohlo stát, že by řídicí jednotka ABS mohla vyhodnotit zpomalení kola, způsobené např. nerovností vozovky, jako brzdění. Dnes tyto snímače bývají i vícestupňové, snímají více poloh brzdového pedálu.

3.5 Činnost systému ABS

3.5.1 Počátek brzdění – vytvoření brzdného tlaku

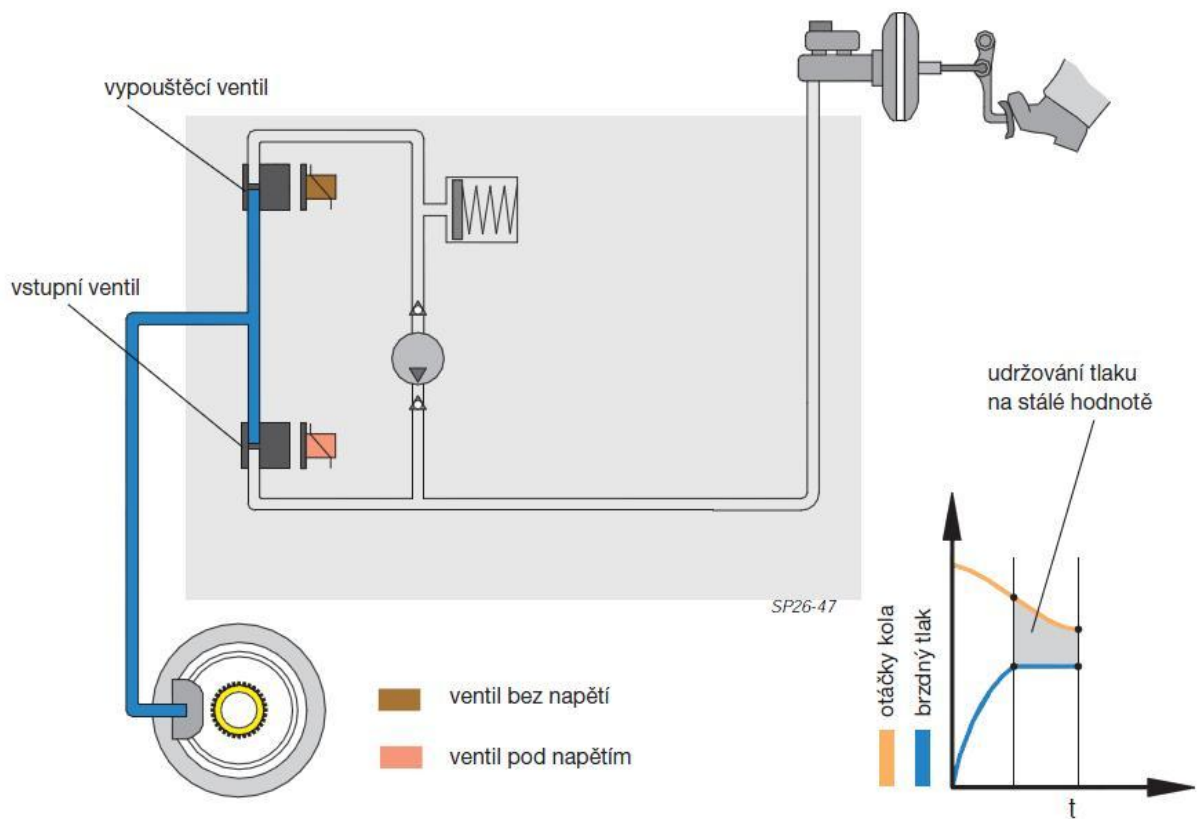
Při sešlápnutí brzdového pedálu je síla přes tlačnou tyč přenesena do hlavního brzdového válce, kde vytvoří tlak. Brzdný tlak postupuje přes otevřený plnicí ventil (je bez napětí) k brzdě kola. Vypouštěcí ventil je uzavřen (bez napětí). Otáčky kola se snižují až do okamžiku, kdy řídicí jednotka ABS ze signálu snímače otáček vyhodnotí tendenci blokování kola.[15]



Obr. 14 Vytvoření brzdného tlaku [15]

3.5.2 Udržování brzdného tlaku

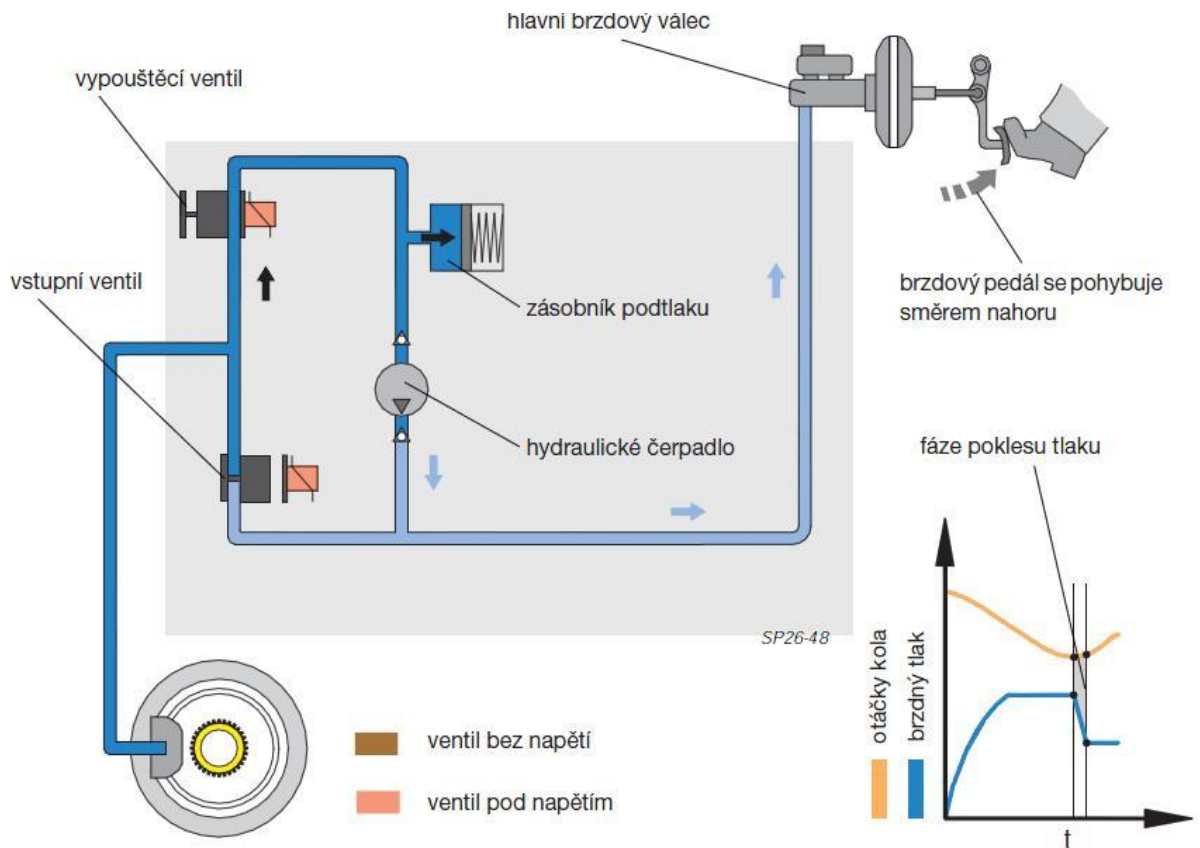
Jakmile je rozpoznáno nebezpečí blokování kola, je nutné zabránit dalšímu zvyšování brzdného tlaku. Řídící jednotka vydá pokyn k uzavření plnicího ventilu. Na plnicí ventil je přivedeno napětí a ventil je uzavřen. Vypouštěcí ventil zůstává stále uzavřen. Brzdný tlak mezi plnicím a vypouštěcím ventilem zůstává v této fázi konstantní. [15]



Obr. 15 Udržování brzdného tlaku

3.5.3 Pokles brzdného tlaku

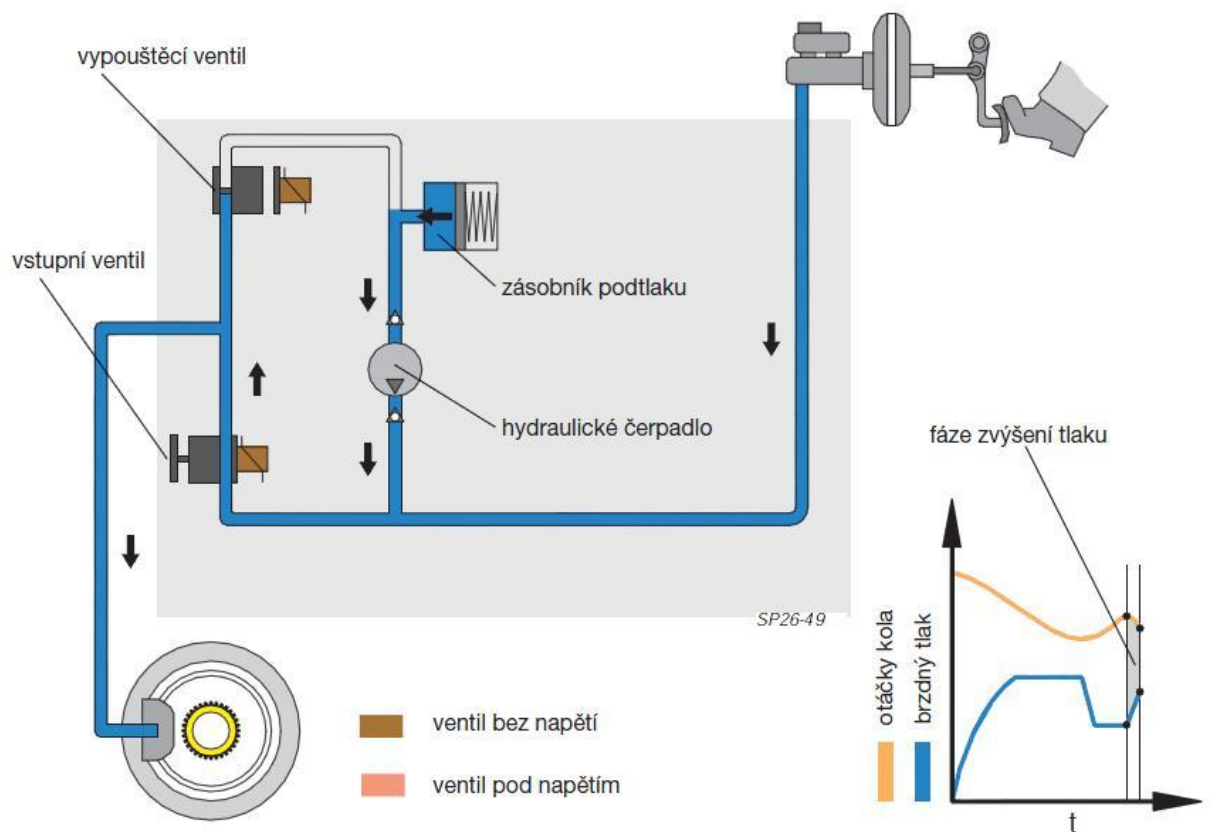
Jestliže rychlost otáčení kola stále klesá i přes to, že brzdný tlak zůstává konstantní, sklon kola k blokování přetrvává. Je tedy nutné brzdný tlak snížit. Řídící jednotka vydá pokyn k otevření vypouštěcího ventilu. Ventil se otevře a tlak se sníží do zásobníku podtlaku. Plnicí ventil zůstane uzavřen. Rozběhne se hydraulické čerpadlo, které dopraví ze zásobníku podtlaku brzdovou kapalinu do hlavního brzdového válce. Otáčky kola se zvýší. [15]



Obr. 16 Pokles brzdného tlaku

3.5.4 Zvýšení brzdného tlaku

Pro účinné brzdění je nutné, aby při určité rychlosti otáčení kola se opět brzdný tlak zvýšil. Řídicí jednotka vydá pokyn k uvolnění plnicího a vypouštěcího ventilu. Vypouštěcí ventil se uzavře a plnicí otevře. Hydraulické čerpadlo odsává zbytek brzdové kapaliny ze zásobníku podtlaku a dopravuje ji do brzdového okruhu - hydraulická podpora brzdného tlaku. Narůstajícím brzdným tlakem bude kolo opět více brzděno a rychlost otáčení kola se bude snižovat.[15]



Obr. 17 Zvýšení brzdného tlaku

Všechna 4 kola jsou regulována zvlášť, nezávisle na ostatních tak, aby byla na vozovku přenášena co největší brzdná a boční síla. U nejmodernějších systémů ABS probíhá regulace až 16x za sekundu.

