

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

PAVEL PŘIKRYL



Elektronické brzdové systémy osobních automobilů
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Adam Polcar, Ph.D.

Vypracoval:
Pavel Příkryl



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Pavel Příklad**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Provoz techniky
Konzultant: Ing. Lukáš Tunka
Název tématu: **Elektronické brzdové systémy osobních automobilů**
Rozsah práce: 30-40

Zásady pro vypracování:

1. V úvodní části práce proveďte zhodnocení současného stavu brzdového ústrojí OA.
2. Následně se zaměřte na materiály, které se v konstrukci brzdového ústrojí používají.
3. Dále popište funkci jednotlivých systémů vycházejících z asistenčního systému ABS.
4. V poslední části práce se zaměřte na nové trendy a vývoj v oblasti elektronických systémů brzdového ústrojí osobního automobilu.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: „*Elektronické brzdové systémy osobních automobilů*“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Adamu Polcarovi, Ph.D., vedoucímu bakalářské práce, za cenné rady a odbornou pomoc při zpracování práce.

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je podat ucelený přehled o elektronických brzdných systémech osobních automobilů. V první části jsou vysvětleny základní pojmy, jako je doba brzdění, dráha brzdění a brzdné zpomalení. Také se věnuje základnímu rozdělení brzd a jejich konstrukci. V případě bubnových a kotoučových brzd jsem se zaměřil i na jejich výhody a nevýhody. Další část práce se zabývá principem funkce protiblokovacích a protiprokluzových systémů. S nimi souvisí i ostatní elektronické systémy EDS, EBV a brzdový asistent BAS. V závěru je vysvětlen princip činnosti systému stability jízdy ESP.

Klíčová slova:

brzdy, ABS, automobil, brzdové ústrojí

ABSTRACT

A goal of the bachelor's thesis is to provide a comprehensive overview of car's electronic braking systems. In the first half there are explained basic concepts, for example braking time, braking track and braking rate. It also describes basic division of brakes and their construction. In case of drum brakes and disc brakes I also focused on their pros and cons. Another part of thesis pursues to principle of anti-lock braking and anti-slip regulation systems function. To them there are related other electronic systems as EBS, EBV and BAS braking system. In the end there is explained a principle of electronic stability program ESP.

Key words:

brakes, ABS, car, brake system

OBSAH

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce.....	11
3	Brzdová soustava	12
3.1	Rozdělení brzdové soustavy.....	12
3.2	Druhy brzd	13
4	Základní pojmy	16
4.1	Doba brzdění	16
4.2	Dráha brzdění	16
4.3	Brzdné zpomalení:	17
4.4	Síly působící na kolo	18
4.5	Skluz.....	19
4.6	Vztah sil na kole a skluzu.....	20
5	Bubnové brzdy	20
5.1	Brzdový buben	22
5.2	Brzdové čelisti.....	23
5.3	Brzdový váleček.....	23
5.4	Výhody a nevýhody bubnových brzd	24
6	Kotoučové brzdy.....	24
6.1	Konstrukce a princip kotoučových brzd	24
7	elektronické systémy brzd	26
7.1	Protiblokovací systém ABS	26
7.2	Historie.....	26
7.3	Protiblokovací systém ABS kapalinových brzd.....	27
7.4	Konstrukce	27
7.5	Princip činnosti.....	29

7.6	Vývojové verze systému ABS	30
7.6.1	ABS 2S	30
7.6.2	ABS 5.0.....	30
7.6.3	ABS 5.3.....	31
7.6.4	ABS 8.0.....	31
7.7	Snímač otáček kol	31
7.7.1	Indukční snímač	31
7.7.2	Hallův snímač	32
7.8	Protiskluzový systém ASR.....	33
7.9	Elektronický rozdělovač brzdné síly EBV	34
7.10	Elektronický uzávěr diferenciálu EDS	34
7.11	Brzdový asistent BAS	35
8	Elektronický stabilizační program ESP	36
8.1	Historie	38
8.2	Princip	38
9	VÝVOJOVÉ SMĚRY v KONSTRUKCI brzdových soustav.....	41
9.1	Brake by wire	41
9.2	Elektronic Wedge Brake	41
10	Závěr	43
11	Seznam Zdrojů.....	44

1 ÚVOD

První automobily brzdily výhradně špalíky na kolech, které převzaly z tehdejších kočárů nebo pásovými brzdami na hnacím řetězci. Technologicky „obrovský“ pokrok přinesl vynález z roku 1902. Tímto vynálezem byla bubnová brzda Louise Renaulta.

V roce 1902 si Frederick William Lanchester nechal patentovat první automobil s kotoučovými brzdami. Kotoučová brzda ze začátku velmi zaostávala. Její konstrukce připomínala dnešní kotoučové brzdy na jízdním kole. Jednalo se o čistě mechanickou brzdu bez hydraulického příslušenství. Osobní vozy ovšem potřebovaly stále výkonnější brzdové ústrojí, takže se začaly používat brzdy s hydraulickým okruhem. Kotoučové brzdy nakonec získaly převahu a dnes je nalezneme i u nákladních automobilů a vlaků, které ovšem nahradily tlak kapaliny tlakem vzduchu. Letadla používají elektromechanické aktuátory, ve kterých vidí budoucnost i osobní doprava, kvůli snaze zkrátit reakční dobu brzd.

Na rozdíl od bubnových brzd, kotoučové brzdy disponují mnoha přednostmi. Například kotoučové brzdy bývají zpravidla výkonnější, můžeme citlivěji dávkovat brzdný účinek, lépe je ochladíme a díky tomu nám i v brzkém čase „nevadnou“, což by způsobilo ztrátu brzdného účinku. Nesmíme ovšem opomenout i nevýhody. Kotoučové brzdy jsou dražší, mají problémy s korozí, poškozením, znečištěním či zvlhčením pracovních ploch. Problém bývá i seřazení. Do 80. let 20. století se kotoučové brzdy montovaly k diferenciálu skrze snížení neodpružených hmot a nechtěnému zahřívání pneumatik, v dnešní době se setkáme s montáží na náboj, díky tomu méně namáháme poloosy. Nejčastěji se používají levnější varianty s jednopístkovými konstrukcemi s tzv. plovoucím třmenem. Nejdražší a nejvýkonnější konstrukce mají pevné třmeny a mohou mít až osm pístků. V kategorii supersportů se dnes již používají s více brzdíči na jednom kotouči nebo zapojení více brzdových okruhů do jednoho třmenu. Moderní vozidla s vyšším výkonem zase vícedílné kotouče. Pro snížení hmotnosti bývá mezi kotouči výplň z lehkých slitin a ocelová je pouze letmo uložená pracovní plocha. U motorsportu se instalují běžně i kompozitové, většinou ocelovo-keramické nebo karbon-keramické kotouče. Některé automobilky je za příplatek instalují i do svých sériových produkcí. [3]

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je popis a vysvětlení funkce brzdových mechanismů osobních automobilů. Jejich historický vývoj až po jejich nejmodernější inovace. V dalších částech je řešena problematika u elektronických brzdových systémů osobních automobilů. Zejména funkce ABS – *protiblokovacího systému, jeho rozšíření o funkce ASR – systém regulace prokluzu kol* a dále ESP – *elektronický stabilizační systém*, EBD – *elektronický rozdělovač brzdného systému* a další moderní systémy pro podporu bezpečné přepravy.

3 BRZDOVÁ SOUSTAVA

Brzdová soustava nám slouží k zpomalení rychlosti vozu, nebo jeho úplnému zastavení. Účinek brzd musí být regulovatelný, také musí brzdit všechny kola stejně na stejné nápravě. Přední brzdy mají mít větší brzdny účinek než zadní brzdy. Vozidlo se nesmí vychýlit při brzdném účinku z přímého směru.

Brzdové ústrojí můžeme rozdělit podle konstrukce na dvě základní. První konstrukce brzd je bubnová a druhá kotoučová. Od bubnových brzd se v moderních vozidlech ustupuje. Dnes můžeme vidět bubnové brzdy jen na zadní nápravě, a to jen z ekonomických důvodů, převážně na lehkých, malých a levných vozidlech. [1]

3.1 Rozdělení brzdové soustavy

Podle funkce:

1. *Nouzová brzdová soustava*

Nouzová brzdová soustava musí zajistit brzdění minimálně na jedno kolo z každé strany vozidla. Obvykle bývá nepoškozený okruh dvouokruhového brzdového systému nebo tím může být i parkovací / ruční brzda.

2. *Parkovací brzdová soustava*

Zajišťuje stojící vozidlo proti pohybu (zejména na svahu), a to i za nepřítomnosti řidiče.

3. *Provozní brzda*

Má obvykle nožní ovládání a slouží ke zpomalování jedoucího vozidla nebo k zastavení při všech existujících režimech jeho jízdy.

4. *Pomocná brzda*

Tato brzda slouží k udržení stálé rychlosti jízdy vozidla nebo zpomalení při sjíždění svahu. Nejčastější technická realizace bývá buď klapkou ve výfukovém potrubí, elektromagnetickým retardérem, nebo využití hydrodynamického měniče momentu v převodovce. [1]

Podle zdroje energie:

1. Přímočinná brzdová soustava

Brzdnou sílu ovládá řidič nožním pedálem nebo ruční brzdou, která je následovně přenášena přes mechanický nebo hydraulický převod přímo na kola vozidla.

2. Brzdová soustava s posilovačem

Ve vozidlech se dnes již používá posilovač brzd. Síla řidiče je posílena podtlakovým nebo hydraulickým posilovačem. Při poruše posilovače musí být schopno vozidlo bezpečně zastavit, a přitom ovládací síla pedálu nemá překročit sílu 800 N v osobním automobilu.

3. Nepřímočinná brzdová soustava (strojní brzdy)

Brzdy jsou ovládány jiným zdrojem energie. Většinou tlakem vzduchu, který ovládá řidič. [1]

Podle způsobu ovládání:

1. Ruční

Ruční brzda se ovládá tahem brzdící páky uvnitř vozidla.

