

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Diagnostika a servis silničních vozidel

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Systemy pro stabilizaci jízdních vlastností u vozidel

Autor: **Martin Brunclík**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Josef FORMÁNEK, Ph.D.**

Akademický rok:
2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin BRUNCLÍK**
Osobní číslo: **S11B0469P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Diagnostika a servis silničních vozidel**
Název tématu: **Systemy pro stabilizaci jízdních vlastností u vozidel**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Cílem je provést technický rozbor jednotlivých systémů určených ke zlepšení jízdní stability aktuálně využívaných ve vozidlech. Dále provést základní specifikaci technických požadavků s ohledem na funkčnost a technické parametry. Výsledným řešením je zhodnocení technických parametrů a porovnání jednotlivých stabilizačních systémů.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše včetně specifikace technických požadavků.
2. Vypracování rozboru technických parametrů.
3. Porovnání jednotlivých stabilizačních systémů.
4. Zhodnocení a určení parametrů.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

MOTEJL, V., HOREJŠ, K. Učebnice pro řidiče a opraváře automobilu. Brno: Littera, 2004

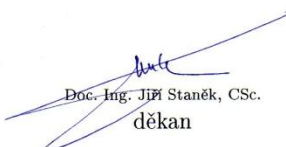
VLK, F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: Vlk, 2005

VLK, F. Automobilová elektronika I. Brno: Vlk, 2006

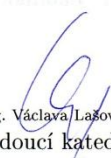
Podkladový materiál, výkresy, prospekty, katalogy apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení

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

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

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Doc. Josefu Formánkovi za cenné profesionální rady, komentáře a poskytnutí literárních zdrojů.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Brunclík		Jméno Martin	
STUDIJNÍ OBOR	Diagnostika a servis silničních vozidel			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Josef Formanek, Ph.D		Jméno Josef	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Systémy pro stabilizaci jízdních vlastností u vozidel			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	69	TEXTOVÁ ČÁST	62	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Předkládaná bakalářská práce popisuje základní systémy pro stabilizaci jízdních vlastností u vozidel. Tyto programy zasahují do řízení vozidla, aby zvyšovaly bezpečnost silničního provozu. Mezi hlavní systémy, které jsou popsány a technicky rozebrány v této práci jsou ABS, ASR a ESP. Dále jsou také zmíněny některé další podpůrné asistenční systémy, které je doplňují. V závěru práce jsou stabilizační programy u vybrané kategorie automobilů prakticky testovány a porovnávány.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Adheze, bezpečnost, smyk, stabilizace, ABS, ASR, ESP

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Brunclík	Name Martin
FIELD OF STUDY	Road Vehicles Diagnostics and Service	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Josef Formanek, Ph.D	Name Josef
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Stabilization systems for driving characteristics of vehicles	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	69	TEXT PART	62	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Presented bachelor's thesis describes basic stabilizing systems of vehicles. These systems are meant to help driver during critical situations to avoid crashes and improve a road safety. The main stability programs described and technical analysed in this thesis are ABS, ASR and ESP. There are also mentioned some others support systems. In the end there are stabilization programs of selected car category testing and comparing.
KEY WORDS	Adhesion, safety, skid, stabilization, ABS, ASR, ESP