Na funkci ABS mají vliv provozní podmínky, jako jsou např. stav vozovky, stav brzd a podvozku vozidla (pneumatiky, tlumiče).

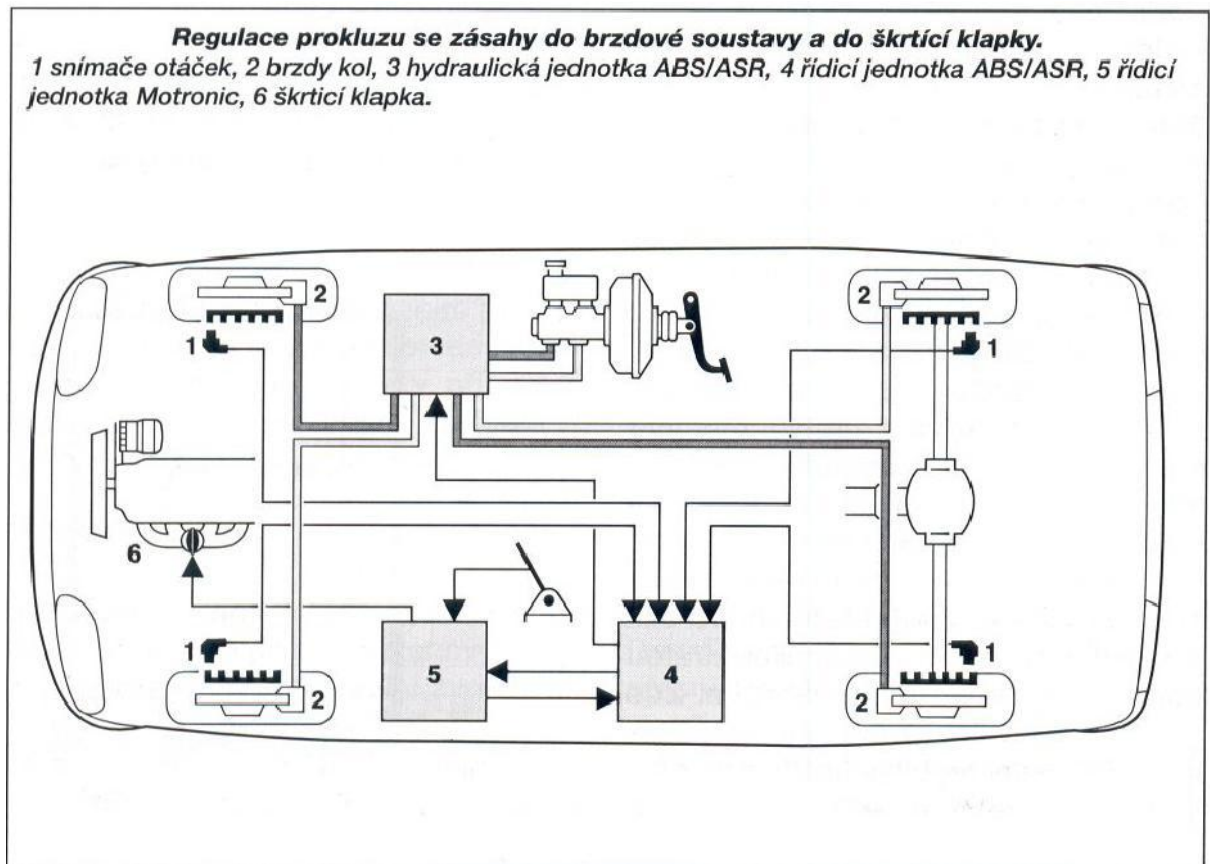
3.6 Systémy využívající komponenty ABS

3.6.1 Regulace prokluzu ASR

Systém regulace prokluzu ASR je rozšířením systému ABS. Jeho hlavní úlohou je zajistit stabilitu a říditelnost vozidla při akceleraci, na vozovce se sníženou adhezí (led), jízdě do svahu nebo při zatáčení vozidla. Systém ASR přibrzdí poháněné kolo se sklonem k prokluzování (u automobilu s pohonem všech kol to mohou být všechna kola se sklonem k prokluzu), nebo snížením točivého momentu motoru tak, aby ho bylo možné přenést na vozovku a zabezpečit tak stabilitu a říditelnost vozidla. Prokluzující kola stejně jako kola zablokovaná nemohou přenášet boční síly a vozidlo tedy není stabilní ani říditelné.

Při akceleraci se zvyšuje točivý moment motoru a tím i hnací moment na kolech. Pokud lze přenést všechnu sílu z kola na vozovku, může vozidlo plně akcelarovat (dostatečný součinitel adheze). Pokud je ale dodávaný hnací moment větší než moment, který dokáže kolo na vozovku přenést, dochází k prokluzu kol a vozidlo se stává nestabilní.

Systém ASR využívá stejné komponenty jako ABS, které jsou doplněny o další funkce. [5]



Obr. 18 Systém regulace prokluzu ASR-blokové schéma[5]

Systém ASR využívá stejné snímače otáček jako systém ABS. Řídící jednotka ASR je rozšíření elektroniky řídicí jednotky ABS. Stejně jako u ABS je ze signálů snímačů otáček kol vypočítáván skluz jednotlivých kol. Když je skluz kola příliš velký, aktivuje se regulace ASR. Řídící jednotka ABS/ASR komunikuje přes dodatečné rozhraní (CAN-BUS) s řídicí jednotkou motoru, která může snížit točivý moment motoru tak, aby ho bylo možné přenést z kola na vozovku. [5]

Hydraulická jednotka ABS je rozšířena o část ASR. Nezávisle na řidiči, provádí příkazy řídicí jednotky, elektromagnetickými ventily řídí příslušný brzdny tlak v brzdách kol.

Regulace točivého momentu motoru je řízena:

- nastavením škrtící klapky
- změnou okamžiku zážehu (předstih)
- řízením vstřikování paliva

Aby mohl systém zasáhnout nezávisle na akceleraci vozidla, musí být použito elektronické řízení výkonu motoru EMS (E-GAS). Dříve se používalo mechanické spojení mezi škrtící klapkou nebo tyčí řízení vstřikovacího čerpadla. Příkazy systému ASR dostávají přednost před požadavky řidiče, dané hodnotou polohy pedálu akceleračního. Poloha pedálu je převedena prostřednictvím potenciometru na elektrický napěťový signál, který řídicí jednotka vyhodnocuje a řídí podle něj regulační veličiny motoru.

- U naftového motoru - množství vstřikovaného paliva, doba vstřiku, tlak turbodmychadla atd.
- U benzínového motoru - nastavení škrtící klapky, okamžik zážehu, množství vstřikovaného paliva atd.

Elektronický akcelerační pedál (E – GAS).

- Nemá mechanické vazby k motoru.
- Informace o stlačení pedálu se přenáší elektronicky. Akcelerační pedál funguje jako snímač a informace o okamžité poloze odesílá do řídicí jednotky.[5]

3.6.2 Elektronická uzávěrka diferenciálu EDS

System EDS je možné použít jen ve spojení se systémem ABS. System EDS při prokluzu kola během rozjezdu aktivuje brzdu na daném kole bez zásahu do řízení motoru. Při vyšších rychlostech se systém EDS vypíná a jeho funkci přebírá ASR. System EDS využívá řídicí jednotku systému ABS. Zatímco ABS ale odbrzdí blokující se kolo, tak systém EDS naopak přibrzdí prokluzující kolo. Tím se přenáší větší hnací síla na kolo s lepší přilnavostí k povrchu.

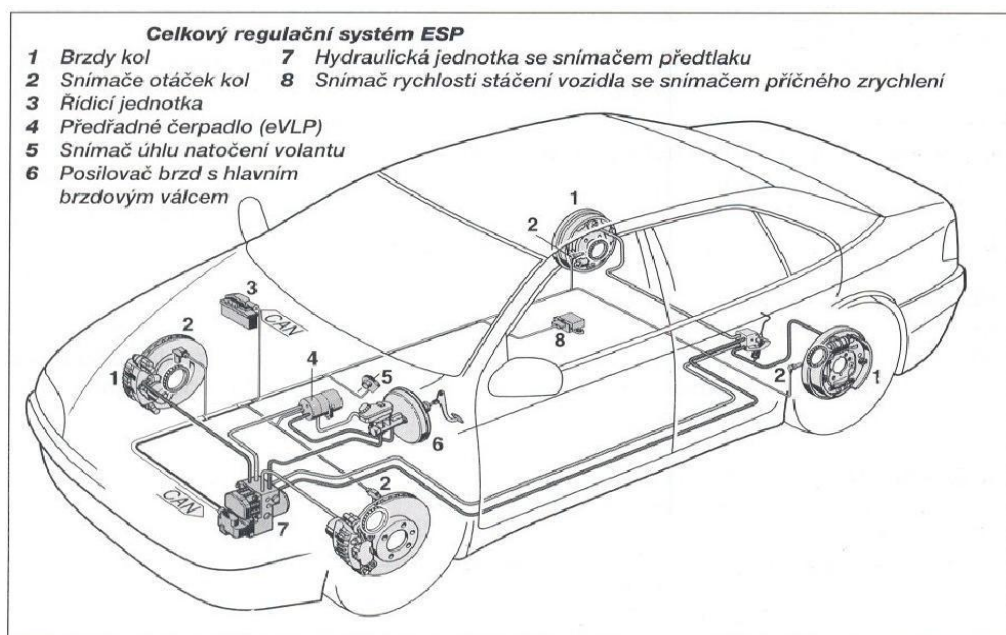
System EDS tak umožňuje rozjezd na vozovce s rozdílnou adhezí vozovky pod jednotlivými hnacími koly, přibrzdováním protáčejiícího se kola. Při vyšších rychlostech, u vozidel s náhonem na jednu nápravu je to rychlost 40 km/h (u vozidel s pohonem všech kol 80 km/h), se systém EDS vypíná.[1]

Základní funkcí ESP je udržovat vozidlo ve stabilní oblasti jeho jízdní dynamiky. Systém ESP neustále kontroluje pomocí snímačů pohyb vozidla s ohledem na adhezni podmínky vozovky a režim jízdy.