2. Nožní

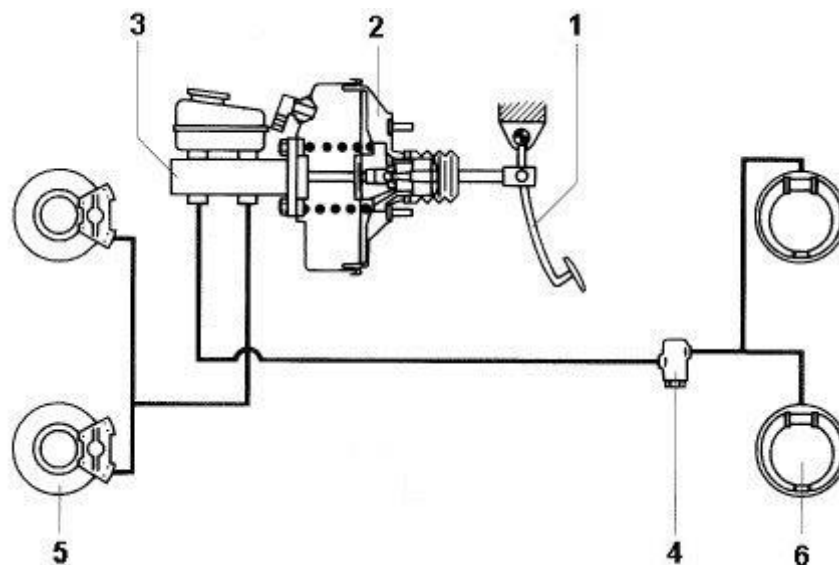
Nožní brzda se ovládá tlakem na brzdový pedál.

3. Samočinné

Používají se obvykle u návěsů. Brzdy brzdí samy, ale pouze v případě, pokud dojde k poruše spojení s hnacím vozidlem. V takové situaci samočinné brzdy návěs zabrzdí. [4]

3.2 Druhy brzd

Jak již bylo zmíněno, brzdy musí zajistit spolehlivé zpomalení, přibrzdění, zastavení a bezpečném stání na parkovišti. Princip činnosti brzd je dán třením rotující části a třecího, neboli brzdného členu. Díky tomu se kinetická energie přeměňuje na teplo. U osobních vozidel se můžeme setkat s hydraulickými brzdami. Na obr. 1 je hydraulický brzdový systém osobního automobilů.



Obr. 1 – Hydraulický brzdový systém - 1 - pedál, 2 - posilovač, 3 - dvouokruhový hlavní válec s nádobkou, 4 - omezovače brzdového tlaku, 5 - přední brzda, 6 - zadní brzda [14]

Kvůli bezpečnosti dnešní vozy bývají vybaveny výhradně dvouokruhovými brzdovými systémy. Pokud by nastala porucha na jednom okruhu, druhý okruh se postará o bezpečné zastavení. [4] Z tohoto pohledu se brzdové okruhy dělí na:

1. *Standartní zapojení TT*

V každém okruhu je brzděna jedna náprava, tzv. každá náprava má svůj okruh.

2. *Diagonální zapojení K*

Jeden okruh brzdí jedno pravé přední kolo a zadní levé kolo. Druhý okruh brzdí levé přední kolo a zadní pravé kolo.

3. *Zapojení HT*

První okruh brzdí obě nápravy. Druhý jen přední nápravu.

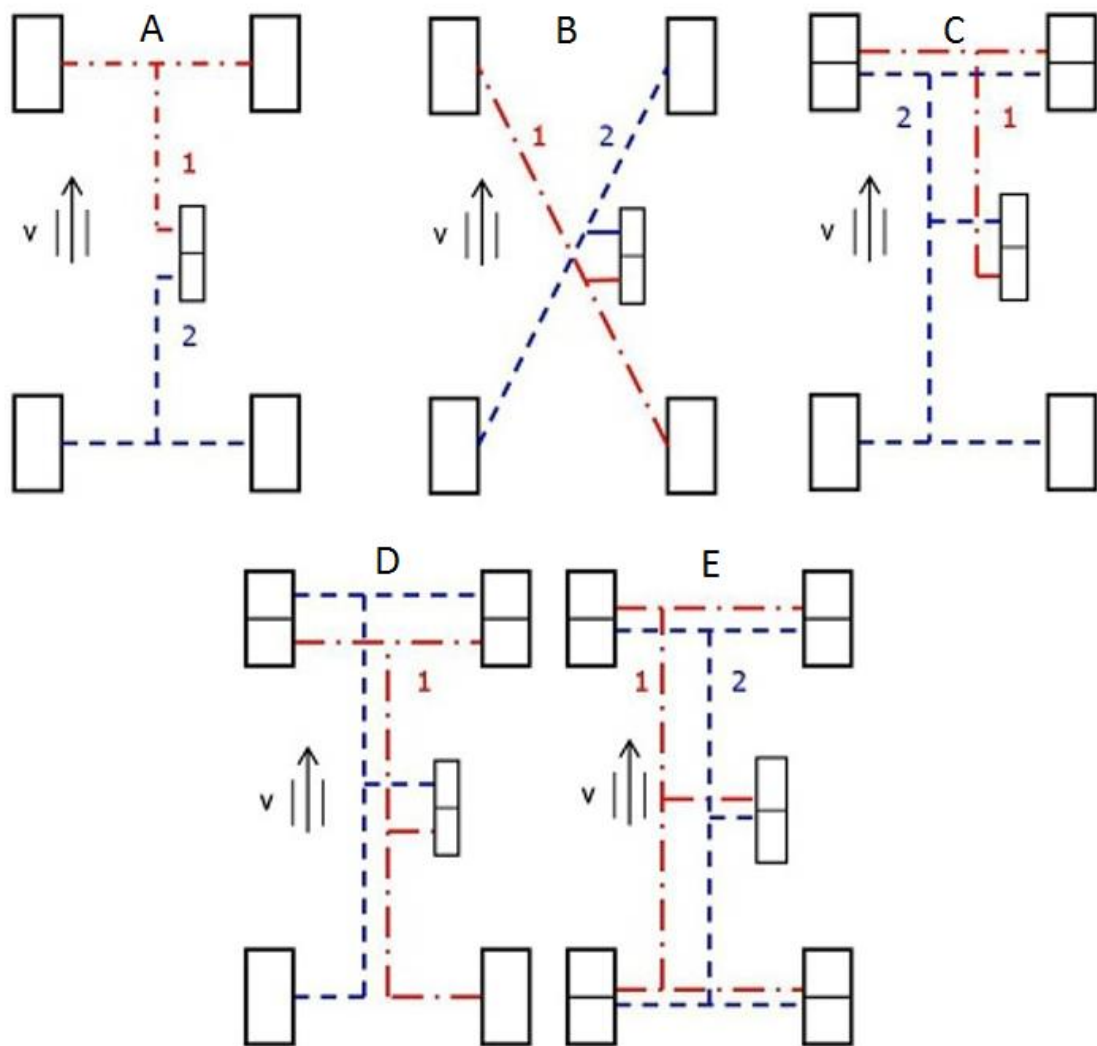
4. *Zapojení LL*

První okruh brzdí přední nápravu a zadní pravé kolo. Druhý okruh brzdí také přední nápravu, ale i zadní levé kolo.

5. *Zapojení HH*

Oba okruhy brzdí obě nápravy.

Veškeré způsoby zapojení brzdových okruhů jsou zobrazeny na obr. 2.



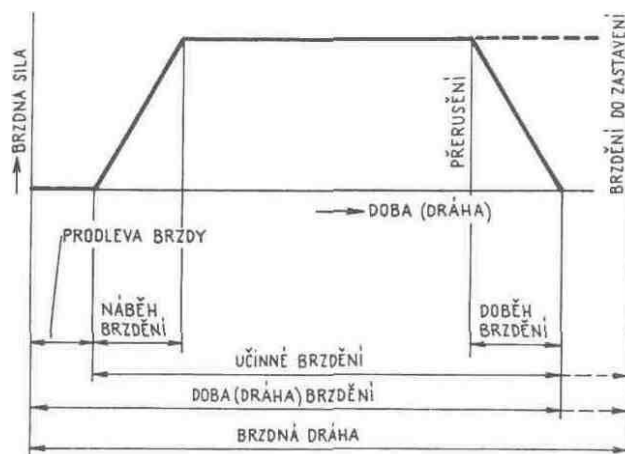
Obr. 2 - Zapojení hydraulických okruhů, A - standartní zapojení TT, B - diagonální zapojení K, C - zapojení HT, D - zapojení LL, E - zapojení HH [14]

Funkce přenosu síly u hydraulických brzd je dán Pascalovým zákonem: „Tlak vyvolaný vnější silou, která působí na kapalinu v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný“. Řidič stlačí brzdový pedál a síla se pomocí kapaliny přenese přímo na brzdy kol. U hydraulických brzd se můžeme setkat s tlakem až 18 MPa. Díky tomu celé ústrojí nemusí být rozměrné. Kapalina je nestlačitelná a vůle brzd jsou malé, tudíž tlak roste rychle a brzdy reaguje okamžitě. [4]

4 ZÁKLADNÍ POJMY

4.1 Doba brzdění

Doba brzdění se počítá od okamžiku, kdy řidič začne působit na pedál brzdy až do chvíle, kdy vozidlo zastaví (viz obr. 3).



Obr. 3 - Brzdná dráha [16]

Doba prodlevy brzdy:

Od okamžiku začátku stisknutí brzdového pedálu po okamžik, když brzdná soustava začne brzdít.

Doba náběhu brzdění:

Od počátku brzdění brzdné soustavy do okamžiku plné síly brzdného účinku.

Účinná doba brzdění:

Časový úsek od prvotních projevů brzdy po čas, kdy pomine nebo vozidlo stojí.

Doba doběhu brzdění:

Čas, kdy řidič přestane brzdít a účinek brzd pomine.

4.2 Dráha brzdění

Délka dráhy, kterou vozidlo ujede, než zastaví.

Dráha prodlevy brzdy:

Délka dráhy, kterou vozidlo ujede v čase náběhu brzd.

Dráha náběhu brzdění:

Délka dráhy, kterou vozidlo ujede v čase náběhu brzdění.

Dráha účinného brzdění:

Délka dráhy, kterou vozidlo ujede v době při plném brzděném účinku.

Dráha doběhu brzdění:

Délka dráhy, kterou vozidlo ujede v čase dobíhá brzdění.

Brzdná dráha:

Celá délka dráhy, kterou vozidlo ujede od počátku brzdění až po úplné zastavení.

4.3 Brzdné zpomalení:

Brzdné zpomalení vozidla si můžeme představit jako úbytek rychlosti za 1 s způsobený účinkem brzdy.

Při testování automobilů je počáteční rychlost uvedené ve druhém sloupci tabulky (viz Tab.1), kde je také uvedena i největší přípustná brzdná dráha.