Obsah

OBSAH	8
PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	9
ÚVOD	11
1 TEORETICKÝ ZÁKLAD	12
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY Z DYNAMIKY JÍZDY.....	12
1.2 ODPRUŽENÍ VOZIDEL.....	14
2 PROTIBLOKOVACÍ SYSTÉM ABS	15
2.1 PRINCIP SYSTÉMU ABS	15
2.2 VÝVOJ A HISTORIE SYSTÉMU ABS	19
2.2.1 ABS 2 S.....	19
2.2.2 ABS 5.0.....	20
2.2.3 ABS 5.3.....	21
3 ELEKTRONICKÉ ROZDĚLOVÁNÍ BRZDNÉ SÍLY EBD	21
3.1 PRINCIP SYSTÉMU EBD	21
4 BRZDOVÝ ASISTENT BAS	22
5 REGULOVATELNÝ UZAVÍRATELNÝ DIFERENCIÁL	24
5.1 ELEKTRONICKÁ UZÁVĚRKA DIFERENCIÁLU EDS	25
5.1.1 Princip EDS.....	25
6 PROTIPROKLUZOVÁ REGULACE ASR	27
6.1 PRINCIP PROTIPROKLUZOVÉ REGULACE ASR	27
6.2 MOTOROVÁ REGULACE ASR	29
6.3 BRZDOVÁ REGULACE ASR.....	30
6.4 HISTORIE SYSTÉMU ASR.....	32
6.5 ELEKTRONICKÉ ŘÍZENÍ VÝKONU EMS.....	33
7 ELEKTRONICKÝ STABILIZAČNÍ PROGRAM ESP	34
7.1 PRINCIP ELEKTRONICKÉHO STABILIZAČNÍHO PROGRAMU ESP	35
7.2 HISTORIE ELEKTRONICKÉHO STABILIZAČNÍHO PROGRAMU ESP	41
7.3 POPIS SYSTÉMŮ VYBRANÝCH AUTOMOBILŮ	42
7.3.1 BMW.....	42
7.3.2 Koncern VW.....	43
7.3.3 Ford.....	43
8 PRAKTICKÉ MĚŘENÍ A POROVNÁNÍ STABILIZAČNÍCH SYSTÉMŮ U JEDNOTLIVÝCH ZNAČEK AUTOMOBILŮ 44	44
8.1 ÚHYBNÝ MANÉVR	45
8.2 AUTOMOBILY POUŽITÉ PRO POROVNÁNÍ STABILIZAČNÍCH SYSTÉMŮ	49
8.2.1 BMW X3 (F25) xDrive 2.0d.....	49
8.2.2 Kia Sorento II 2.2 CRDi	50
8.2.3 Honda CR-V III 2.2 i-CTDi	52
8.2.4 Škoda Yeti 1.4 TSI.....	53
8.2.5 Dacia Duster 1.6 16V.....	55
8.2.6 Honda CR-V I 2.0 16V.....	56
8.3 VYHODNOCENÍ TESTŮ A STABILIZAČNÍCH SYSTÉMŮ	58
8.3.1 BMW X3 (F25) xDrive 2.0d.....	58
8.3.2 Kia Sorento II 2.2 CRDi	60
8.3.3 Honda CR-V III 2.2 i-CTDi	61
8.3.4 Škoda Yeti 1.4 TSI.....	63
8.3.5 Dacia Duster 1.6 16V.....	64
8.3.6 Honda CR-V I 2.0 16V.....	66
ZÁVĚR	68
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	70

Přehled použitých zkratk a symbolů

ABS.....	Anti-lock Braking System
ASC.....	Automatic Stability Control
ASR.....	Anti Skid regulation
BAS.....	Bream Assistent System
DSC.....	Dynamic Stability Control
DSR.....	Drag Reduction System
DTC.....	Dynamic Traction Control
EBD.....	Electronic Breakforce Distribution
EDS.....	Electronic Differential System
EMS.....	Elektronische Motorleistung Steuerung
ESP.....	Electronic Stability Program
ETC.....	Electronic Traction Control
HDC.....	Hill Descent Control
MSR.....	Motor Schleppmoment Regelung
RSC.....	Roll Stability Control
SAV.....	Sport activity vehicle
SUV.....	Sport utility vehicle
TCS.....	Traction Control System
4WD.....	Four-wheel drive
c[-].....	Pružinová konstanta
F_{ad} [N].....	Adhezní síla
F_B [N].....	Brzdná síla
F_g [N].....	Síla působící na řidiče při úhybném manévru
$F_{H,L}$ [N].....	Síla na vozovku
g[$m \cdot s^{-2}$].....	Gravitační zrychlení

M_A	[N.m]	Hnací moment
M_B	[N.m]	Brzdňý moment
m	[kg]	Hmotnost
r_d	[m]	Dynamický poloměr kola
R	[m]	Poloměr kola
s	[-]	Skluz
v_k	[m/s]	Obvodová rychlost kola
v_v	[m/s]	Rychlost vozidla
x	[-]	Konstanta ke gravitačnímu zrychlení
Z_K	[N]	Zatížení kola
α	[rad]	Úhel směrové odchylky
φ	[rad]	Úhel otočení kola za čas
μ	[-]	Součinitel adheze
ω	[Hz]	Netlumená vlastní frekvence

Úvod

Vzhledem k tomu, že silniční doprava je nejrozšířenější způsob přepravy osob i nákladu, je třeba neustále vyvíjet systémy na podporu bezpečnosti. V poslední době je v dopravě zažíván extrémní nárůst individuální automobilizace, a tak jsou nároky na bezpečnost několikanásobně vyšší, než tomu bylo dříve. Nedílnou součástí aktivní bezpečnosti vozidla jsou i veškeré systémy pro stabilizaci jízdních vlastností. Tyto systémy jsou zde proto, aby v případě krizové situace co nejrychleji a nejdokonaleji převzaly dočasnou kontrolu nad automobilem a tuto nepříznivou situaci potlačily. Jak šel čas, bylo vyvíjeno mnoho systémů, jejichž úkolem bylo dohlížení na zákony fyziky. Základní myšlenkou je, že kolo se musí po vozovce stále odvalovat, a tak většina těchto systémů kontroluje zejména skluz jednotlivých kol po povrchu, neboť kola, která prokluzují, jsou mnohem méně stabilní než kola, která se odvalují.