4.1 Jednotlivé části systému ESP

Systém ESP spolupracuje se systémy ABS a ASR a zároveň pro svou funkci využívá i jejich snímače. Základní části systému ESP jsou:

1. Snímače
 - rychlosti kol
 - brzdného tlaku
 - úhlu natočení volantu
 - příčného zrychlení (u automobilů s pohonem 4x4 ještě snímač podélného zrychlení)
 - rotační rychlosti
2. Elektronická řídicí jednotka (společná pro systémy ABS, ASR a ESP)
3. Hydraulická jednotka (společná pro systémy ABS, ASR a ESP)



Obr. 20 Regulační systém ESP a rozmístění jednotlivých komponent [6]

Systém ESP neustále vyhodnocuje signály ze snímačů a na jejich základě je schopna rozpoznat, skutečný a požadovaný směr vozidla. Pak vyšle instrukce pro akční členy, které ovlivní směrové chování vozu. Řídící jednotka ESP komunikuje přes sběrnici CAN-BUS s řídicími jednotkami motoru a případně také převodovky (automatické). Takto může regulovat točivý moment motoru nebo řazení převodovky. [6]

4.2 Funkce jednotlivých částí systému ESP

4.2.1 Snímače systému ESP

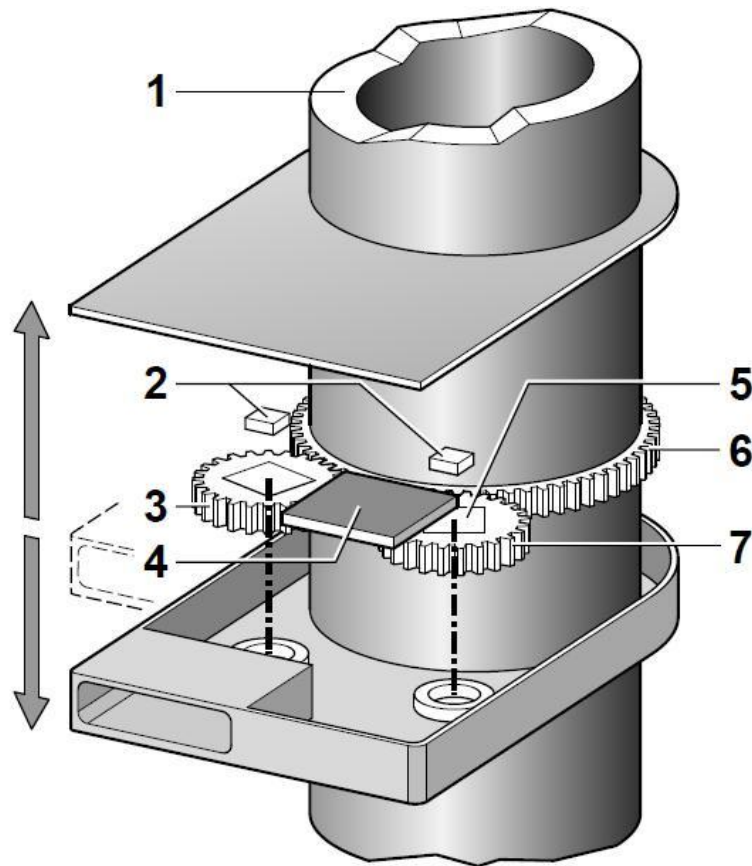
- viz kapitola 3.4.1
- viz kapitola 3.4.5

Snímač úhlu natočení volantu

Snímač úhlu natočení volantu je umístěn na hřídeli volantu mezi spínací skříňkou a volantem. Jeho rozsah je $\pm 720^\circ$ a dokáže detekovat změny už od $0,1^\circ$. Snímač přenáší signál o úhlu natočení volantu do řídicí jednotky a jako jediný má mikroprocesor pro komunikaci přes CAN-BUS.

Snímač úhlu natočení volantu využívá anizotropní magnetorezistivní prvky (AMR-anizotropní magnetický odpor). Magnetické rezistory AMR jsou anizotropní polovodičové prvky, jejichž odpor silně závisí na síle magnetického pole. V senzorech se používají tenké pásky z feromagnetického materiálu „Permalloy“ (slitina 80% niklu a 20% železa). Magnetický odpor polovodiče se mění vlivem působení vnějšího magnetického pole.

Dva moduly AMR (2) snímají otáčivé pohyby dvou ozubených kol (3,7), na kterých jsou umístěny magnety (5). Tato ozubena kola jsou pohaněna vloženým kolem a ozubeným věncem (6), který je upevněn na hřídeli volantu (1) a který se otáčí při natočení volantu. Výstupní signály ozubených kol jsou přijímány s velmi vysokým rozlišením. Ozubena kola pod AMR-elementy mají rozdílné počty zubů, a tímto rozdílem zubů je také dáno měřítko pro úhel otáčení volantu. Úhel natočení se vypočítává v mikroprocesoru (4), který zároveň posílá řídicí jednotce po sběrnici CAN. Takové provedení, umožňuje, aby se zachoval absolutní úhel řízení (tedy počet otáček volantu). Protože oba AMR-elementy, poskytují měřítko pro úhel natočení volantu, je snímač redundantní, tzn. samočinně se sledující. [3]



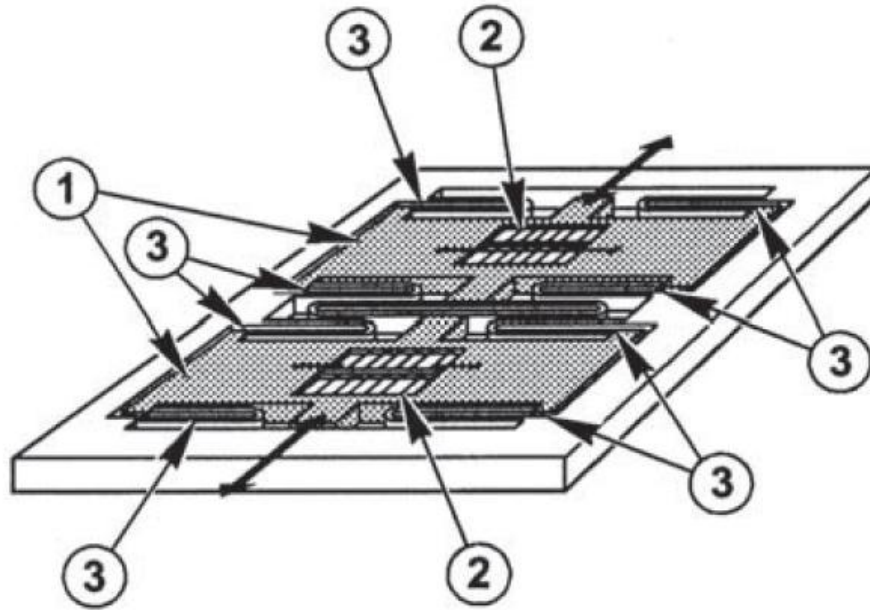
Obr. 21 Snímač natočení volantu; 1-sloupek řízení, 2-AMR snímač, 3- měřicí zubové zařízení, 4- vyhodnocovací elektronika, 5- magnety, 6- ozubené kolo na hřídeli řízení, 7- malá ozubená kola [11]

Snímač příčného zrychlení

Konstrukce a funkce tohoto snímače je obdobná jako u kapacitního snímače podélného zrychlení.

Snímač rotačního zrychlení

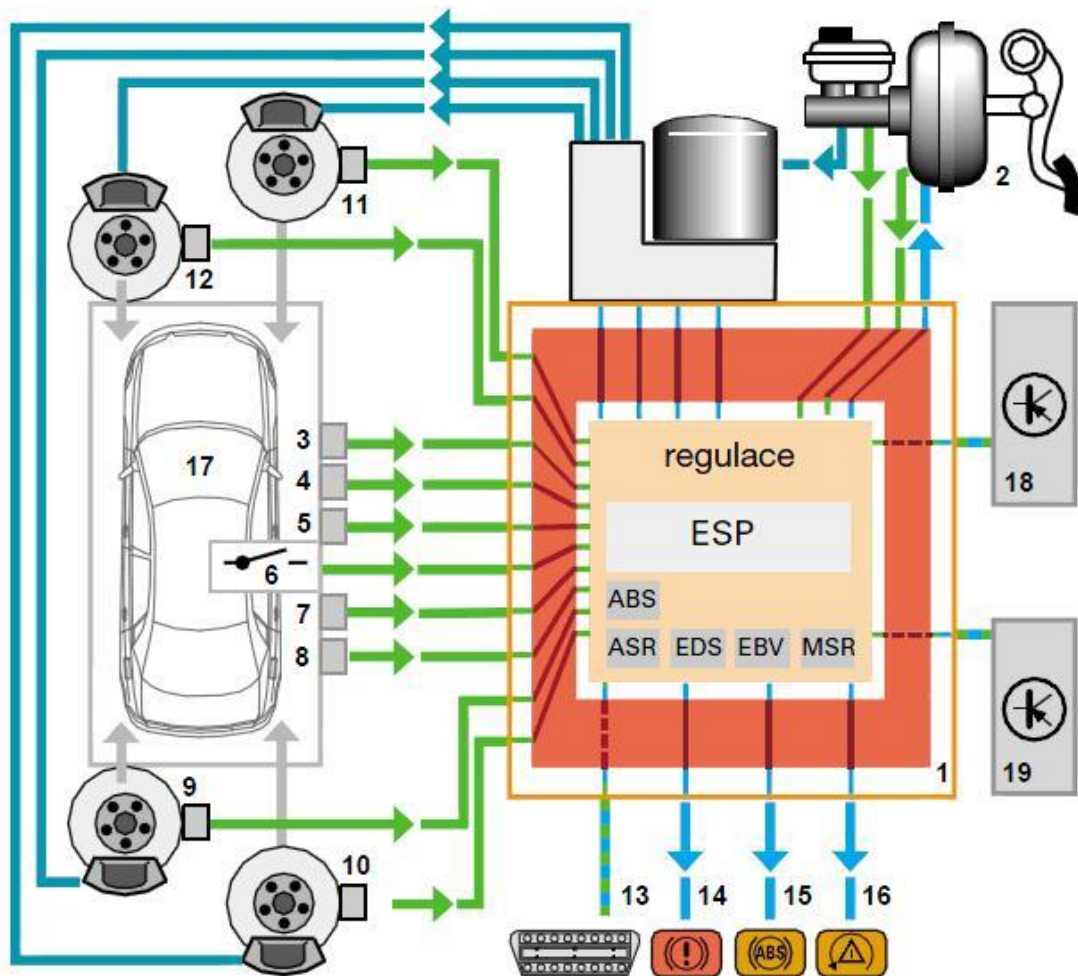
Snímá otáčivý pohyb vozidla kolem svislé osy, např. při běžném zatáčení, ale také při vybočování nebo smyku. Přístroje k měření rotační rychlosti se označují gyrometry. Nemohou se používat běžné přímo registrující snímače. Princip snímání stáčivé rychlosti využívá vznikající přídavné síly v pohyblivém systému (Coriolisovy síly). Rotace systému ovlivní kmitavý pohyb hmotných elementů, které se v něm nachází. Akční veličina nutná k zpětné regulaci do původního stavu slouží jako měřítko pro rotační rychlost. Se vzrůstající rotační rychlostí se musí také zvyšovat vratná veličina.