Tab. 1 – Brzdné zpomalení [1]

Druhy automobilů	Počáteční rychlost [km.h ⁻¹]	Největší přípustná brzdná dráha [m]	
		Provozní brzdění	Nouzové brzdění
Osobní automobily	80	50,7	93,4
Autobusy	60	36,7	64,4
Ostatní automobily a silniční tahače:			
do 3,5 t	70	53,1	95,7
od 3,5 t do 12 t	50	29,2	51
nad 12 t	40	19,9	33,8

Okamžité zpomalení, které můžeme získat z přímého měření nebo z diagramů ze speciálních měřicích přístrojů.

Střední zpomalení se vypočítá pomocí vzorce [2]:

$$a = \frac{v^2}{25,9 \cdot s} [m \cdot s^{-2}]$$

Kde:

- v rychlost vozidla ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)
- s brzdná dráha (m)

4.4 Síly působící na kolo

Pokud chceme dosáhnout jakéhokoliv pohybu nebo změně pohybu, dokážeme to pouze silami působícími na pneumatiky. Na vodící kolo působí několik sil:

Obvodová síla:

Obvodová síla, neboli hnací, popřípadě brzdná síla, působí pouze v podélném směru pneumatik.

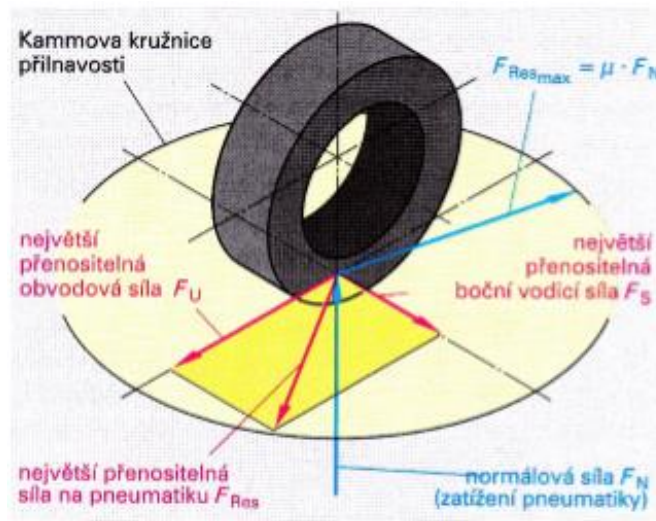
Boční síla:

Boční síla může být způsobena vnějšími vlivy, například nerovnosti vozovky, špatně nahuštěné pneumatiky, špatný stav brzd, boční vítr nebo řízením.

Normálová síla:

Normálová síla je způsobena hmotností vozidla, jelikož působí přímo kolmo k rovině jízdy dráhy.

Maximální sílu, která se může přenést z pneumatiky na vozovku nám znázorňuje kružnice (viz obr. 4).



Obr. 4 - Kammova kružnice přilnavosti [17]

Maximální sílu vypočítáme podle vzorce:

$$F_{max} = \mu H \cdot FN \text{ [N]}$$

Abychom věděli, kdy bude mít vozidlo stabilní polohu, musí výsledná síla (F_{res} , která se skládá z obvodové a boční vodící síly F_S ležet na kružnici). To znamená, že musí být menší, než maximální síla F_{max} . Vozidlo se stává neovladatelné, pokud dosáhne obvodová síla F_U díky protáčení nebo blokujícím kolům svého maxima. Kvůli tomu se pak nemůže přenášet boční síla. [7]

Při maximální rychlosti vozidla v zatáčce bývá vodící síla F_S maximální. V tomto okamžiku auto nemůže brzdit ani zrychlit, protože by vybočilo ze své trajektorie.

4.5 Skluz

Na pneumatikách se při jízdě tvoří elastická deformace a také dochází ke skluzu. Proto se liší obvodová rychlost od rychlosti jízdy (viz obr. 5). Při pokusu s bržděným kolem, které má odvalený obvod 2 m, ujede 1,8 m na jedno otočení, je rozdíl dráhy mezi obvodem pneumatiky a dráhou brždění 0,2 m. To znamená, že skluz je 10 %. Pokud se kolo zablokuje nebo se při pohonu protáčí, je skluz 100 %. [7]



Obr. 5 - Skluz [17]

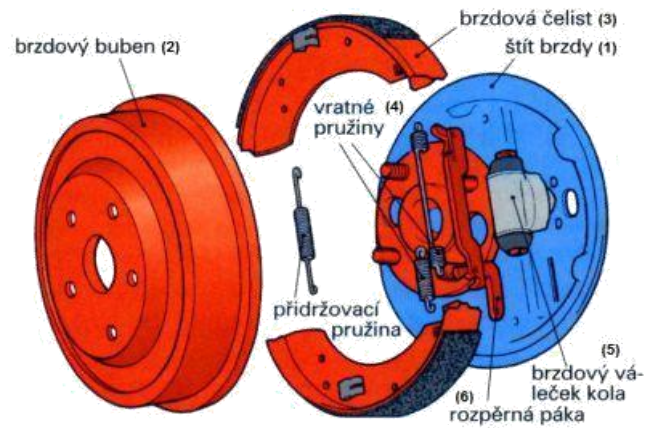
4.6 Vztah sil na kole a skluzu

Už při malých hodnotách skluzu výrazně roste brzdná síla až na její největší hodnoty. Následně mírně klesne brzdná síla při dalším rostoucím skluzu. Na součiniteli tření pneumatik na vozidle je závislý průběh i nejvyšší hodnota křivky hnací nebo brzdné síly. Největší skluz zpravidla bývá mezi 8 a 35 %. V první půlce křivky se nachází stabilní oblast, jelikož v této fázi je kolo při jízdě ovladatelné a stabilní. Také je to moment, kdy kolo nejlépe přenese sílu. U zvýšených hodnot skluzu se výrazně snižuje boční vodící síla, kdy automobil přestává být ovladatelný a je nestabilní. Proto moderní regulační systému v automobilech mají zabránovat situacím, aby se opustila stabilní oblast.

5 BUBNOVÉ BRZDY

Jak bylo již zmíněno, bubnová brzda byla zkonstruována dříve než brzda kotoučová. U starších vozů se bubnové brzdy používaly na přední i zadní nápravě. U dnešních vozidel je najdeme případně jen na zadní nápravě, a to u levnějších, lehčích a menších vozech. Bubnová brzda pracuje na principu tření brzdových částí, čelistí, na vnitřní stranu brzdového bubnu, který je pevně přidělán k náboji a točí se s kolem. Pokud chceme přestat brzdit, uvolníme brzdový pedál a čelisti jsou vráceny pružinou. Čelisti musíme přitlačit k vnitřní hraně bubnu, a to děláme dvěma způsoby. Buď rozpěrným prvkem, který se dělí na hydraulický, který se skládá z válce s pístem, nebo mechanicky rozpěrnou pákou v případě parkovací brzdy. Ruční brzdou ovládáme mechanicky. Části bubnového brzdového ústrojí vidíme na obr. 6.

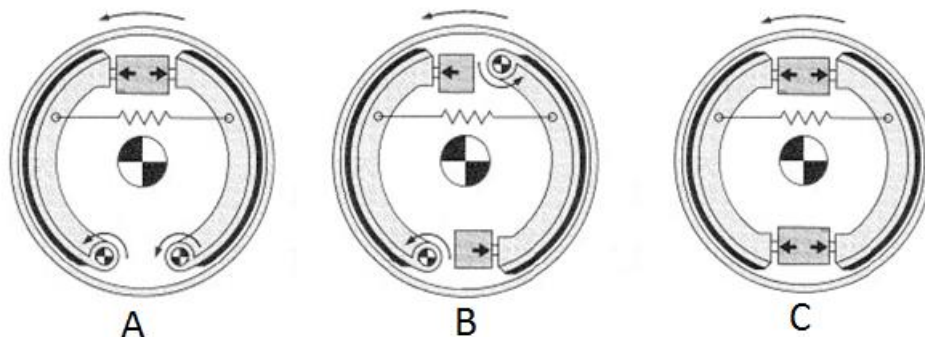
Části bubnového brzdového ústrojí



Obr. 6 – Části bubnového brzdového ústrojí
 1 – štít brzdy, 2- brzdový buben, 3 – brzdová čelist, 4 – vratné pružiny, 5 – brzdový váleček kola, 6 – rozpěrná páka [17]

Bubnové brzdy mají více provedení. Dělí se, jestli mají čelisti jeden společný váleček, který nazýváme Simplex nebo dva, na každé straně samostatně, který se jmenují Duplex a Duo-Duplex (viz obr. 7).

Konstrukce provedení Simplex je jednodušší a levnější variantou. Nevýhodou je vznik úběžné čelisti. První čelist, která je úběžná, je vlivem rotačního pohybu bubnem odtlačována a kvůli se to účinek brzd snižuje. Druhá čelist je přitlačována a díky tomu pomáhá brzdit. K vyřešení tohoto nechtěného problému, tzv. úběžnému jevu, se vyvinula nová konstrukce Duplex. U něj jsou obě čelisti přitlačovány na obou stranách, kde vzniknou dvě náběžné čelisti.