Prvním systémem na podporu jízdních vlastností byl protiblokovací systém ABS, který má za úkol bránit blokaci kol při prudkém brzdění, a tak zachovávat říditelnost vozu při tomto manévru. V pořadí druhým podpůrným prvkem, který se začal objevovat v automobilech byla protiprokluzová regulace ASR, která naopak kontroluje prokluz pneumatik při prudkém zrychlení. Stabilita vozu může totiž být negativně ovlivněna i při akceleraci. Dalším stěžejním systémem, který byl vyvinut pro bezpečnost v automobilové dopravě byl elektronický stabilizační program ESP. Tento systém kontroluje vozidlo i v příčném směru jízdy a k zajištění stability zpracovává právě i signály ze senzorů ABS a ASR. Ačkoliv každá automobilka pojmenovává svoje stabilizační systémy různě, princip zůstává vždy stejný. Naladění těchto elektronických stabilizačních programů se ale může lišit například v časové prodlevě, plynulosti nebo kvalitě zásahu do brzdového systému vozidla.

Stabilizační systémy jsou zkonstruovány tak, aby jejich reakce do řízení automobilu byla rychlejší než reakce řidiče, a tím pomohly efektivně a bezpečně zvládnout danou krizovou situaci, případně i na chvíli zcela přebrat veškerou kontrolu nad vozidlem. V následujících kapitolách budou výše zmíněné programy představeny, technicky rozebrány a případně doplněny o další pomocné systémy. Praktická část práce bude pak zaměřena porovnání a zhodnocení stabilizačních systémů v praxi.

1 Teoretický základ

1.1 Základní pojmy z dynamiky jízdy

Při řízení vozidel se lze dostat do situací, kdy se stává vozidlo velmi těžce ovladatelným. Tyto kritické situace mohou být řidiči nevhodně vyhodnocovány a nesprávnými manévry se vozidlo uvede do smyku. K předcházení a zvládnutí těchto situací napomáhají elektronické stabilizační systémy vozidel. Tyto systémy mají tedy všeobecně za úkol pomáhat řidiči motorového vozidla nejen předcházet vzniku smyku, ale případně mu pomoci s jeho vyrovnáním, pokud tato situace nastane. Dnes existuje mnoho různých typů, výrobců a značek těchto programů, nicméně princip funkce je založen vždy na stejné myšlence, a to zasáhnout do řízení vozidla takovým způsobem, aby byla tato krizová mezní situace co nejefektivněji vyeliminována. [1]

Krizovou mezní situací se rozumí takový stav, kdy řidič ztrácí kontrolu nad vozidlem v důsledku smyku. *Smyk* je při řízení automobilu v běžném provozu velmi nepříznivým jevem, který se snažíme co nejvíce eliminovat nejen samotným řízením motorového vozidla, ale rovněž i samotnou konstrukcí těchto vozidel. Nezvládnutí smyku pak může v některých situacích končit až dopravní nehodou s rozsáhlými škodami. Z fyzikálního hlediska se rozumí u dopravních prostředků nazvat smykem stav, kdy se již pneumatika přestává po vozovce pouze odvalovat, ale smýká se po daném povrchu v důsledku ztráty adheze.

Adhezi je teoreticky možné označit jako přilnavost pneumatiky k povrchu vozovky. Nelze ji však brát jako pouhé tření, protože je to jev mnohem složitější. Míra adheze závisí na stavu vozovky a pneumatik. [2]

Velikost adhezí síly F_{ad} lze vyjádřit jako [2]:

$$F_{ad} = Z_k \cdot \mu = F_{Bmax} \quad [N] \quad (1)$$

kde Z_K je zatížení kola, μ součinitel adheze a F_{Bmax} je maximální brzdná síla. [2]