Obr. 22 Mikromechanický snímač rotační rychlosti a bočního zrychlení: 1- kmitající tělíska, 2- kapacitní snímače zrychlení, 3- pružiny[8]

4.2.2 Elektronická řídicí jednotka

Řídicí jednotka systému ESP pracuje podobně jako u systému ABS, ale pro vyhodnocení a řešení jízdní situace používá větší počet snímačů (senzory otáček kol, brzdného tlaku, úhlu natočení volantu, rotační rychlosti a příčného zrychlení), i větší počet akčních členů (dva páry elektromagnetických ventilů, výstup k řídicí jednotce motoru, případně převodovky).



Obr. 23. Schéma regulačního okruhu ESP; 1 hydraulická jednotka s řídicí jednotkou ABS s EDS/ASR/ESP, 2 aktivní booster se snímačem tlaku brzdové kapaliny, 3 snímač podélného zrychlení (jen vozidla s pohonem 4x4), 4 snímač příčného zrychlení, 5 snímač rotační zrychlení, 6 spínač ASR/ESP, 7 snímač úhlu natočení volantu, 8 spínač brzdových světel, 9 - 12 snímače otáček, 13 diagnostická zásuvka 14 kontrolka ruční brzdy/hladiny brzdové kapaliny, 15, 16 kontrolky ABS, ESP, 17 chování se vozidla a jednání řidiče, 18 zásah do řízení motoru, 19 zásah do řízení převodovky (jen vozy s automatickou převodovkou) [14]

4.2.3 Hydraulická jednotka

Hydraulická jednotka je společná pro systémy ABS, ASR a ESP. Hydraulická jednotka, která pracuje se dvěma diagonálně uspořádanými brzdovými okruhy, obsahuje 12 elektromagnetických ventilů, ovládajících tlak působící v brzdách jednotlivých kol.

- čtyři plnicí ventily (ABS)
- čtyři vypouštěcí ventily (ABS)
- dva hlavní odpojovací ventily (ESP)
- dva odpojovací ventily zásobníku (ESP)

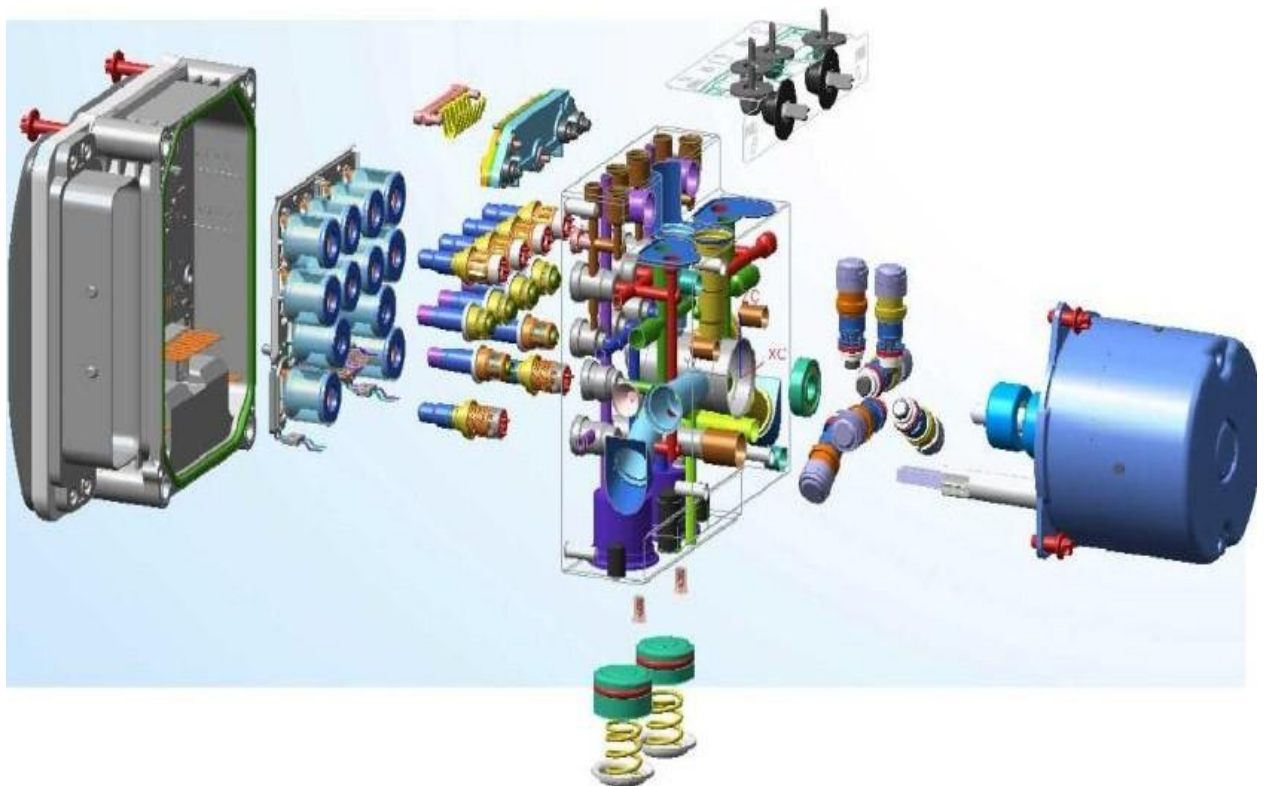
Hlavní odpojovací ventily

Otevírají a uzavírají hydraulický obvod mezi hlavním brzdovým válcem a plnicím ventilem ABS. Když nejsou aktivovány, je pružinou přidržovány v otevřené poloze. Princip a konstrukce jsou podobné jako u plnicího ventilu.

Odpojovací ventily zásobníku

Uzavírají hydraulický obvod mezi hlavním brzdovým válcem a zásobníkem. Jejich konstrukce a činnost je obdobná jako u vypouštěcího ventilu.

Hydraulická jednotka má navíc ještě dvě hydraulická čerpadla poháněná jedním elektromotorem a dva tlakové zásobníky.

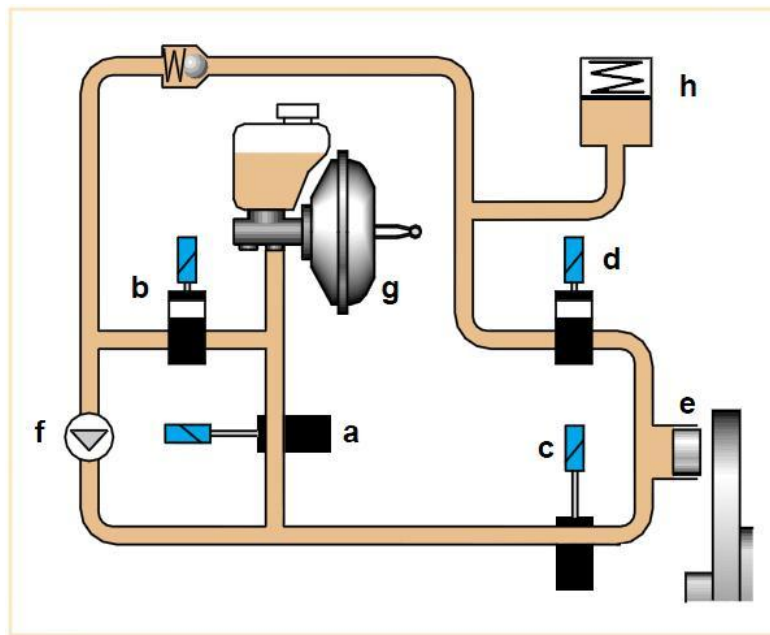


Obr. 24 Hydraulická jednotka - jednotlivé části[7]

4.3 Činnost systému ESP

Normální stav

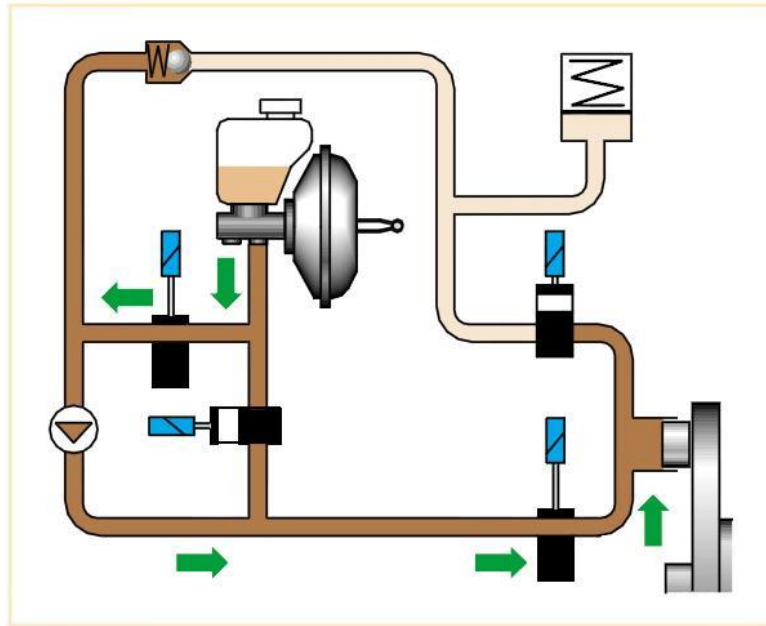
Za stavu (Obr. 25), kdy není systém ESP aktivní, je hlavní odpojovací ventil i plnicí ventil otevřen a brzdová kapalina z hlavního brzdového válce může volně proudit k brzdám jednotlivých kol. V tomto režimu fungují brzdy běžným způsobem, jako systém bez ABS a ESP. Pro zjednodušení je činnost systému ESP vysvětlena jen na jednom kole. [15]



Obr. 25 **a**-vypouštěcí ventil ESP, **b**-napouštěcí ventil ESP, **c**-napouštěcí ventil ABS, **d**-vypouštěcí ventil ABS, **e**-brzdový váleček, **f**-hydraulické čerpadlo ABS, **g**-aktivní posilovač brzd, **h**-nízkotlakový akumulátor [15]