Obr. 7 - Konstrukce bubnové brzdy - A - Simplex, B - Duplex, C - Duo-Duplex [18]

Při brždění vzniká tření, které vytváří točivý moment. Ten má tendenci „přitáhnout“ náběžnou čelist do bubnu, čímž se zvyšuje brzdný účinek. Tento jev se nazývá tzv. samozesílení. Tento jev můžeme brát jako výhodný, ovšem nesmí docházet k zadírání brzdy. Jelikož se čelisti vlivem brždění časem obrušují, vznikají vůle, které je potřeba přenastavit. U starších provedení jsme museli brzdu demontovat a nastavit vůli ručně. U dnešních vozů se používá bezúdržbová nastavení, který mají instalován tzv. samostav. [4]

5.1 Brzdový buben

Při konstrukci brzdového bubnu se počítá s tím, že buben musí mít zejména vysokou odolnost proti otěru a nesmí měnit tvar s rozměry vlivem teplot. Ideální materiál je taťkový, který nám dobře odvádí teplo. Z praxe víme, že se nejčastěji používá šedá nebo temperovaná litina, ocelo-litina nebo také slitiny lehkých kovů. Při dokončení výroby brzdového bubnu musíme třecí ploch jemně vysoustružit, případně vybrousit. Při koncové kontrole nám nesmí buben radiálně i axiálně házet a nesmí nám vznikat vibrace, které by nám negativně ovlivnili brzdný účinek i komfort ve vozidle. Brzdový buben je vidět na obr. 8. [1]



Obr. 8 - Brzdový buben [20]

5.2 Brzdové čelisti

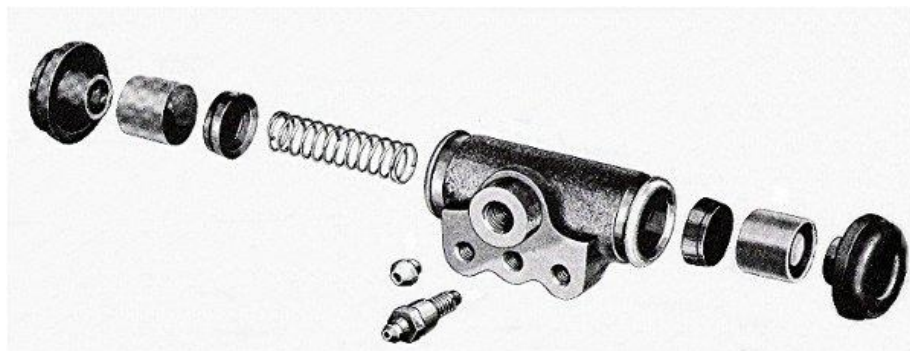
Brzdové čelisti (viz obr. 9), se vyrábí z ocelového plechu nebo jako odlitky ze slitin lehkých kovů. Kvůli tuhosti, kterou potřebujeme, mají profil písmene T. Dále mají brzdové čelisti na jedné straně opěrnou plochu pro výřez v tlačítku brzdového válečku. Na druhé straně je nainstalován obráceně na čepu nebo se dotýká vlastní oválnou plochou o pevnou opěrku. Kvůli lepší uložení čelisti, protože ty se v bubnu samy vystředují a díky tomu se obložení rovnoměrněji opotřebovává. [1]



Obr. 9 - Brzdové čelisti [20]

5.3 Brzdový váleček

Podle provedení bubnové brzdy nám brzdový váleček obsahuje jeden nebo dva pístky. V brzdovém hlavním válci nám vzniká tlak, který nám působí na pístky ve válečku a tím nám tvoří rozpěrnou sílu.



Obr. 10 - Brzdový váleček [22]

Abychom brzdový váleček ochránily před nečistotami, mají tak písky pryžové manžety. Z vnější strany nám váleček chrání protiprachové manžety. Abychom dokázali brzdy zprovoznit, je potřeba brzdy nejdříve odzdušnit. Už bubnových brzd najdeme odzdušňovací ventil na nejvyšším místě válečku. Brzdový váleček je zobrazen na obr. 10. [1]

5.4 Výhody a nevýhody bubnových brzd

Jednu z hlavních výhod bubnových brzd můžeme určit její odolnost a ochrana proti nečistotám, jelikož je celá brzda uvnitř brzdového bubnu. Také se velice snadno používá jako parkovací brzda. V neposlední řadě můžeme říct její poměrně dlouhou životnost brzdového obložení.

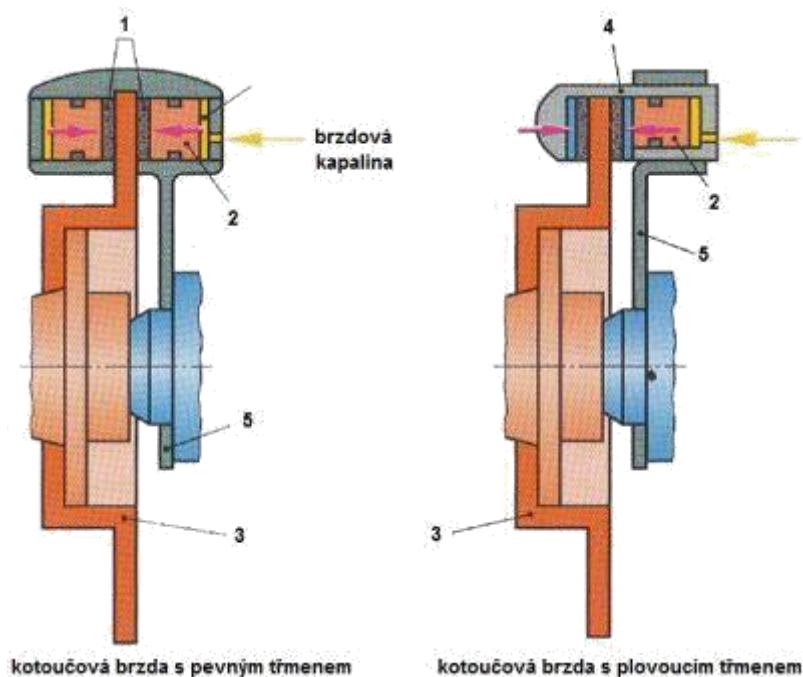
Jako nevýhodu bubnových brzd oproti kotoučovým je jejich nižší výkonnost. Následně při dlouhodobém brzdění vlivem zahřátí na vysokou teplotu nastává snížení účinku brzd, tzv. fading. Další nevýhodou je při vysokém přehřátí brzdového bubnu jeho deformace. [1]

6 KOTOUČOVÉ BRZDY

6.1 Konstrukce a princip kotoučových brzd

První konstrukce kotoučové brzdy se začaly vyrábět s tzv. pevným třmenem. Pak byla navržena úprava, která zjednodušila provedení s jedním pístem, tzv. plovoucím třmenem. Oba třmeny jsou vidět na obr. 11.

Na kotoučové brzdě s pevným třmenem (viz obr. 11) se na obou stranách třmenu válečky (4), kde se uvnitř válečků pohybují písky (2). Pokud chce řidič přibrzdit, písky přitlačí brzdové destičky (1), které jsou nepohyblivé, z obou stran kotouče (3). Pokud máme kotoučovou brzdu s plovoucím třmenem, je třmen (4) nainstalován posuvně v pevném držáku. Pomocí pístu (2) přitlačíme brzdovou destičku (1) ke kotouči a zároveň na druhé straně vznikne reakční síla, která posouvá třmen (4) a ten přitiskne na opačné straně druhou brzdovou destičku.



Obr. 11 - Kotoučová brzda s pevným a plovoucím třmenem [23]

Pokud využíváme vůz v náročných podmínkách, například v motorsportu, tak použijeme dvou nebo čtyř pístových konstrukcí kotoučových brzd.

Kvůli větším mechanickým i teplotním namáhání bývá kotouč ve většině případů vyroben z temperované litiny nebo ocelolitiny. Ta má výhodu, že obsahuje legovací prvky, která právě zvyšuje námi požadovanou odolnost, a kotouč je i odolnější proti kroucení. Kotoučů máme více variant. První varianta je jednoduchá konstrukce, druhá pak dutá konstrukce. To jsou kotouče s vnitřním chlazením proudícím vzduchem, kde využívá ventilačního efektu, který vzniká radiálně uspořádanými vzduchovými kanály v brzdovém kotouči. U sportovních automobilů můžeme potkat i vrtanými kotouči, které se méně zahřívají a rychleji se chladí. Další varianta kotoučů je s vytvořenými drážkami přesně daných hloubek. Ty mají dva důvody. První nám umožňují vizuální kontrolu opotřebené kotouče a druhý důvod je, že se zlepší jeho samočistící schopnost a rychleji zaběhne brzdové destičky. [4]

7 ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY BRZD

Elektronické systémy aktivně zasahují řidiči do řízení a chování automobilu v nebezpečných situacích. Aktivně se podílejí na bezpečnosti vozidla.

7.1 Protiblokovací systém ABS

Systém ABS má za úkol zabránit zablokování kol při brzdění pomocí regulace tlaku v kapalinové nebo i pneumatické brzdové soustavě na jednotlivých kolech na základě různé adheze mezi kolem a vozovkou. ABS se samo vypne pod rychlost 6 km/h.

7.2 Historie

Zákonitost protiblokovacího systému, který nám garantuje neblokování kol, a tím nám i umožňuje ovládání vozidla při plném brzděném účinku brzd, známe již od 20. let 20. století. Zavedení do sériové výroby se potýkalo se zaostalým technologickým stavem výroby. Prvotní zájem ovšem nenastal u automobilů, ale v leteckém průmyslu. První funkční ABS sestrojila britská firma Dunlop v 50. letech 20. století a pojmenovala ho Maxaret.

Jelikož se začátkem 70. let 20. století začala prudce vyvíjet elektronika, tak tento trend zasáhl i ABS. Největšími průkopníky ABS pro vozidla byla americká automobilka Chrysler. Ta spolupracovala s firmou Bendix a spolu vyvinuly první elektronický protiblokovací brzdový systém Sure break. Tento systém byl plně integrovaný a dokázal pracovat s třemi kanály a čtyřmi indukčními snímači. Tato technologie se v roce 1971 dostala do sériové výroby, i když jen jako příplatková luxusní výbava do modelu Imperial tovární značky Chrysler.