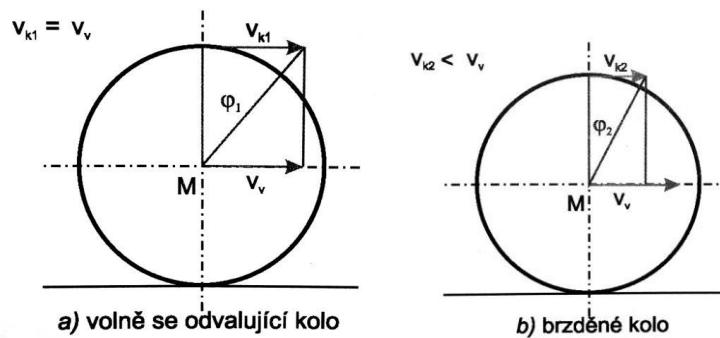
Velikost součinitele adheze je závislá na stavu vozovky, pneumatik a rychlosti vozidla. Hodnoty součinitele adheze mohou být od $\mu = 1$ pro ideální případ, až po $\mu = 0,1$ pro zledovatělou vozovku. Na vozovku lze tedy přenést maximálně sílu, která se rovná síle adhezní. [2]

Při *skluzu se ztratí* tření mezi pneumatikou a vozovkou. Při tomto ději kola nejsou schopná přenést na podklad žádnou boční sílu a vozidlo se tak stane velmi nestabilní. Prokluz se vyjadřuje jako rozdíl mezi rychlostí vozidla a obvodovou rychlostí kola (*obr. 1.1*) a lze jej tedy určit dle vztahu [2]:

$$s = (v_v - v_k) / v_k \quad [-] \quad (2)$$

kde v_v je tedy rychlost vozidla a v_k udává obvodovou rychlost kola. [2]

Pokud je kolo brzděno ($v_k = 0$), je skluz největší ($s = 1$), pokud se kolo volně odvaluje ($v_k = v_v$), je skluz nejmenší ($s = 0$). [2]



Obr. 1.1 Odvalování kola [2]: v_k – obvodová rychlost kola; v_v – rychlost vozidla; φ – úhel otočení kola za jednotku času

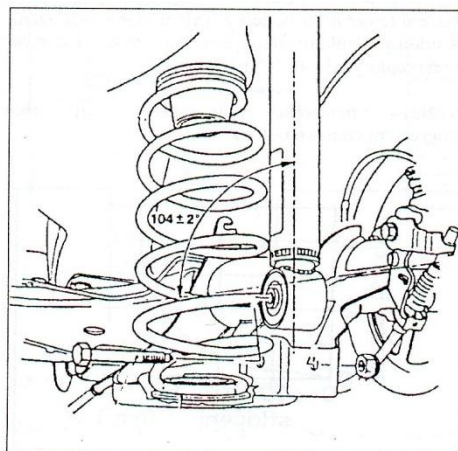
1.2 Odpružení vozidel

Odpružení vozidla je velice důležitým prvkem, kterým se eliminuje přenos kmitavých pohybů náprav automobilu na jeho podvozkové části a karoserii. Díky němu je chráněna posádka, popř. přepravovaný náklad před nechtěnými otřesy. Díky odpružení je také zvýšena životnost dílů podvozku a zajištěn styk pneumatiky s povrchem vozovky i při přejíždění nerovností. Tím je zajištěn ideální přenos hnacích a brzdících sil. Na kolech hnané nápravy by ztráta přilnavosti pneumatik s vozovkou znamenala zhoršení říditelnosti automobilu. Do soustavy odpružení patří také vozidlové tlumiče, které se starají o tlumení kmitavého pohybu náprav a podvozku. Veličina určující pružení je netlumená vlastní frekvence [8]:

$$\omega^2 = c/m \quad [Hz] \quad (3)$$

kde c je pružinová konstanta a m je hmotnost. Pružinivá konstanta je závislá na typu pružícího zařízení, kterým dle použitého materiálu mohou být [8]:

- pružiny ocelové (vinuté, torzní, listové)
- pružiny vzduchové (pneumatické)
- pružiny vzduchokapalinové (hydropneumatické)
- pružiny pryžové
- pružiny pryžokapalinové (hydroelastické)



Obr. 1.2 Vínutá pružina u zadní nápravy (Škoda Octavia) [8]