Zvyšování tlaku

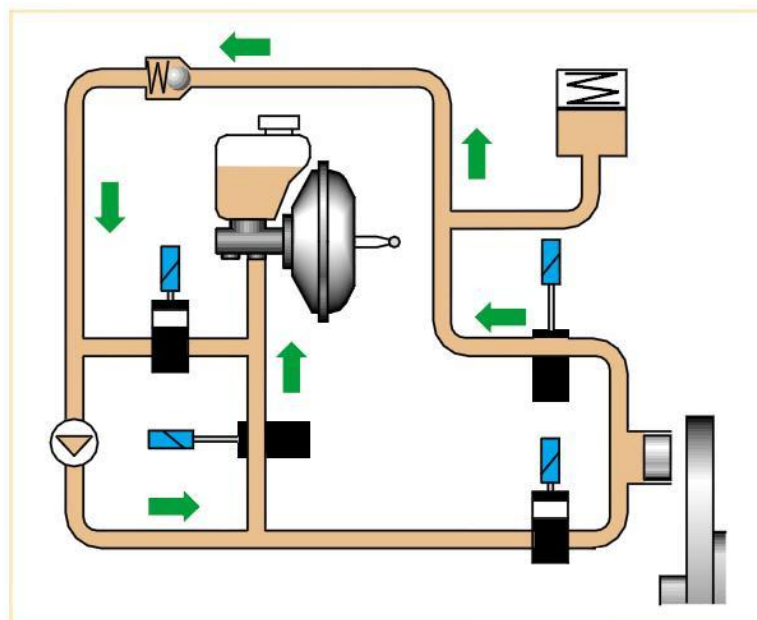
V případě zatáčení, nebo prudké akcelerace na povrchu se sníženou adhezí, kdy kola začnou prokluzovat, vydá řídicí jednotka instrukce pro zvýšení tlaku (Obr. 26). Hlavní vypouštěcí ventil **a** je uzavřen, tím je hlavní brzdový válec odpojen od brzdového okruhu. Napouštěcí ventil zásobníku **b** se otevře a brzdová kapalina z hlavního brzdového válce může proudit k čerpadlu, které vytvoří potřebný tlak. Napouštěcí ventil ABS **c** zůstane tak dlouho otevřený, dokud bude potřeba kolo přibrzďovat. [15]



Obr. 26 Zvyšování tlaku [15]

Udržování tlaku

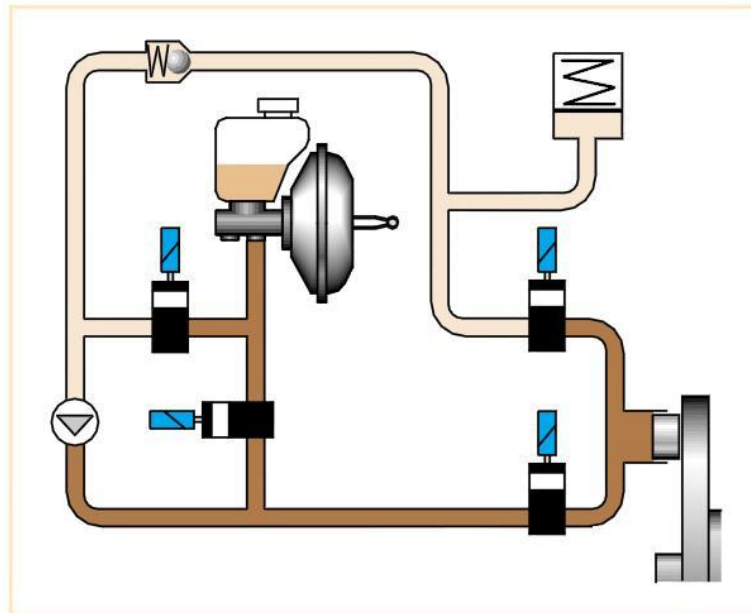
Když je brzdový tlak na optimální hodnotě, řídicí jednotka nechá uzavřít plnicí ventil. Vypouštěcí ventil je také uzavřen, hlavní brzdový válec je tedy odpojen a čerpadlo stále pracuje (Obr. 27).



Obr. 27 Udržování tlaku [15]

Snižování tlaku

Je-li potřeba brzdný tlak v brzdě kola snížit, vypouštěcí ventil **d** je otevřen, vypouštěcí ventil **a** může být v závislosti na velikosti tlaku buď otevřen, nebo zavřen. Napouštěcí ventil ESP **b** a napouštěcí ventil ABS **c** jsou uzavřeny. Brzdová kapalina je vedena přes vypouštěcí ventil ESP **a** a brzdový válec zpět do zásobní nádoby (Obr. 28). [15]



Obr. 28 Snížování tlaku [15]

5 Posilovač řízení

Pro zvýšení bezpečnosti a komfortu se do automobilů začali montovat posilovače řízení. Posilovač řízení je hydraulické nebo elektrické zařízení, které snižuje potřebnou ovládací sílu na otočení volantem. U vozidel které mají hodně zatíženou přední nápravu (motor), je síla potřebná k otočení volantu u stojícího nebo pomalu se pohybujícího vozidla relativně velká. Dnes se používají:

- Hydraulické servořízení (HPS)
- Elektrohydraulické servořízení (EHPS)
- Elektrické servořízení (EPS)

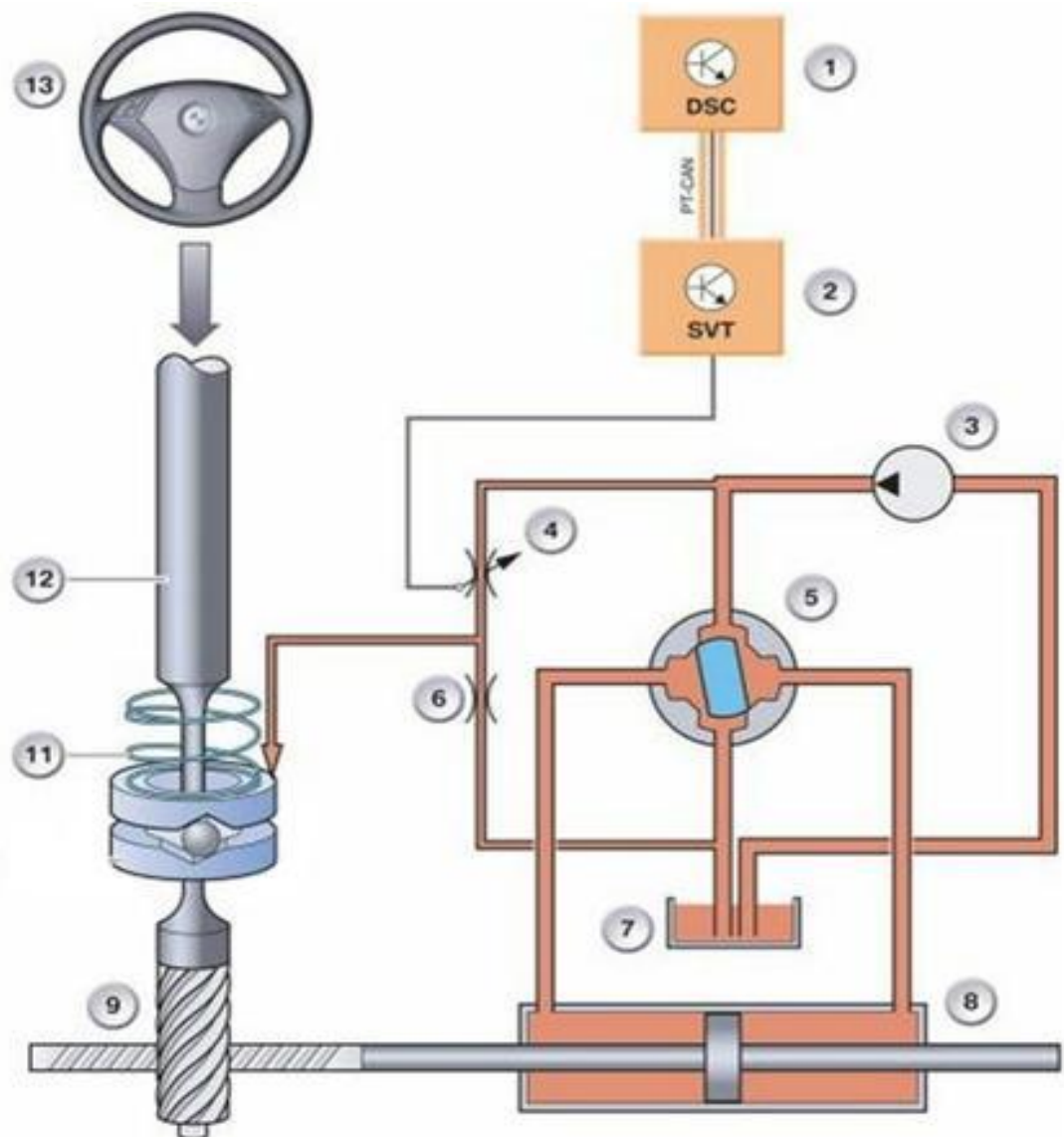
5.1 Hydraulické servořízení HPS

Hydraulické posilovače řízení lze rozdělit na posilovače s hřebenovým řízením a servořízení Servotronic.

Hydraulické servořízení pracuje na principu přepouštění tlakového oleje, na levou nebo pravou stranu pístu, který je spojen s tyčí řízení. Tlakový olej působí na plochu pístu a tím na tyč řízení, podle toho na jakou stranu zatáčíme. Tlak je úměrný množství oleje, propuštěného drážkovanými otvory, které se otevírají natočením hřídele volantu. Ve válci je pístnice, která na jedné straně přechází v ozubenou tyč. Na jejích koncích jsou vodorovné kulové klouby s tyčemi řízení. Zdrojem hydraulického tlaku je mechanicky poháněné olejové čerpadlo poháněné řemenem od klikového hřídele. Spojení čerpadla a řídicího systému zajišťuje vysokotlaké potrubí. Spojení vyrovnávací nádoby a čerpadla nám zajišťují nízkotlaké potrubí. Tento posilovač pracuje jen při běžícím motoru, kdy je zajištěna dodávka tlakového oleje z čerpadla. Při vypnutém motoru, je přenos síly z volantu možný díky zachování mechanické vazby, ale je k tomu potřeba daleko větší síly (píst s olejem). [3]

Servořízení Servotronic pracuje podobně jako klasický hydraulický posilovač, ale jeho posilovací účinek je závislý na rychlosti vozidla. Řídící jednotka vyhodnocuje rychlost vozidla a na jejím základě řídí akčními členy posilovací účinek. Posilovací účinek je největší když vozidlo stojí, nebo jede hodně pomalu. S rostoucí rychlostí klesá posilovací účinek. Jestliže je rychlost nízká, je měnič, zpětný ventil a odtok tlakového oleje uzavřen. Nevzniká tedy žádné proudění oleje, na tlakových ventilech není žádný tlakový spád, a zpětné prostory vykazují stejný tlak. Řízení má lehký chod a lze ho obsluhovat nepatrnou silou. Při zvýšení

rychlosti, řídicí jednotka průběžně reguluje velikost hydraulického zpětného působení. Tlakový olej protéká z prostoru zpětného působení přes škrťací ventil a měnič do zásobníku. Ve velkých rychlostech je ventil měniče zcela otevřen a tlak ve zpětném prostoru je dále regulován. Síla potřebná na volant tím dále vzrůstá až do určité hranice. Tuto hranici určuje omezovací ventil tím, že zabrání dalšímu poklesu tlaku v prostoru zpětného působení. Dojde-li k rozdílu mezi prostory zpětného působení, posune se píst v omezovacím ventilu proti síle pružiny a dochází tak k tlumení odtoku oleje do zásobníku. Hydraulické zpětné působení již dále nestoupá.[12][16]