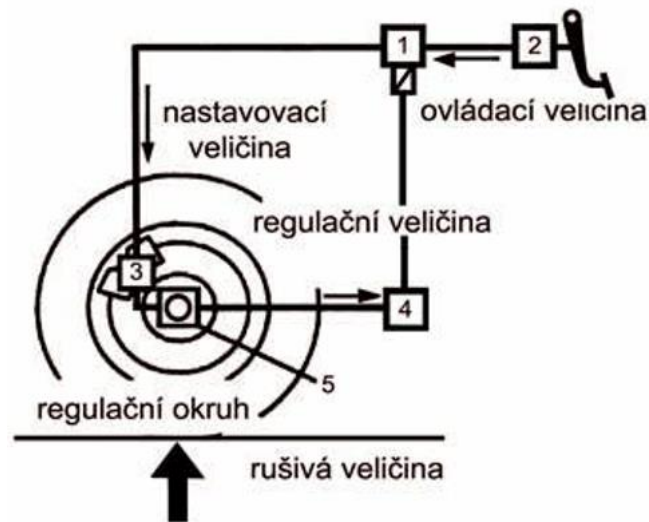
V Evropě se ABS začalo vyvíjet v polovině 70. let 20. století, když německá firma Bosch založila speciální divizi Teldix, která měla za úkol vyvinout vlastní ABS. Již roku 1978 přišla se systémem 2S. Firma Teldix úzce spolupracovala s německou automobilkou Mercedes-Benz, takže první vozidlo s ABS bylo vybaveno Mercedes-Benz třída S (W116). Rok poté firma Teldix vyvinula ABS 2S pro automobilku BMW model 7 (E23). V polovině 80. let 20. století se pak stalo ABS nejdříve příplatkovým, později i běžným vybavením luxusních vozů. První sériově vyráběné vozidlo s ABS v základní výbavě se stal v roce 1985 Ford Scorpio. [9]

7.3 Protiblokovací systém ABS kapalinových brzd

Protiblokovací systém ABS pracuje na základě vyhodnocení přilnavosti pneumatik k vozovce a podle něj reguluje tlak kapaliny v brzdě soustavě tak, aby se kola nezablokovala a nedošlo k neovladatelnému smyku. [12]

7.4 Konstrukce

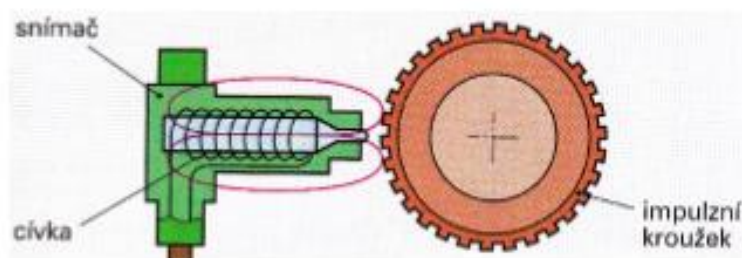
Protiblokovací systém ABS se skládá z těchto základních částí (viz obr. 12):



Obr. 12 - Protiblokovací regulační systém ABS:
1 – hydraulický agregát s magnetickými ventily,
2 – hlavní brzdový válec, 3 – brzdový kolový válec,
4 – řídicí jednotka, 5 – snímač otáček [24]

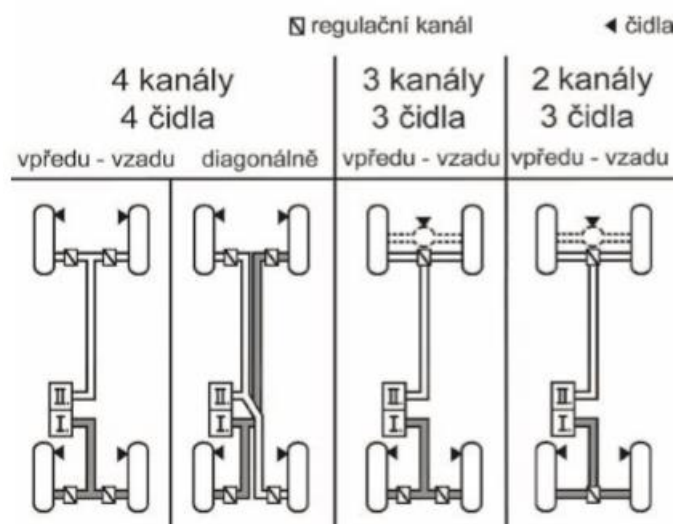
- Snímače otáček kol (viz obr. 13) – musí být umístěn na každém kole na vozidle. Skládá se ze dvou částí. První část je impulsní kroužek, který se pohybuje s kolem a druhá část je snímač, který se nehýbe. Používají se dva druhy snímačů. Indukční snímač (viz obr. 16) a Hallův snímač (viz obr. 18).
- Elektronické řídicí jednotky – mají na práci zpracovávat získané signály ze snímače, které následně vyhodnocují a pomocí magnetických ventilů řídí tlak v brzdové soustavě na jednotlivých kolech.
- Hydraulické jednotky s vratným čerpadlem – jednotka se skládá z magnetických ventilů, pomocí kterých reguluje tlak brzdové kapaliny, zásobníku kapaliny pro

každý okruh hlavního válce a vratné čerpadlo, které je poháněno elektricky. To je regulováno pomocí relé. [5]



Obr. 13 - Snímač otáček kol [17]

System ABS dělíme podle počtu regulačních kanálů nebo také podle snímačů a způsobu regulace (viz obr. 14).



Obr. 14 - Varianty protiblokovacích systémů pro osobní automobily [25]

Čtyř kanálový systém

Čtyř kanálový systém využívá čtyři snímače s diagonálně zapojenými brzdovými okruhy. Druhá možnost je zapojení okruhů „přední – zadní“ náprava. Každé kolo je řízeno zvlášť.

Tři kanálový systém

Tento systém požívá tři nebo čtyři snímače s diagonálně zapojením brzdových okruhů. Na rozdíl od čtyř kanálového systému se tady přední kola regulují samostatně a zadní společně.

Individuální regulace (IR)

Kdy se bude kolo regulovat rozhoduje řídicí jednotka podle skluzu proti vypočtené referenční rychlosti. Úkolem je zajistit největší možnou brzdou sílu na jednotlivém kole. Největší brzdná síla vzniká při skluzu 20 %. Pokud je na pravém a levém kole jiná adheze, např. suchá vozovka a na druhém kole písek, vznikne stáčivý moment natáčející vozidlo.

Regulace select – low (SLR)

U zákonitosti select – low nám stanovuje kolo, které má menší přilnavost k vozovce společný brzdový tlak. Jelikož jsou brzdné síly zadní nápravy skoro stejné, je stáčivý moment kolem svislé osy při brzdění na vozovce s rozdílnou přilnavostí snížen. [12]

7.5 Princip činnosti

Jelikož se velká část brzdových procesů děje jen s malým skluzem, systém ABS je nedokáže ovlivnit a je tudíž neúčinný. Proto protiblokovací systémy zahájí svoji práci až při silném brzdění, kdy dojde k většímu skluzu a zabrání zablokování kol.

Na každém kole je umístěn ozubený impulzní kroužek, který se s ním otáčí. Snímač otáček je pevně umístěn a netočí se, díky tomu se na snímači indukuje střídavé napětí. Měřítko počtu otáček je kmitočet tohoto napětí. Díky tomu pak řídicí jednotka zjišťuje zrychlení nebo zpomalení každého kola zvlášť.

Elektronická řídicí jednotka musí zajistit zvýšení tlaku. Ten je vytvořen v hlavním válci a musí být dopraven k brzdovým válečkům kola. Následně musí řídicí jednotka udržet tlak. A to kvůli tomu, že při brzdění má kolo sklon k blokování a překračuje zadaný skluz. Řídicí jednotka tento jev pozná a přepne magnetický ventil kola k udržení tlaku. Mimo jiné je přerušeno propojení hlavního brzdového válce s brzdovým válečkem. Díky tomu je tlak ustálený. Pokud by se ovšem skluz dále zvyšoval, řídicí jednotka pošle signál ke snížení tlaku na jednotlivém kole. Tím vznikne propojení od brzdového válečku přes

zpětné čerpadlo zpět k hlavnímu brzdovému válci. Po určité době, kdy skluz opět klesne po kritickou hodnotu, nařídí řídicí jednotka znovu navýšit tlak. [12]

7.6 Vývojové verze systému ABS

Další vývoj směřoval k miniaturizaci a propojení systému ABS s dalšími stabilizačními systémy (viz obr. 15).

25 let vývoje ABS 1978 - 2003

generace	ABS 2	ABS 2E	ABS 5.3	ABS 8.0
hmotnost [kg]	6,7	4,9	2,6	1,6
počet dílů jednotky	140	40	25	16
velikost paměti [kB]	2	8	24	128
	1978	1989	1995	2003

Obr.15 – Vývojové verze ABS [30]

7.6.1 ABS 2S

První vyráběný systém ABS firmou Bosch. Výroba byla zahájena v roce 1978. Hydraulický agregát a řídicí jednotka jsou u tohoto provedení konstrukčně odděleny. Tříkanálový agregát je osazen čerpadlem pro zpětnou dodávku a elektromagnetické ventily 3/3, které se starají o regulaci tlaku. U dvounápravového vozidla je vybavena zadní náprava jedním regulačním ventilem. U diagonálního uložení je zapotřebí na zadní nápravě dva regulační ventily. [30]

7.6.2 ABS 5.0

Konstrukční základ systému ABS 5.0 je systém ABS 2S. Nově jsou použity elektromagnetické ventily 2/2. Okruhy dvounápravových automobilů zůstaly zachovány jako u systému ABS 2S. [30]

7.6.3 ABS 5.3

System ABS 5.3 je vyvinut pro osobní vozidla nižších tříd. Má stejný rozsah funkcí jako ABS 5.0, ovšem při menších zástavbových rozměrech. Elektromagnetické ventily jsou nainstalovány odděleně, přičemž hydraulické části jsou integrovány v hydraulické jednotce. Elektrická část je instalována na tělese řídicí jednotky. Elektronická jednotka je umístěna na hydraulické jednotce nebo odděleně a propojena kabelovým svazkem. [30]

7.6.4 ABS 8.0

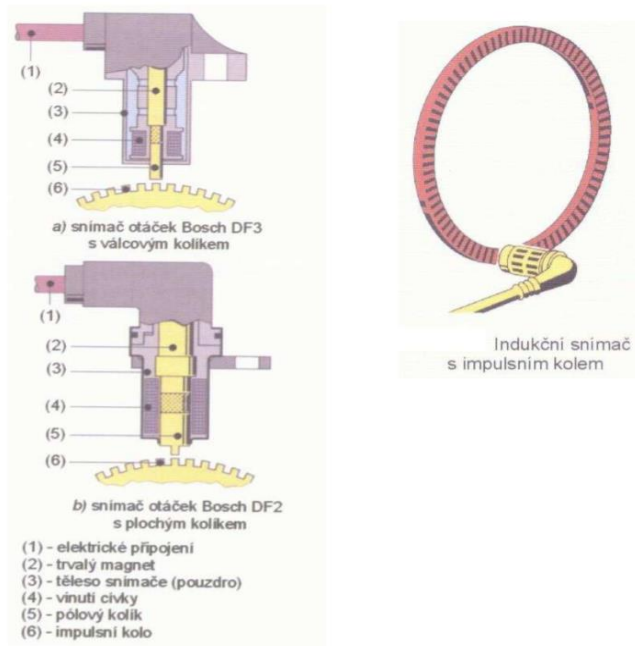
Moderní systém, který je navržen na modulární koncepci a obsahuje i další bezpečnostní systémy jako ASR, ESP.