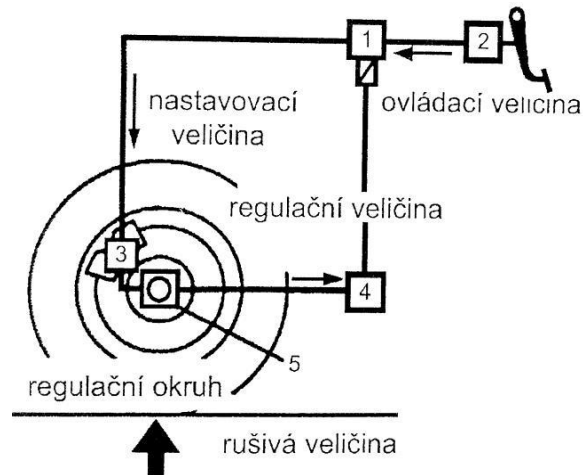
2 Protiblokovací systém ABS

Protiblokovací systém ABS (Anti-lock Braking System) je jedním ze základních a nejstarších asistenčních systémů. Hlavní devizou tohoto programu je zabránění zablokování kola při brzdění. Kolo vozidla se systémem ABS se stále odvaluje po vozovce, a tím je zabráněno ztrátě adheze, což zachovává vozidlo stále říditelným. Jestliže se kolo odvaluje, je zachována potřebná stabilita a ovladatelnost vozidla i v mezních situacích, např. při brzdění na kluzkém povrchu. Kolo, které je zablokované nepřenese žádnou boční sílu, čímž ztrácí veškerou směrovou stabilitu. Užitím protiblokovacích systémů ABS lze vyřešit nebezpečné situace při řízení a tak zvýšit aktivní bezpečnost. [3]

2.1 Princip systému ABS

Tento systém zamezuje zablokování kol při prudkém brzdění tak, že regulační obvod ABS automaticky určuje brzdnu sílu ve třmenech. Pokud je kolo zablokováno, dochází ke ztrátě adheze mezi pneumatikou a povrchem vozovky, a tak vůz přestává reagovat na podněty volantu. Regulační obvod pro kapalinové i vzduchové brzdy je složen ze tří základních prvků (*obr. 2.1*) [1][3]:

- **čidlo**- snímá okamžitou rychlost otáčení kola
- **elektronická řídicí jednotka**- vyhodnocovací člen, mikropočítač
- **akční člen**- regulační ventil nebo modulátor brzdného tlaku, který mění tlak v závislosti na elektronických signálech v brzdovém kolovém válci a tím určuje brzdný moment kola



Obr. 2.1 Protiblokovácí regulační systém ABS [1]: 1 – hydraulický agregát s magnetickými ventily; 2 – hlavní brzdový válec; 3 – brzdový kolový válec; 4 – řídicí jednotka; 5 – snímač otáček

Základem protiblokovácí regulace jsou signály ze snímačů otáček kol, které jsou v každém okamžiku posílány do řídicí jednotky. Ta z nich poté vypočítává obvodové zpomalení nebo zrychlení kola, skluz pneumatiky, referenční rychlost a nebo zpomalení vozidla. Pokud řídicí jednotka vyhodnotí situaci jako krizovou a dojde k blokaci kol, je vyslán signál akčním členům, tedy regulačním elektromagnetickým ventilům kola, u kterého došlo k prokluzu. Olej působí na píst jednotky pro uvolňování tlaku a stlačuje ho dolů. Objem kapaliny nad stupňovým pístem se zvětší, a tím poklesne brzdový tlak. Kuličkovým elektromagnetickým ventilem je pak uzavřen brzdový okruh a systém již nepřijímá řidičovi impulsy. [1][3]

Během jízdy automobilu jsou snímány otáčky kol. Existují systémy třísnímačové, kdy jsou senzory otáček na kolech přední nápravy a na pastorku stálého převodu zadní nápravy a systémy čtyřsnímačové, kdy jsou otáčky snímány na každém kole. Je-li řídicí jednotkou rozeznáno z přijímaných signálů nebezpečí zablokování kola, aktivuje v hydraulické jednotce elektromagnetické ventily daného kola. Elektromagnetický ventil příslušného kola na přední nápravě ovlivňuje kolo tak, že je schopno přenést největší možný

brzdový účinek nezávisle na ostatních kolech (individuální regulace). U zadních kol je využíváno principu „Select-low“, tj. že společný tlak v obou brzdách zadní nápravy určuje kolo s nižším součinitelem adheze. U dvouokruhových brzdových soustav s uspořádáním „přední/zadní náprava“ najdeme jen jediný elektromagnetický ventil, který přebírá regulaci zadních kol. Při diagonálním uspořádání brzdových okruhů je potřeba dvou elektromagnetických ventilů. [4]

Elektromagnetické ventily jsou na podnět od řídicí jednotky přepínány do tří různých poloh [4]:

- první poloha- **zvýšení tlaku**- elektromagnetický ventil je bez proudu a tak spojuje hlavní brzdový válec s brzdovým válečkem kola, tlak v brzdě vzrůstá
- druhá poloha- **udržení tlaku**- elektromagnetickým ventilem prochází polovina maximálního proudu, ventil způsobí oddělení brzdy kola od hlavního brzdového válce, tlak v brzdě je konstantní
- třetí poloha- **snížení tlaku**- elektromagnetickým ventilem prochází maximální proud, ventil odděluje hlavní brzdový válec a spojuje brzdový váleček na kole se zpětným tokem, dochází tak ke snížení brzdového tlaku příslušného kola