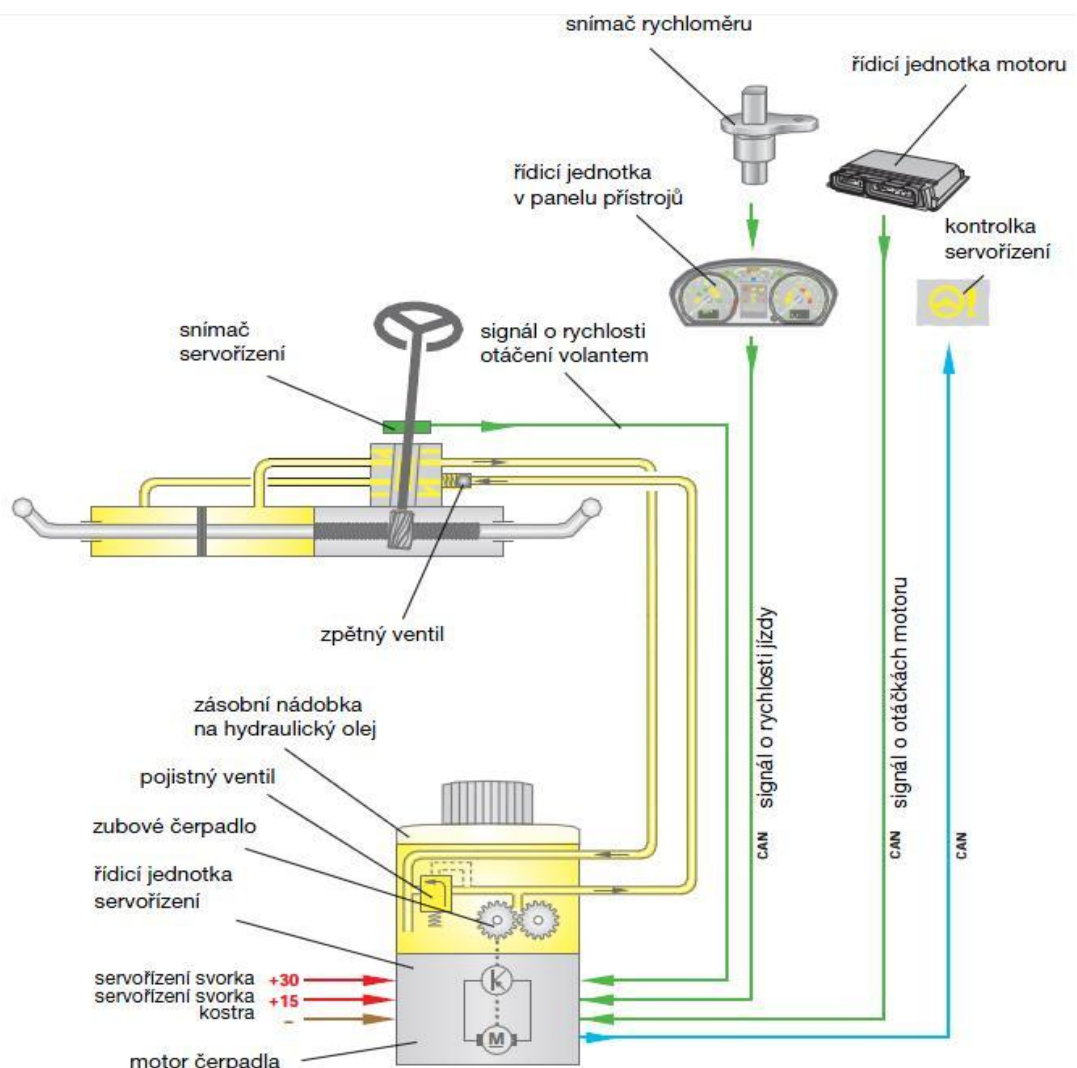


Obr. 29 Hydraulické servořízení HPS: 1- řídicí jednotka, 2- řídicí jednotka Servotronic, 3- čerpadlo posilovače řízení, 4- Servotronic ventil, 5- rotační ventil, 6- škrťací ventil, 7- Zásobník, 8- píst na tyči řízení, 9- převod řízení, 12- torzní tyč, 13- volant [12]

5.2 Elektrohydraulické servořízení EHPS

Pracuje na stejném principu jako hydraulické servořízení, ale hydraulické čerpadlo není poháněno od spalovacího motoru. Je poháněno vlastním elektromotorem. Velikost sil, kterými působí posilovač, lze měnit pomocí programových charakteristik v závislosti na rychlosti jízdy (např. velká posilovací síla při parkování, malá posilovací síla při velkých rychlostech).

Čerpadlo je spojené tlakovým vedením s převodkou servořízení. Zpětné vedení hydraulického oleje vede zpět do nádoby (zásobníku). Čerpadlová jednotka obsahuje také řídicí jednotku servořízení EPHS. Řídicí jednotka přijímá signály o rychlosti jízdy, otočení volantu, které vyhodnocuje a na jejich základě pak řídí hydraulické čerpadlo. Elektrohydraulický posilovač řízení zrychluje reakční dobu řízení a zaručuje velmi dobré ovládání vozu za všech podmínek. Účinek posilovače je optimalizovaný v závislosti na rychlosti jízdy a povrchu vozovky. [16] [18]



Obr. 30 Elektrohydraulické servořízení EHPS [14]

5.3 Elektrické servořízení EPS

System EPS (elektrické servořízení), je mechanicky připojeno do soustavy řízení automobilu. Skládá se z elektrického pohonu (motoru), výkonové elektroniky, řídicí jednotky (mikropočítač) a snímačů. U tohoto řešení úplně odpadá hydraulická část systému jako u systémů HPS a EHPS. Pomocná síla je přenášena buď přímo na hřídel řízení, nebo přes přídatnou převodovku. V současnosti jsou používány čtyři typy elektrických servořízení, podle umístění pohonu a mechaniky EPS jednotky:

- C-EPS (Column assist type Electric Power Steering)- elektrický posilovač řízení s elektronickou jednotkou umístěný ve sloupku řízení; používá se pro menší automobily
- P-EPS (Pinion assist type Electric Power Steering)- kompaktní zařízení zabudované do převodky řízení; řízení je poháněno přes redukční převodovku; používá se v automobilech střední třídy, vysoká tuhost mechanického spojení
- D-EPS (Direct assist type Electric Power Steering)- kompaktní zařízení zabudované do převodky řízení; elektromotor pohání přímo řízení;
- R-EPS (Rack assist type Electric Power Steering)- kompaktní zařízení zabudované do převodky řízení; elektromotor pohání řízení přes redukční převodovku (planetární převodovka) ozubenou tyčí, používá se v automobilech vyšší a nejvyšší třídy [11]

Použití jednotlivých typů viz tabulka přílohy (Příloha A – Tab. 1Příloha A – Tab. 1).

System ESP má v porovnání se systémy HPS a EHPS celou řadu výhod:

- Dochází ke snížení ztrát systému EPS – je aktivní jen případě potřeby (řidič vykonává akční zásah - otočení volantem)
- Moderní systém EPS má v porovnání s klasickým hydraulickým posilovačem řízení o 90% menší spotřebu (v závislosti na typu automobilu), to vede ke snížení spotřeby ve městě o 0,2 - 0,4 l/100km, mimo město až o 0,5 - 0,8 l/100km
- Programovatelná závislost stupně posilovací síly na okamžité rychlosti, kompenzace bočního větru atd. (volitelné charakteristiky řízení)
- Zvýšení bezpečnosti- může pracovat i při vypnutém motoru
- Jednoduchá implementace dalších užitečných funkcí (aktivní řízení, asistenční systémy parkování)
- Bezúdržbové systémy

- Odpadá hydraulická část, systém EPS je tedy méně náročný na zástavbový prostor, úspora hmotnosti
- Velmi tiché

5.3.1 Princip EPS

Systém EPS je elektromechanický systém, mechanicky připojený k řízení vozidla za účelem usnadnění, řízení automobilu.

Jednotlivé části:

- Zdroj elektrické energie
- Elektrický motor
- Řídící jednotka (mikropočítač zpracovávající vektorové výpočty)
- Výkonová elektronika, která řídí výkon motoru (3f střídač, elektronické obvody pro zpracování signálů snímačů a komunikační rozhraní pro řídicí jednotkou)
- Snímač momentu
- Snímač pozice rychlosti volantu

Když řidič otočí volantem, senzor posilovače řízení detekuje polohu a rychlost otáčení volantu. Tyto informace spolu s informacemi získanými od snímače momentu na hřídeli řízení se přivádí do řídicí jednotky posilovače řízení. Další vstupy, jako je rychlost vozidla a vstupy z kontroly trakce nebo systémů kontroly stability, jsou také zpracovány. Řídící jednotka vyhodnotí tyto údaje a na jejich základě pak řídí velikost momentu elektromotoru. Čidlo na motoru poskytuje zpětnou vazbu řídicí jednotce, takže řídicí jednotka může sledovat pozici motoru. [11] [12]

5.3.2 Elektrické motory použitelné pro systém EPS

Zdrojem posilovací síly je u systému EPS elektrický motor. Na elektrický motor systému EPS jsou kladeny různé požadavky (velký startovací moment, malé zvlnění momentu, odolnost proti vysokým teplotám).

Stejnoseměrný bezkartáčový motor s permanentním magnetem (BLDC)

- Velký startovací moment
- Velká účinnost
- Při stejném výkonu je menší než asynchronní motor
- Problematický provoz při vysokých teplotách (Curierova teplota)
- Zvlnění momentu
- Pro řízení je nutné znát pozici rotoru
- Přítomnost magnetické pole i v neaktivním stavu

Spínaný reluktanční motor (SR)

- Velký startovací moment (pasivní rotor)
- Může pracovat při vysokých teplotách (bez permanentního magnetu)
- Vysoká účinnost motoru
- Pro řízení je nutné znát pozici rotoru

Asynchronní motor (AS)

- Je jedním z nejpoužívanějších typů, poskytuje sílu až 11kN
- Velmi malé zvlnění momentu
- Je velice spolehlivý
- Může pracovat i při vysokých teplotách (nemají permanentní magnety)
- K rozběhu motoru není potřeba znát počáteční polohu
- V neaktivním stavu negeneruje magnetické pole (zbytková magnetizace - remanence)
- Mají skluz – rychlost rotoru je odlišná od rychlosti magnetického pole
- Poměrně složité řízení rozběhu motoru

Synchronní motor s permanentním magnetem (PMSM)

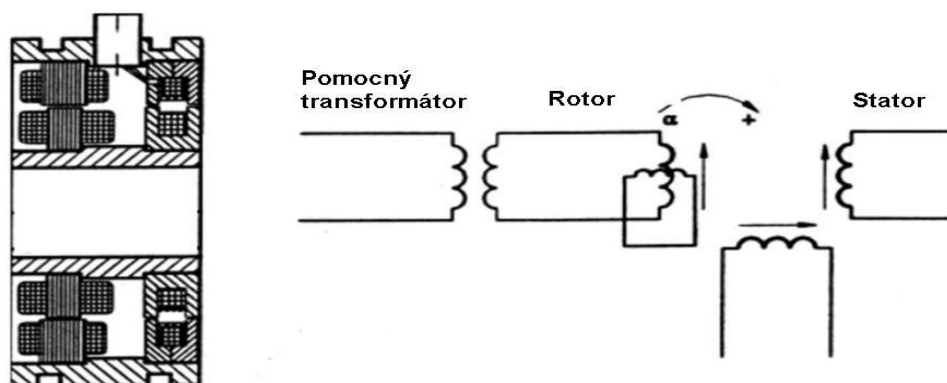
- Mají velký startovací moment
- Velká účinnost
- Při stejném výkonu je menší než asynchronní motory (snížení hmotnosti a zástavbového prostoru)
- Velmi malé zvlnění momentu
- Pro řízení je nutné znát pozici rotoru
- Problematický provoz při vysokých teplotách (Curierova teplota)
- Přítomnost magnetické pole i v neaktivním stavu

Dnes nepoužívanější asynchronní motor je ve vyšší střední a vyšší třídě automobilů nahrazován synchronním motorem s permanentním magnetem (střídavý servomotor), který dosahuje pomocných sil až 13kN. [7]

Střídavé servomotory jsou bezkartáčové synchronní motory, s rotorem s permanentními magnety obsahující vzácné kovy. Konstrukce motoru s použitím nových magnetických materiálů dovoluje až několikanásobné momentové přetížení, proto jsou tyto motory vhodné pro dynamicky náročné úlohy s nízkou spotřebou.