7.7 Snímač otáček kol

7.7.1 Indukční snímač

Indukční snímače jsou sestaveny z tyčového magnetu s magneticky měkkým pólovým nastavcem. Na něm je nainstalována indukční cívka se dvěma vývody. Pokud se před tímto snímačem takový to rotor pohybuje, na cívce se indukuje sinusové napětí. Přitom na rotoru může být i více vztažných značek, kde chybí zuby. Silnou nevýhodou takového snímání je závislost indukovaného napětí na rychlosti otáčení rotoru. Proto minimální napětí, které lze použít jako signál začíná až při 30 otáčkách za minutu. Naopak při velké rychlosti se nám dokáže naindukovat i napětí přesahující 100 V, se kterým musí elektronika, neboli nějaký stabilizační člen, počítat. Amplitudu signálu také velmi ovlivňuje vzduchová mezera mezi snímačem a rotorem. V běžné praxi se setkáme se vzduchovými mezerami od 0,8 až 1,5 mm.

Obvyklý průběh signálu je ideální sinusový tvar. V moment, kdy signál zmizí, elektronická řídicí jednotka zjistí, že došlo k zablokování kola a okamžitě dá povel ke snížení tlaku na konkrétním kole. Po snížení tlaku se kolo opět roztočí a snímač opět indukuje signál. Tyto snímače systému ABS můžeme nejpravděpodobněji nalézt u kotouče nebo v bubnu brzd (viz obr. 16). [10]



Obr. 16 - Indukční snímač otáček [25]

7.7.2 Hallův snímač

Princip Hallova snímače funguje na Hallovu jevu. Vznik jevu je založen na objevu polovodičů. V polovodičové destičce protéká proud při současném působení magnetického pole (viz obr. 17).



Obr. 17 - Hallův snímač [26]

Jedná se o aktivní snímač, protože potřebuje napájecí napětí. Na rozdíl od indukčního snímače, který je pasivní, a tudíž nepotřebuje napájení. Jelikož Hallovo napětí je velice slabé, pohybuje se v řádech milivoltů, tak je potřeba dodatečná elektronika, která tento slabý signál dokáže zesílit. Tato elektronika dokáže i pozměnit tvar výstupního signálu

na obdélníkový tvar s konstantní amplitudou. Jelikož se tu amplituda nemění, tak se mění jen frekvence signálu. Hallův snímač měří například otáčky vačkové hřídele v rozdělovači. Na rozdíl od indukčního snímače, Hallův snímač umí pracovat i s velmi malými otáčkami.

V reálném provozu se Hallův snímač nejvíce využívá coby magnetická závora. Celý měřicí člen, kde je součástí Hallův snímač a jeho další potřebná elektronika, se nazývá tzv. Hallův integrovaný obvod. Bývá umístěn naproti permanentnímu magnetu. Mezi magnetem a integrovaným obvodem se pohybuje clonka, která je mechanicky spojena s rotujícím hřídelkou rozdělovače.

Když v mezeře mezi magnetem a integrovaným obvodem není žádná clona, signál je maximální. Pokud mezi nimi clonka je, signál je pak nulový. Tímto mechanismem byl v dřívějších dobách nahrazen mechanický přerušovač v rozdělovači. [10]

7.8 Protiskluzový systém ASR

Protiskluzový systém ASR je nadstavba ABS a jeho úkolem je zajistit ovladatelnost a stabilitu při zrychlení vozidla. [11]

Parametry ASR:

- musí dokázat zabránění prokluzu kol při zrychlení nebo rozjezdu při malé adhezi na jakékoliv straně vozidla,
- nesmí dopustit, aby se kolo při zrychlování v zatáčce protáčelo,
- pro automobily s předním pohonem musí zabránit protáčení kol při rozjezdu do kopců,
- nesmí dopustit prokluzu kol při brzdění vozidla motorem.

Protiskluzový systém ASR pracuje se snížením hnacího momentu na konkrétním hnacím kole. Tento moment můžeme regulovat pomocí:

- nastavení škrťací klapky na motoru,
- jiným okamžikem zážehu motoru,
- pomocí změny vstřikovacích impulsů,
- regulací prokluzu pomocí řízení brzdného momentu,
- regulací prokluzu pomocí třecích spojek.

7.9 Elektronický rozdělovač brzdné síly EBV

Elektronický rozdělovač síly je závislý na systému ABS. Spolupracuje s ním a využívá jeho elektromagnetické ventily. EBV analyzuje během jízdy proměnlivé zatížení náprav při brzdění. Tím může rozdělovat brzdnou sílu na konkrétní kola podle okamžitého zatížení a tím i zkrátit brzdnou vzdálenost. Řídící jednotka upravuje tlak na jednotlivých kolech tak, aby automobil byl ovladatelný i při průjezdu zatáčkou a měl maximální brzdny účinek. [11]

7.10 Elektronický uzávěr diferenciálu EDS

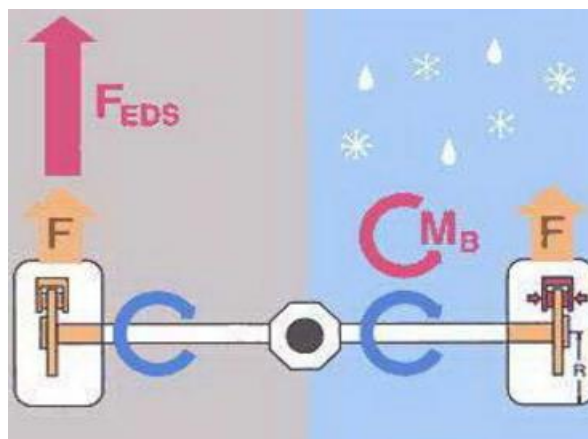
Diferenciál se zvýšenou svorností je nahrazen elektronickým systémem ABS. Systém EDS pracuje s řídicí jednotkou systému ABS, avšak pracuje přesně naopak. Mezitím co ABS uvolňuje zablokované kolo až dvanáctkrát během jedné vteřiny, tak EDS naopak přibrzdí prokluzující kolo, díky čemuž se přenese daleko více hnací síly s lepší přilnavostí. Proto vozidla vybavená systémem EDS zvládnou jízdu při různorodých koeficientech adheze na jedné nápravě daleko lépe než vozidla bez tohoto systému. Bezpečnost posádky ovšem nejvíce závisí na spolehlivosti snímačů.

V každém případě musí být zanalyzování signálu velmi rychlé a přesné, aby se mohlo zavčas rychle, a hlavně bezpečně reagovat na jakoukoliv změnu v jízdě. Pokud známe natočovací úhel, můžeme dopředu vypočítat trajektorii vozidla a díky tomu uzpůsobit brzdový systém. Proto využíváme snímač úhlů s prvky AMR, který pracuje s různými fyzikálními vlastnostmi krystalu. Ten má v každém směru jinou vrstvu. Obě sekce AMR hlídají otáčivé pohyby dvou ozubených kol, na kterých jsou instalovány magnety. Ty jsou poháněna vloženým kolem a ozubeným věncem, který je přidělán na hřídel volantu. Na což se pak otáčí při natáčení volantu. Tyto výstupní signály mají velmi vysoké rozlišení.

Měřítka pro úhel natočení volantu je dáno rozdílným počtem zubů pod AMR-elementem. Kvůli tomu tento systém umožňuje, aby zůstal absolutní úhel řízení a jejich počet otáček volantu, ihned potom, co byl snímač napájen proudem.

Otáčivý pohyb automobilu kolem jeho svislé osy, například při normálním zatáčení nebo i při vybočení nebo smyku, snímá snímač stáčivé rychlosti. K měření stáčivé rychlosti se používají přístroje, které se označují jako gyrometry, neboli také gyroskopické

přístroje. V pohyblivém systému vznikají pohyblivé síly tzv. Coriolisovy síly, načemž spočívá princip snímání stáčivé rychlosti. Když se v systému objeví kmitající hmotné elementy, tak se začne systém otáčet, ovlivní se tento kmitavý pohyb. Po vyregulování kmitavého pohybu zpět do původního stavu, akční veličina, důležitá k zpětné regulaci, poslouží jako měřítko pro stáčivou rychlost, protože při zvýšení stáčivé rychlosti se musí zvyšovat i vratná veličina (viz obr. 18).

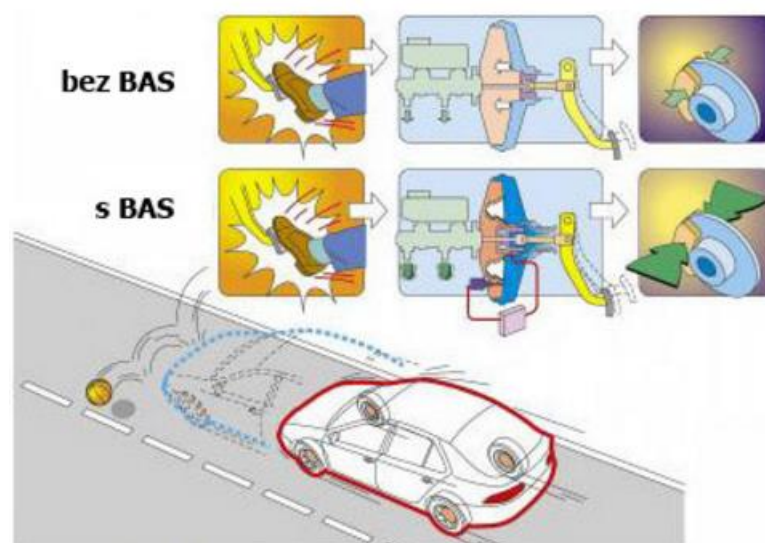


Obr. 18 - EDS [27]

Snímač stáčivé rychlosti a snímač příčného zrychlení jsou sloučeny ve skříní mikro-mechanického spínače, který je tedy dvojitý snímač. Přitom jsou buzena k protiběžnému kmitání dvě pružná uložená tělesa a uvnitř jsou uloženy kapacitní snímače zrychlení. Směr snímače musí být kolmý ke směru kmitání. Úhlová rychlost kolem svislé osy snímače je stáčivá rychlost automobilu. [11]

7.11 Brzdový asistent BAS

Brzdový asistent pomáhá řidiči v situacích, kdy při skutečně kritickém brzdění málo zkušený řidič nestlačí brzdový pedál dostatečně silně. To znamená i delší brzdovou dráhu. Proto se přišlo s elektronicky řízeným podtlakovým posilovačem, který má za úkol dostavit okamžitě plný účinek brzd. Elektronicky řízený posilovač reaguje na rychlost sešlápnutí brzdového pedálu. Pokud sešlápneme pedál pomalu, neboli obvyklým tempem, brzdný účinek se projeví plynule. Pokud se ovšem dostaneme do krizové situace, kdy brzdový pedál sešlápneme rychleji než obvykle, elektronicky řízený posilovač tuto situaci vyhodnotí jako krizovou a plný účinek brzd se projeví okamžitě (viz obr. 19).