Těmito způsoby přepínáním elektromagnetických ventilů lze zvyšovat, nebo snižovat brzdový tlak. V závislosti na součiniteli adheze povrchu dojde za sekundu ke čtyřem až deseti regulačním cyklům. [4]

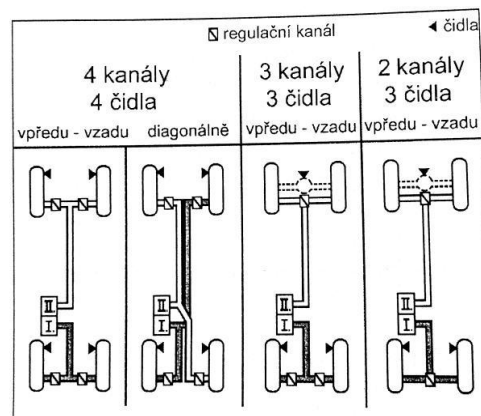
Podle typu snímání a následného zpracování signálu se rozlišuje několik druhů regulačních protiblokovacích soustav [1]:

- **individuální regulace (IR/IR)**- Každé kolo se reguluje zvlášť, tzn. že u vozidla se dvěma nápravami se tento systém skládá ze čtyřech čidel, čtyřech akčních členů a elektroniky se čtyřmi regulačními kanály. Touto regulací je dosaženo nejkratší brzdné dráhy. Určitou nevýhodou ale je, že při brzdění na vozovce s rozdílnou přilnavostí v příčném směru (např. uprostřed sucho a na kraji sníh,

led) vznikne stáčivý moment kolem svislé osy, což vede ke stáčení vozidla do protisměru. Touto regulací tedy není dostatečně zaručená směrová stabilita.

- **smíšená regulace (IR/SL)**- Pro tuto regulaci jsou charakteristické čtyři kanály, čtyři čidla a diagonální zapojení brzd. Na přední nápravě je individuální regulace, zatímco zadní kola mají společnou (výběrovou) regulaci, tzn. že kolo s horšími adhezními podmínkami určuje společný brzdný tlak pro obě kola- princip „Select-low“.
- **modifikovaná individuální regulace (MIR)**- Individuální regulace (IR) na zadní nápravě a obměna regulace „Select-low“, MIR na přední nápravě. Při regulaci přední nápravy se při blokování jednoho kola nezvyšuje brzdný tlak v druhém neblokujícím kole, ale udržuje se na konstantní hodnotě. Tlak v brzdovém válci na blokujícím se kole je snižován, dokud se nedosáhne příslušné obvodové rychlosti. Poté je možnost opětovně zvýšit tlak a zvýší se také tlak na kole s lepší adhezí, do doby kdy druhé kolo opět blokuje. Tento cyklus se opakuje, než dojde k úplnému zastavení vozu.

Další možné systémy regulace jsou diagonální, či nápravová regulace. U **diagonální** regulace kola leží diagonálně a mají regulaci IR. **Nápravová regulace**, tj. IR nebo SL, které se vyskytují jen na zadní nápravě. Tyto typy nejsou sice tak nákladné, nicméně oplátkou na snížení brzdné dráhy je zhoršení celkové stability vozidla. [1]



Obr. 2.2 Varianty uspořádání protiblokovacích systémů pro osobní automobily [1]

2.2 Vývoj a historie systému ABS

Hmatatelná historie tohoto systému sahá až do roku 1978, kdy byl první ABS systém vyvinut firmou Bosch. Nicméně první úvahy o tom, jak by bylo možné zabránit zablokování kol při brzdění vznikaly už na počátku minulého století. Již v roce 1936 si tato společnost nechala patentovat tzv. „Zařízení k zabránění silného brzdění kol motorového vozidla“. Bylo ale třeba počkat až na příchod elektronického řízení, aby mohl být vyvinut dostatečně rychlý a robustní protiblokovací brzdový systém, který by mohl být použit v motorových vozidlech. Jako první se systém ABS komerčně uplatnil v automobilu značky Mercedes-Benz třídy S, a poté následovalo BMW řady 7. Systém ABS byl a je firmou Bosch rozvíjen i nadále, a tak vznikly další důležité systémy pro stabilizaci jízdy vozidla, jimiž jsou protiskluzový systém ASR a elektronický stabilizační program ESP. [3]

	ABS 2	ABS 2E	ABS 5.3	ABS 8.0
generation				
weight in kg	6,7	4,9	2,6	1,6
number of components of ECU	140	40	25	16
memory size in kByte	2	8	24	128
	1978	1989	1995	2003