5.3.3 Snímač pro měření polohy a rychlosti

Pro měření polohy volantu v systémech EPS se často používá snímač polohy zvaný resolver. Principiálně se jedná o polohový transformátor. Resolver má dvě vinutí na statoru a jedno vinutí na rotoru. Statorová vinutí jsou vůči sobě natočená o 90°. Resolver je používán jako absolutní snímač úhlu natočení. [15]



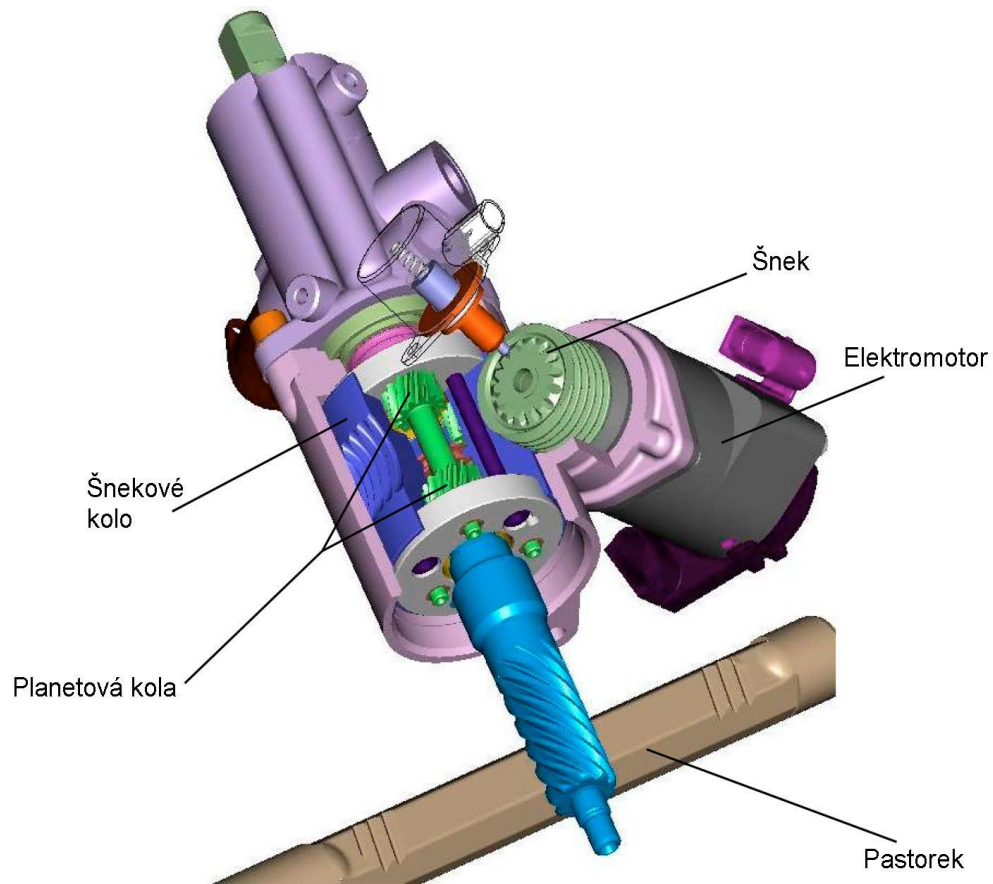
Obr. 31 Topologie snímače pro měření polohy a rychlosti [15]

Princip měření resolveru spočívá v tom, že rotorové vinutí je napájeno harmonickým signálem s konstantní frekvencí. Při otáčení rotoru se pak indukují napětí do jednotlivých statorových vinutí, které pak nesou informaci o poloze hřídele. Magnetické pole rotoru pak indukuje ve statorových vinutích složky napětí s amplitudami závislými na úhlu natočení rotoru vůči pevnému statoru. [18]

5.4 Aktivní řízení

Současný vývoj automobilové techniky směřuje k elektronicky řízeným systémům bez mechanické vazby. Systém řízení bez mechanické vazby Steer-by-Wire (řízení po drátě), má velice vysoké nároky na zajištění potřebné bezpečnosti a tím také roste jeho cena. Systém aktivního řízení zachovává mechanické spojení volantu a kol, ale odstraňuje nevýhodu konvenčních systémů řízení, kde je pevně stanovený převod řízení. Ten bývá volen jako kompromis mezi ideálními hodnotami mezi pomalou a rychlou jízdou. Do určité rychlosti je vhodný převod relativně strmý pro okamžitou odezvu vozu na natočení volantu a snadnou ovladatelnost. Při jízdě po dálnici, kde nejsou potřeba velké změny směru, je potřeba převod větší, aby byla kompenzována citlivost řízení rostoucí s rychlostí jízdy.

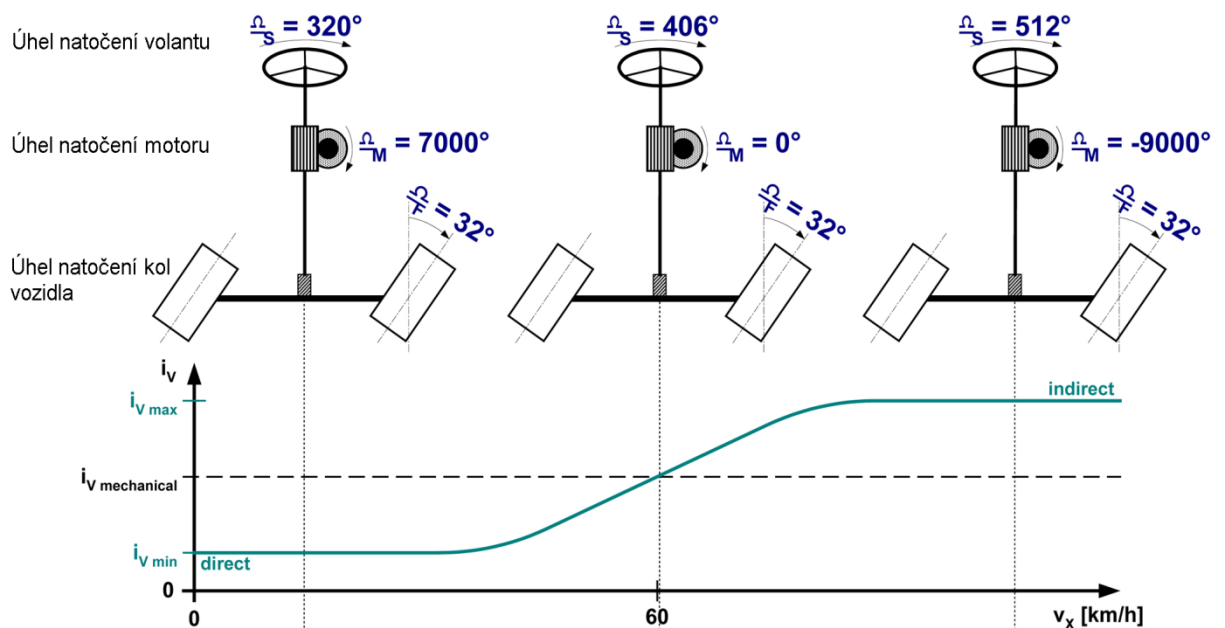
U aktivního řízení je mechanický sloupek řízení zachován a je do něj přidána planetová převodovka, která má 2 vstupní a jeden výstupní hřídel, který je spojena s řízenými koly. Jeden ze vstupních hřídelí je spojen s volantem a druhý je poháněn elektromotorem přes šnekovou převodovku. Díky elektromotoru a nadřízené převodovce je možné zasahovat do mechanismu řízení nezávisle na řidiči. Podle jízdní situace je úhel řízení na kolech větší nebo menší, než jej nastaví řidič volantem. Když je elektromotor vypnutý (neaktivní), je volant přímo spojen s řídicími koly. Při závadě nebo úplném výpadku systému je tedy zachována ovladatelnost vozidla. Planetová převodovka se pak otáčí jako uzavřený blok a vozidlo lze řídit bez omezení s konstantním převodem (Obr. 32). [8]



Obr. 32 Posilovač řízení

Systém aktivního řízení automaticky reguluje převod řízení v závislosti na rychlosti automobilu (Obr. 32). Při vysokých rychlostech je převod řízení velký. Snižuje se tím nebezpečí nechtěné změny směru a řidič to vnímá jako citelné zvýšení jízdní stability. Při nižších rychlostech je převod strmější, díky tomu je zatáčení a parkování v městském provozu snadnější. Systém má vlastní řídicí jednotku, která neustále vyhodnocuje údaje z celé řady snímačů a na jejich základě mění nejvhodnější nastavení až stokrát za sekundu. Aktivní řízení zvyšuje bezpečnost, usnadňuje řízení vozidla a je ideálním doplňkem stabilizačních systémů (ESP, DSC). V kritických jízdních situacích (na kluzkém povrchu, při bočním větru, náhlé změně směru) je aktivní řízení schopné natočit kola mnohem rychleji než řidič a vůz tak stabilizovat. [16]

ÚPRAVA POMĚRU MEZI ÚHLEM VOLANTU A PRŮMĚRNÝM NATOČENÍ KOL VOZU



Obr. 33 Proměnný poměr řízení[7]

U konvenčních řízení bývá převod řízení kolem 18:1, aktivní řízení může tento poměr v určitém rozmezí libovolně měnit, v závislosti na jízdní situaci (aktivní řízení od BMW dokáže měnit převodový poměr řízení od 10:1 až do 25:1.

- Nízký převodový poměr - výstupní hřídel z elektromotoru se otáčí ve směru otáčení volantu.
- Vysoký převodový poměr - elektromotor pracuje proti směru otáčení volantu (při shodném natočení volantu se řízená kola natočí méně než v předchozím případě).

Elektronika aktivního mechanismu řízení může na základě vlastních dat od snímačů v nebezpečných jízdních situacích natáčet kola do opačného směru a tím ovlivňovat jízdní dynamiku vozidla. Stabilizační zásah do řízení proběhne rychleji než přibrzděním jednotlivých kol. [16]

6 Vývoj

Elektronické systémy v automobilovém průmyslu mají stále důležitější roli. Díky rozvoji moderních polovodičových technologií stále častěji dochází k nahrazování mechanicky poháněných agregátů za elektricky poháněné.