Obr. 19 - Funkce systému BAS [28]

Řídící jednotka spustí elektromagnetický ventil, který okamžitě zavzdušní pracovní komoru posilovače a tím získá největší posilující účinek. Ve vozidlech vybavenými tímto systémem dochází o zkrácení brzdné dráhy až o 40 %. [14]

8 ELEKTRONICKÝ STABILIZAČNÍ PROGRAM ESP

Elektronický stabilizační program, označovaný zkratkou ESP z anglického Electronic Stability Program, je rozšíření funkce systémů ABS a ASR. Program pomáhá stabilizovat automobil pomocí přibrzdění některého z kol a omezením výkonu motoru (tedy snížením točivého momentu) například při rychlém průjezdu zatáčkou.

Výrobci vozidel používají tuto technologii pro svoje vozidla pod různými názvy, přičemž bývá rozdíl pouze v rychlosti aktivace systému, neboli odezvě (viz tab.2). [6]

Tab.2 - Přehled stabilizačních systémů [6]

Výrobce	Stabilizační systém	Označení stabilizačního systému
Acura	Vehicle Stability Assist	(VSA)
Alfa Romeo	Vehicle Dynamic Control	(VDC)
Audi	Electronic Stabilization Program	(ESP)
BMW	Dynamic Stability Control	(DSC)
Chrysler	Electronic Stability Program	(ESP)

Citroën	Electronic Stability Program	(ESP)
Dodge	Electronic Stability Program	(ESP)
DaimlerChrysler	Electronic Stability Program	(ESP)
Fiat	Vehicle Dynamic Control	(VDC)
Ferrari	Controllo Stabilità	(CST)
Ford	AdvanceTrac a Interactive Vehicle Dynamics	(IVD)
Honda	Electronic Stability Control	(ESC)
Holden	Electronic Stability Program	(ESP)
Hyundai	Vehicle Stability Assistant	(VSA)
Infiniti	Vehicle Dynamic Control	(VDC)
Jaguar	Dynamic Stability Control	(DSC)
Jeep	Electronic Stability Program	(ESP)
Kia	Electronic Stability Program	(ESP)
Land Rover	Dynamic Stability Control	(DSC)
Lexus	Vehicle Dynamics Integrated Management	(VDIM)
Maserati	Maserati Stability Program	(MSP)
Mazda	Dynamic Stability Control	(DSC)
Mercedes-Benz	Electronic Stability Program	(ESP)
Mitsubishi	Active Skid a Traction Control	MULTIMODE
Nissan	Vehicle Dynamic Control	(VDC)
Opel	Electronic Stability Program	(ESP)
Peugeot	Electronic Stability Program	(ESP)
Porsche	Porsche Stability Management	(PSM)
Renault	Electronic Stability Program	(ESP)
Rover	Dynamic Stability Control	(DSC)
Saab	Electronic Stability Program	(ESP)
SEAT	Electronic Stability Program	(ESP)
Škoda	Electronic Stability Program	(ESP)

Smart	Electronic Stability Program	(ESP)
Subaru	Vehicle Dynamics Control Systems	(VDCS)
Suzuki	Electronic Stability Program	(ESP)
Toyota	Vehicle Dynamics Integrated Management	(VDIM)
Vauxhall	Electronic Stability Program	(ESP)
Volvo	Dynamic Stability a Traction Control	(DSTC)
Volkswagen	Electronic Stability Program	(ESP)

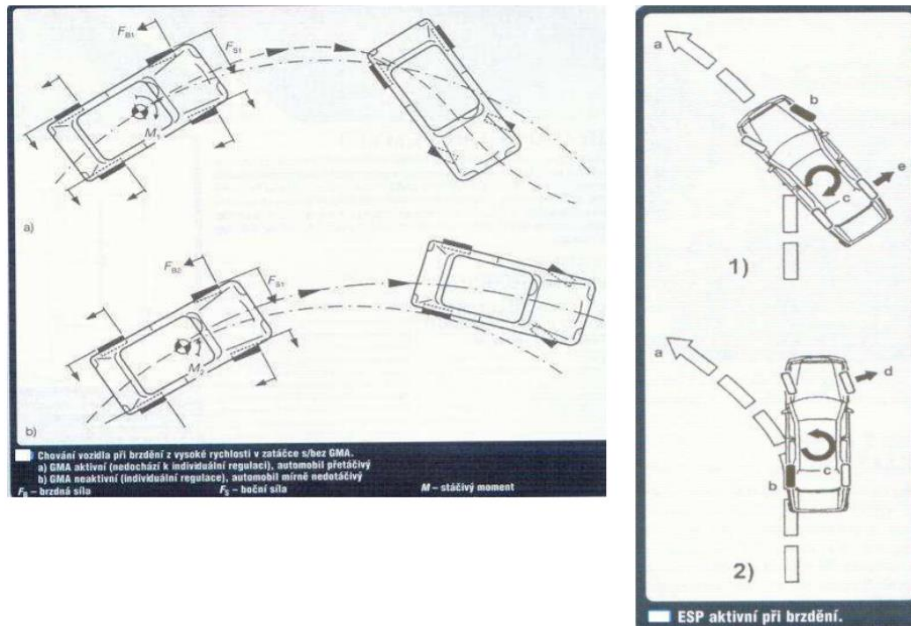
8.1 Historie

První zmínka přichází v roce 1978, kdy automobilka Mercedes-Benz vybavila vozidla protiblokovacím systémem ABS a posléze v roce 1985 i protiskluzovým systémem ASR. Již roku 1995 představila nový systém ESP, který byl dovybaven oproti ABS a ASR ještě senzory natočení úhlu volantů, příčného zrychlení a otáčením automobilu kolem své svislé osy. K většímu rozšíření začalo docházet v roce 1997. Jelikož tento rok zavedla automobilka Mercedes-Benz systém ESP do všech tříd, další automobilky se přidaly. Tento krok zavedl do silničního provozu jednu z nejdůležitějších bezpečnostních systémů a od listopadu 2011 se musí podle Evropského parlamentu a Evropské rady povinně instalovat ESP do nově vyrobených vozů.

8.2 Princip

Systém dynamické stabilizace ESP zajišťuje tendenci automobilu na přetáčivost nebo nedotáčivost (viz obr. 20). Pokud zjistí kritickou situaci, tak provede korekci. Tento systém ESP spolupracuje s dalšími systémy např.:

- protiblokovací systém ABS,
- regulace prokluzu hnacích kol ASR,
- elektronické rozdělování brzdné síly EBV,
- regulace brzdného účinku motoru MSR.



Obr. 20 - Chování vozidla s/bez ESP [25]

Systém ESP reaguje pouze v situacích, kdy může dojít k destabilizaci vozidla, a tudíž nebezpečí nehody. Systém je velmi citlivý na vstupní signály se snímačů a spínačů, které mu umožňují vypočítat předpokládanou trasu a také ji sdělí reálnou trasu. Pokud se tyto dvě situace neshodují, řídicí jednotka vydá signály ke korekci.

V systému ESP máme několik druhů snímačů:

- Snímač úhlu natočení volantu nám indikuje, o jaký úhel otáčíme volantem a také na jakou stranu jej točíme.
- Snímač rychlosti stáčení nám analyzuje otáčivý pohyb vozu kolem svislé osy.
 - o Snímač příčného zrychlení analyzuje boční síly při jízdě v zatáčce.
 - o Snímač podélného zrychlení analyzuje zrychlování nebo zpomalování vozu.

- Snímač otáček kol snímá rychlost otáček kol vozu.
- Snímač tlaku v hlavním brzdovém válci nám indikuje tlak brzdící kapaliny.



Obr. 21 - Systém stabilizace vozidla [25]

V řídicí jednotce ESP se tyto signály se snímačů rychle a přesně vyhodnocují. Sleduje se především situace, kdy se vozidlo dostává na kritickou hranici přetáčivého nebo nedotáčivého smyku. Pokud vozidlo překročí tuto kritickou mez, řídicí jednotka ESP okamžitě vyšle signál, který může mít více instrukcí. Řídicí jednotka ESP může vydat signál řídicí jednotce motoru k ubrání plynu nebo také může poslat signál k brzdám (viz obr. 21), kde podle vypočtené trajektorie konkrétní kolo může přibrzdit a tím kompenzovat vznik točivého momentu kolem svislé osy. Při této činnosti se nerozsvítí brzdové světlo jako u jiných brzdných akcí. [11]

9 VÝVOJOVÉ SMĚRY V KONSTRUKCI BRZDOVÝCH SOUSTAV

Výkon vozidel se neustále zvyšuje, zároveň roste hustota dopravy a to má za následek zhoršující se bezpečnost na silnicích. Proto vývojové firmy vyvíjí bezpečnostní prvky, které by se aktivně podílely na snížení počtu nehod, např. brake by wire nebo elektronické wedge brake.

9.1 Brake by wire

Název nejmodernějších brzdových soustav. V sériové výrobě jsou od počátku nového století. Z původních kapalinových brzd zůstává jen vlastní činná část brzdy spojená s kolem, tj. třmen s kotoučem. Odstranil se brzdový válec s posilovačem, kapalinový rozvod, ABS a regulátor tlaku. Místo nich má každé kolo samostatnou brzdovou jednotku s elektromotorem přímo spojenými čelistmi, na nichž vyvolá přitlačnou sílu až 20 kN, po celém rozsahu plynule regulovanou řídicím počítačem soustavy podle požadované intenzity brzdění. Spojení řídicího počítače a elektronického pedálu jsou kabely.