Obr. 2.3 Vývoj a miniaturizace systému ABS [3]: 1. řádek – generace; 2. řádek – hmotnost; 3. řádek – počet součástek; 4 – kapacita paměti

2.2.1 ABS 2 S

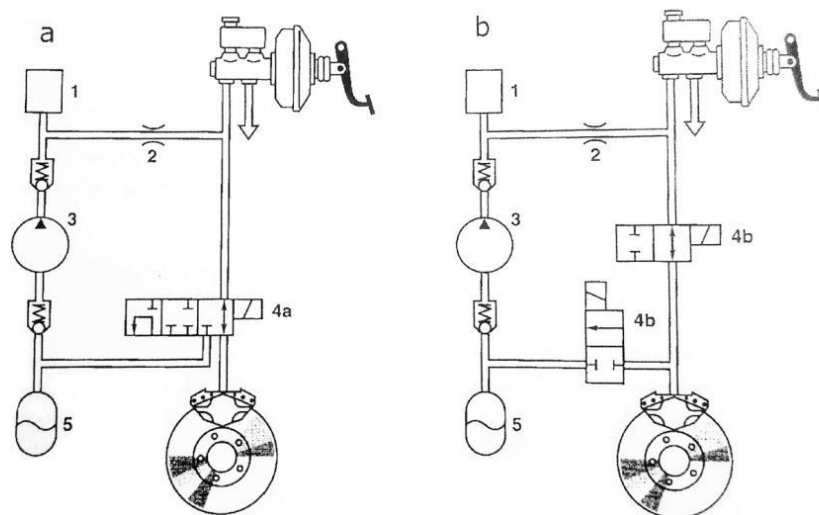
V tomto případě firma Bosch v roce 1978 hydraulický agregát a řídicí jednotku konstrukčně oddělila. Systém ABS 2 S je buď třísnímačový- snímače na obou předních kolech a pastorku stálého převodu zadní nápravy, nebo čtyřsnímačový- snímače na všech kolech

vozidla. Hydraulický agregát se třemi kanály obsahuje čerpadlo hnané elektromotorem kvůli zpětné dodávce pracuje s 3/3 cestnými elektromagnetickými ventily pro regulaci tlaku. U rozdělení „přední/zadní“ náprava reguluje zadní nápravu jen jeden elektromagnetický ventil. U diagonálního rozdělení, kde každé zadní kolo patří do jiného brzdového okruhu regulují zadní nápravu ventily dva. [1][5]

2.2.2 ABS 5.0

Nejvýznamnějším rozdílem systému ABS 5.0 oproti ABS 2 S jsou elektromagnetické ventily hydraulické jednotky. ABS 2 S je vybaveno 3/3 cestnými elektromagnetickými ventily, ale u systému ABS 5.0 je možno najít 2/2 cestné ventily. Protiblokovací systém Bosch ABS 5.0 tedy vznikl postupným vyvíjením systému ABS 2 S a lze jej charakterizovat následujícími znaky [1]:

- stavebnicový systém pro variabilní použití
- princip zpětné dodávky a uzavřený brzdový okruh
- princip dvou mikropočítačů s velmi rozsáhlým kontrolním softwarem



Obr. 2.4 Porovnání systémů ABS a) Bosch 2 S, b) Bosch 5.0 [1]: 1 – tlumič tlaku, 2 – škrcení, 3 – zpětné čerpadlo, 4a – ventil 3/3, 4b – ventily 2/2, 5 – zásobník

Kvůli zajištění správné funkce, logiky zpracovaných signálů a kontrolního softwaru jsou v řídicí jednotce obsaženy dva mikroprocesory, které pracují paralelně a navzájem se kontrolují. Stejně signály vstupující do mikroprocesorů musí být navzájem totožné i při výstupu z mikroprocesorů. Jestliže dojde v určitém okamžiku k logické odchylce mezi signály, je diagnostikována závada a systém ABS vyřazen z provozu. Ke kontrole správné funkce a logiky zpracovaných signálů dochází tedy tímto způsobem nepřetržitě. [1]

2.2.3 ABS 5.3

Systém ABS 5.3 vyvinula společnost Bosch pro osobní vozy nižších tříd. Zástavbové rozměry ABS 5.3 jsou při zachování stejného rozsahu funkcí v porovnání se systémem ABS 5.0 mnohem menší. Elektromagnetické ventily byly umístěny odděleně, hydraulické komponenty se integrovaly do řídicí jednotky a elektrické části (vinutí elektromagnetu) se nachází na tělese řídicí jednotky. Elektronická řídicí jednotka má své místo přímo buď na hydraulické jednotce, nebo je umístěna odděleně a propojena svazkem kabelů. [1]