V současné době je trend v nahrazování původně mechanicky poháněných agregátů elektrickými. Důvodů je hned několik. Elektronickou regulací lze podstatně zvýšit účinnost. Jedná se hlavně o ventilátory, čerpadla, kompresory klimatizace, posilovače řízení a další agregáty, které mají velké nároky na spotřebu energie.

Brzdou soustavou je dnes vybaven každý automobil. Vzhledem k současným trendům a dostupným technologiím se i zde začínají objevovat i jiné než hydraulické ovládání brzd. To s sebou nese celou řadu výhod i nevýhod.

6.1 Steer-by-Wire

Technologie by-Wire byla původně určena pro letecký průmysl. Při této konstrukci se příkazy převedou na elektrický signál, kterým ovládán elektromechanický nebo elektrohydraulický akční člen. Steer by Wire, nebo-li řízení po drátech, spočívá v odstranění mechanické vazby mezi volantem a řízeními koly. Na hřídeli volantu je snímač natočení, který snímá úhel natočení volantu. Řídící jednotka tento signál vyhodnotí a na jeho základě, pomocí elektromotoru natočí kola do požadovaného úhlu. Pro zachování zpětné vazby od kol, je volant vybaven elektromotorem, který vrací volant do základní polohy. Stejně tak musí být zajištěn návrat kol do přímého směru (u mechanického spojení kol s volantem to zajišťuje geometrie přední nápravy).

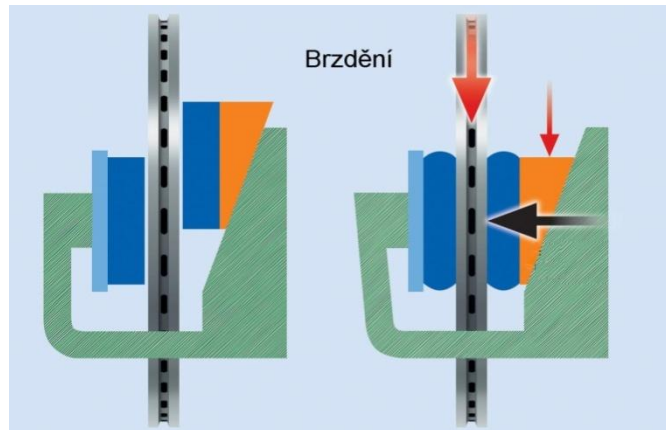
Steer by Wire umožňuje volně zasahovat do řízení bez vědomí řidiče a je to první krok k plně autonomním řídicím systémům. Protože zde není zajištěna žádná mechanická vazba volantu s řízením, je zde velmi důležitá bezpečnost. Za žádných okolností nesmí dojít k výpadku systému. Za tímto účelem byla vyvinuta i speciální sběrnice FlexRay, která je zaměřena na maximální spolehlivost a rychlost přenášené informace. Oproti běžným jiným sběrnice používaným v automobilech dosahuje přenosových rychlostí až 10Mb/s a má dvoukanálovou strukturu.

Technologie Steer by Wire je finančně velmi nákladná. Tento systém je určen jen do nejvyšších tříd automobilů, takže jeho masivní uvedení na trh v blízké době asi není pravděpodobné. Podobné vlastnosti může poskytnout systém aktivního řízení. [24]

6.2 Elektromechanicky řízené brzdy

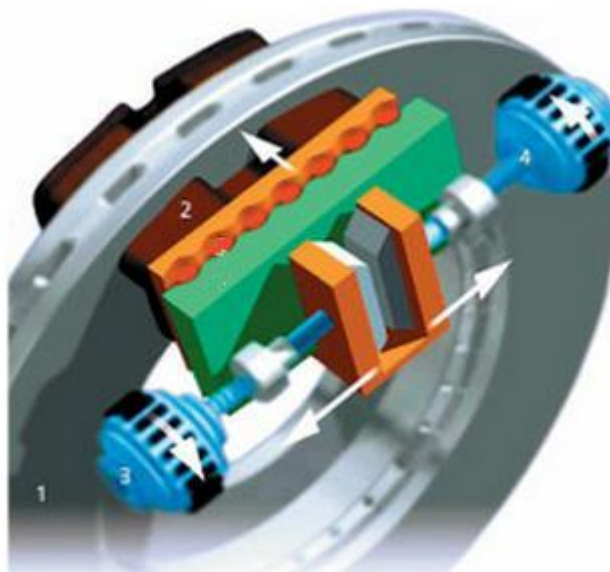
6.2.1 Elektronická klínová brzda EWB

Elektronická klínová brzda pracuje na principu klínu, který je vytlačován malým krokovým elektromotorem mezi třmen a brzdné obložení, které působí na brzdový kotouč.



Obr. 34 Princip klínové brzdy

Princip klínové brzdy je v rychlém krokovém motoru vtačující destičku (klín) mezi třmen a kotouč. Aby vlastní otáčení kotouče pomáhalo zabrzdění kola, musí elektromotor posouvat brzdovou destičku (klín) směrem pohybu kotouče. Tím jak je klín vtahován ve směru otáčení kotouče, ještě více zesiluje třecí sílu mezi destičkou a kotoučem. Čím rychleji se kotouč bude otáčet, tím silněji je vtahován klín mezi třmen brzd a kotouč. Proto elektromotor nemusí vyvinout při vysoké rychlosti kotouče tak velkou sílu. [17]



Obr. 35 Elektricky ovládaná brzda EWB: 1-kotouč kola, 2- brzdové destičky, 3-elektromotor ovládající přítlak, 4-elektromotor ovládající uvolňování,[17]

Závěr

Při dnešní intenzitě silničního provozu je velmi důležitá bezpečnost automobilů. Proto se výrobci automobilů snaží vyvíjet stále nové a dokonalejší prvky aktivní a pasivní bezpečnosti.

V této bakalářské práci jsem se zabýval zejména systémy aktivní bezpečnosti v automobilech. Jedním z kroků ke zvýšení bezpečnosti bylo zavedení sériové výroby systému ABS, firmou Bosch. Jak byl systém ABS dále vyvíjen a zdokonalován, přibývaly k němu další systémy jako (ASR, EDS, ESP atd.). Dříve byly tyto systémy využívány jen pro luxusní vozy. Vývoj nových technologií a materiálů umožnil využívání těchto systémů i u nižších tříd automobilů. Systémy, které pomáhají řidiči v kritických jízdních situacích, jako jsou systémy řízení brzd ABS a systémy jízdní stability ESP, od svého zavedení mnohonásobně snížily nehodovost.

Že řešení otázky bezpečnosti automobilů je velice důležité dokládá i rozhodnutí Evropského parlamentu vybavit povinně všechna nová vozidla vyrobená v Evropské unii od roku 2011 systémem ESP. [23]

Používání nových systémů ve výbavě vozů značně přispělo k tomu, že cestování automobilem je dnes bezpečnější než kdy předtím.

Použitá literatura

- [1] VLK, František. *Automobilová elektronika: systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. vyd. 1. Brno: Prof.Ing.František Vlk,DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006, 308 s. ISBN 80-239-7062-3.
- [2] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel: jízdní odpory, hnací charakteristika, brzdění, odpružení, řiditelnost, ovladatelnost, stabilita*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000, 434 s. ISBN 80-238-5273-6
- [3] VLK, František. *Lexikon moderní automobilové techniky*. [online]. [cit. 2012-06-06]. DOI: 8023954164.
- [4] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 3. přeprac., rozš., aktualiz. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2006, 464 s. ISBN 80-239-6464-X.
- [5] MATTES, B. *Bezpečnostní komfortní systémy: elektrické a elektronické systémy motorových vozidel*. 1. české vyd. Praha: Robert Bosch, 2000, 49 s. Technická příručka (Bosch). ISBN 80-902-5859-X.
- [6] ZANTEN, Anton van. *Regulace jízdní dynamiky: jízdní bezpečnost motorových vozidel*. 1. české vyd. Praha: Robert Bosch, 2001, 63 s. Technická příručka (Bosch). ISBN 80-902-5858-1.
- [7] Bosch tiskové fórum. [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: <http://www.bosch.cz/press/default.asp>
- [8] Soudní inženýrství: Časopis pro znalectví v technických a ekonomických oborech. [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/cz/uvod.php>
- [9] *ABS 5: Protiblokovací systém pro osobní a lehká užitková vozidla*. Dostupné z: www.bosch.cz/aa
- [10] <http://www.policie.cz/>. [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [11] Zf-lenk systeme. [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: <http://www.zf-lenkensysteme.com/produkte.html>
- [12] <http://www.eetimes.com/>. [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: <http://www.eetimes.com/design/embedded/4006457/Electric-power-steering-one->

[good-turn-deserves-another](#)

- [13] [Http://www.rozhlas.cz](http://www.rozhlas.cz). [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: <http://www.rozhlas.cz/vedaarchiv/portal/zprava/192738>
- [14] Autolexicon. [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/>
- [15] ŠKODA AUTO. *Technické příručky Škoda auto: ABS, ESP, EHPS* [pdf].
- [16] [Http://www.kfztech.de/kfztechnik/fahrwerk/lenkung/servotronic.htm](http://www.kfztech.de/kfztechnik/fahrwerk/lenkung/servotronic.htm). [online]. [cit. 2012-06-06].
- [17] Technik.ihned. [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: <http://technik.ihned.cz/c1-20387360>
- [18] Iuvmag. [online]. [cit. 2012-06-07]. Dostupné z: http://www.iuvmag.com/articles/2009_01-03.html
- [19] Autorevue. [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: http://www.autorevue.cz/revolucni-brzdy-siemensu-az-polovicni-brzdna-draha-pry_4
- [20] [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: http://autoelectronics.com/chassis_suspension/electric_power_steering/electronic_power_steering_eps/
- [21] Automobilový průmysl. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-06-07]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Automobilov%C3%BD_pr%C5%AFmysl
- [22] Auto.cz. [online]. [cit. 2012-06-07]. Dostupné z: www.auto.cz
- [23] [Http://www.aalcar.com/library/steering_power_electric.htm](http://www.aalcar.com/library/steering_power_electric.htm). [online]. [cit. 2012-06-06].
- [24] [online]. [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: http://autoelectronics.com/chassis_suspension/electric_power_steering/electronic_power_steering_eps/

Přílohy

Příloha A – Tab. 1

Segment automobilů	Maximální Posilovací síla [N]	Typ EPS podle umístění pohonu			
		C-EPS	P-EPS	D-EPS	R-EPS
SUV a nákladní automobily	15000				•
	14000				•
	13000				•
Nejvyšší třída automobilů	12000			•	•
	11000			•	•
Střední vyšší třída automobilů	10500		•	•	•
	10000	•	•	•	•
	9500	•	•	•	•
	9000	•	•	•	•
Střední třída automobilů	8500	•	•	•	
	8000	•	•	•	
Nížší střední třída automobilů	7000	•			
Malé automobily	6500	•			

Tab.1 Příklad používaných typů EPS (12V), podle třídy automobilu a posilovací síly (zdroj: ZF Lenksysteme)