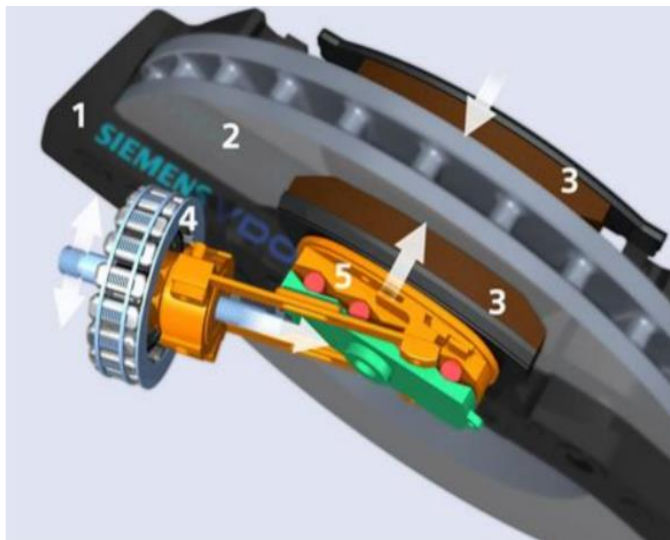
9.2 Elektronické Wedge Brake

Zkratka EWB označuje nový typ kotoučových brzd vyvinutý společností Siemens VDO. EWB vznikla z anglických slov Electronic Wedge Brake, čili elektronická klínová brzda.

Společnost Siemens VDO uvedla první vzorek v roce 2005. Již první testy ukázaly, že EWB má větší účinnost, kratší reakční časy a ve srovnání s hydraulickou brzdou má i kratší brzdovou dráhu. Klínová brzda není nový vynález, klínové brzdy se používaly již pro brzdění kočárů. Technici Siemens VDO tento princip znovu využili a zdokonalili. Ocelové klíny jsou vtlačovány mezi třmen a brzdové destičky.

Ovládání klínových elementů funguje bez hydraulických mechanismů. Ovládá se pouze pomocí krokových elektromotorů. Řídicí jednotku má každé kolo vlastní. Při sešlápnutí brzdového pedálu dojde k aktivaci elektromotorů, které tisknou destičku s brzdovým obložením mezi třmen a kotouč.

Otáčením kola, díky třecí síle, je brzdová destička o to více tlačena na kotouč (viz obr. 22). Čím se kolo točí rychleji, tím více narůstá brzdná síla na kotouč. Proto EWB potřebuje mnohem méně energie než současné hydraulické systémy. [29]



Obrázek 22 – EWB, 1 - brzdový třmen, 2 - brzdový kotouč, 3- brzdové obložení, 4 - elektromotor, 5 - mechanismus klínu [29]

10 ZÁVĚR

Pro správné pochopení elektronických brzdových systémů je důležité nejdříve pochopit funkci samotného brzdového ústrojí. V bakalářské práci je popsán vznik prvních brzd a postupně s jejich vývojem jsem došel přes dnešní obvyklou praxi až ke speciálním konstrukcím využívající zejména v super sportu. Dále jsou vypsány různorodé typy brzd, které by měl znát každý řidič.

Dnešní doba je ovlivněna elektronikou, která se nachází i v osobních automobilech. Zásadou vývoje autonomního řízení vozidel se automobilky dostaly do popředí vývoje elektronických systémů. Vývojová centra se hlavně snaží vyvíjet bezpečnostní systémy, které by dokázaly zamezit nehodám nebo alespoň snížit jejich dopad pro posádku a okolí. Již dnes je vidět úspěšný vývoj autonomního řízení, kde se v plné míře spoléhá na elektronické systémy.

Kromě výhod zmíněných bezpečnostních systémů existují i stinná místa. Mnoho řidičů si na ně zvyklo a sami už nedokáží rozpoznat reálné riziko, například rychlost projetí zatáčky, kde se objeví na vozovce voda, v horším případě náledí. Tito řidiči spoléhají, že jim systém, zejména ESP, zajistí bezpečnou kontrolu nad vozidlem i za zhoršených povětrnostních podmínek. Proto se musí i ve vozidle vybaveném všemi novými bezpečnostními systémy jezdit opatrně a předvídat aktuální situaci.

11 SEZNAM ZDROJŮ

Obr. 1 – Hydraulický brzdový systém	14
Obr. 2 - Zapojení hydraulických okruhů	15
Obr. 3 - Brzdná dráha	16
Obr. 4 - Kammova kružnice přilnavosti	19
Obr. 5 - Skluz.....	20
Obr. 6 – Části bubnového brzdového ústrojí	21
Obr. 7 - Konstrukce bubnové brzdy.....	21
Obr. 8 - Brzdový buben	22
Obr. 9 - Brzdové čelisti.....	23
Obr. 10 - Brzdový váleček.....	23
Obr. 11 - Kotoučová brzda s pevným a plovoucím třmenem.....	25
Obr. 12 - Protiblokovací regulační systém ABS.....	27
Obr. 13 - Snímač otáček kol	28
Obr. 14 - Varianty protiblokovacích systémů pro osobní automobily	28
Obr. 15 – Vývojové verze ABS	30
Obr. 16 - Indukční snímač otáček	32
Obr. 17 - Hallův snímač.....	32
Obr. 18 - EDS	35
Obr. 19 - Funkce systému BAS	36
Obr. 20 - Chování vozidla s/bez ESP	39
Obr. 21 - Systém stabilizace vozidla	40
Obr. 22 - EWB	42

[1] BUBNOVÁ BRZDA. In: *INFORMAČNÍ WEB NEJEN PRO ŽÁKY OBORU STROJÍRENSTVÍ - MECHATRONIKA* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-teo-10.01_brzdyabrzdazariadeniautomobilu_bubnovabrzda.pdf

[2] Jan. Z., B. Ždánský, *Automobily 1 Podvozky*, Avid s.r.o. Brno 2000. 210 s.

[3] Kotoučové brzdy: Motor vás nezastaví. In: *AUTO.CZ* [online], [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/kotoucove-brzdy-motor-vas-nezastavi-81290>

- [4] Brzdy I. In: *AUTOZNALOSTI.CZ* [online], [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://autoznalosti.cz/index.php/podvozek-a-kola/33-brzdyi.html>
- [5] Protiblokovací systém ABS. In: *COPTTEL Internetový portál* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://coptel.coptkm.cz/reposit.php?action=0&id=35915&revision=-1&instance=4>
- [6] Přehled zkratk elektronických stabilizačních systémů. In: *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/prehled-zkratek-elektronicky-stabilizacnich-systemu/>
- [7] JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ, Bronislav, ČUPERA, Jiří. *Automobily*. 2. vyd. Brno: Avid, 2009, 245 s. ISBN 978-80-87143-11-7.
- [8] Dvouokruhová brzdová soustava. In: *Autolexikon.net* [online], [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/dvouokruhova-brzdova-soustava/>
- [9] JAN, Zdeněk, ŽDÁNSKÝ, Bronislav, ČUPERA, Jiří. *Automobily*. 2. vyd. Brno: Avid, 2009, 245 s. ISBN 978-80-87143-11-7.
- [10] Snímače otáček. In: *Autolexikon.net: Hallův snímač* [online], [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/AUE/AUE_snimace_spalovacich_motoru_JAM.pdf
- [11] Elektronické systémy řízení a kontroly podvozku. In: *STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA, OSTRAVA - VÍTKOVICE, příspěvková organizace* [online], 2012 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/SIV/Elektro-nick%C3%A9%20syst%C3%A9my%20%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20pod-vozku-UT.pdf>
- [12] BRZDOVÉ SYSTÉMY OSOBNÍCH A UŽITKOVÝCH AUTOMOBILŮ. In: *Časopis Soudní inženýrství* [online]. BRNO, 2005 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-03-145-160.pdf>
- [13] http://www.autoznalosti.cz/images/stories/podvozek_kola/system.jpg
- [14] http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_dvouokruhova_brzdova_sou-stava_001.jpg, http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_dvouokruhova_brzdova_sou-stava_001.jpg

stava_002.jpg, http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_dvouokruhova_brzdova_sou-stava_003.jpg, http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_dvouokruhova_brzdova_sou-stava_004.jpg, http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_dvouokruhova_brzdova_sou-stava_005.jpg

[16] Brzdy a brzdňá zařízení automobilů. In: INFORMAČNÍ WEB NEJEN PRO ŽÁKY OBORU STROJÍRENSTVÍ - MECHATRONIKA [online]. Podbořany: -, - [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-teo-10.0_brzdyabrzd-nazarizeniautomobilu_zakladnipojmy.pdf

[17] Protiblokovací systém ABS. In: *COPTEL Internetový portál* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://coptel.coptkm.cz/reposit.php?action=0&id=35915&revision=-1&instance=4>

[18] Brzdy a brzdový systém automobilu. In: Autoservis všech značek vozů [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <https://www.automonti.cz/pdf/brzdy-brzdovy-system.pdf>

[19] http://www.autoznanosti.cz/images/stories/podvozek_kola/bubnova_brzda_Simplex.jpg, http://www.autoznanosti.cz/images/stories/podvozek_kola/bubnova_brzda_Duplex.jpg, http://www.autoznanosti.cz/images/stories/podvozek_kola/bubnova_brzda_Duo_Duplex.jpg

[20] http://obchod.fimas.cz/fotky7833/fotos/gen320/gen__vyr_258image.jpg

[21] https://www.skoda-dily.cz/data/items/7/49a86b5d5f380_t.jpg

[22] http://www.autoznanosti.cz/images/stories/podvozek_kola/brzdovy_valecek.jpg

[23] http://shared.autorubik.sk/upload/2011/03/kotucova_brzda.jpg

[24] BRZDOVÉ SYSTÉMY OSOBNÍCH A UŽITKOVÝCH AUTOMOBILŮ. In: Časopis Soudní inženýrství [online]. BRNO: -, 2005 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-03-145-160.pdf>

[25] Elektronické systémy řízení a kontroly podvozku. In: Autoservis všech značek vozů [online]. -: -, 2012 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.sps-vitko->

vice.cz/texty/texty/SIV/Elektro-
nick%C3%A9%20syst%C3%A9my%20%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20pod-
vozku-UT.pdf

[26] Snímače otáček. In: Autolexikon.net: Hallův snímač [online]. -: -, - [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/AUE/AUE_snimace_spalovacich_motoru_JAM.pdf

[27] http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_eds_002.jpg

[28] http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_bas.jpg

[29] Siemens VDO: elektronické klínové brzdy sériově už v roce 2010. In: *Nejlepší jízda na webu* [online]. -: -, - [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/siemens-vdo-elektronicke-klinove-brzdy-seriove-uz-v-roce-2010-11542>

[30] Elektronické stabilizační systémy. In: *Vysoké učení technické v Brně* [online]. -: -, - [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_ve-rejne.php?file_id=41690