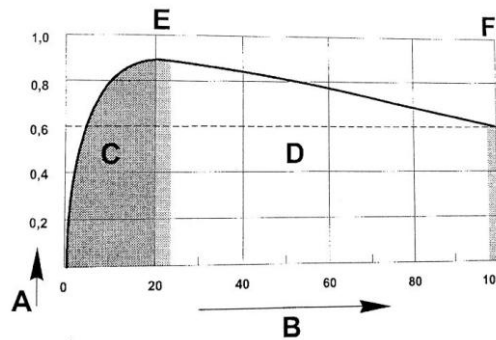
3 Elektronické rozdělování brzdné síly EBD

Systém EBD (Electronic Brakeforce Distribution), jež je závislý na již popsaném systému ABS, zahrnuje vliv změny zatíženosti náprav při brzdění a reguluje na nich brzdný tlak. Funkce EBD je tedy dodatečný program k původnímu systému ABS a je jím umožněno jemnější korigování brzdného tlaku na zadní nápravě vozu. Elektronické rozdělení brzdné síly nepůsobí výhradně při prudkém brzdění, ale může v závislosti na adhezi vozovky a zatížení automobilu pomoci i při normálním brzdění. [1]

3.1 Princip systému EBD

Regulace systému nezávisí na brzdném tlaku, ale na skluzu pneumatik. V závislosti na skluzu kol je pomocí EBD umožněno snížit brzdný tlak u zadních brzd a tím zvýšit celkovou jízdní stabilitu. Snížení tlaku na zadních kolech probíhá v určitých fázích. Speciálním softwarem je zamezováno blokování zadních kol. Jestliže ale i přesto začne

docházet u některého z kol ke smyku, regulace se ujme systém ABS. U systému EBD je řízení obou zadních brzdových okruhů společné. Porucha systému ABS nemusí nutně znamenat i problém s funkcí EBD. Regulování EBD probíhá ve stabilní oblasti využívané přilnavostí povrchu (*obr. 3.1*) [1]:



Obr. 3.1 Součinitel přilnavosti A v závislosti na skluzu B [%] [1]: C – stabilní oblast (regulace EBD), D – nestabilní oblast, E – kritická oblast (regulace ABS), F – 100% skluz (kolo blokuje)

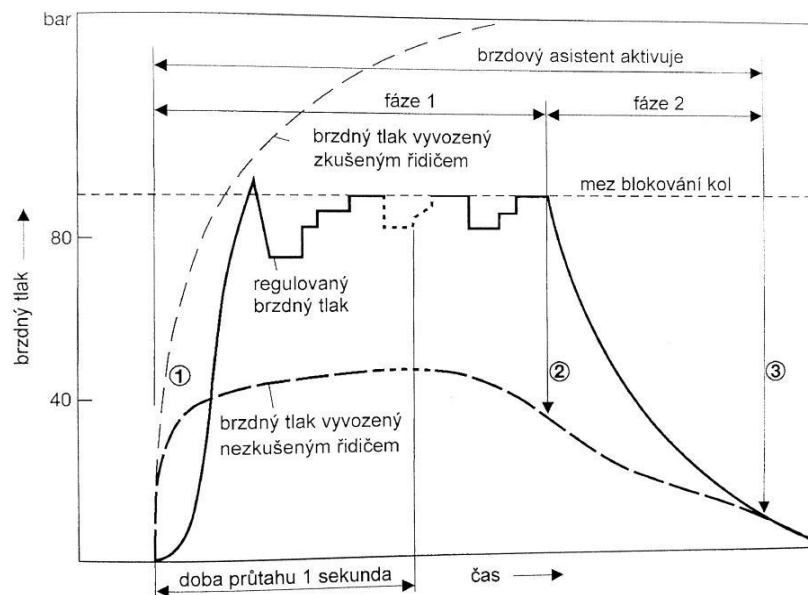
4 Brzdový asistent BAS

S postupem doby se ukázalo, že mnoho nezkušených řidičů ovládá brzdový pedál váhavě až nesměle, což vedlo ke vzniku dalšímu asistenčnímu systému. Kvůli tomuto počínání nezareaguje ani systém ABS a není tak možno dosáhnout maximálního brzdného účinku. Tento asistent je schopen z brzdění řidiče rozpoznat, že vznikla krizová situace a započne automaticky plné brzdění. Tento děj proběhne během několika milisekund, tj. rychleji než by to byl schopen provést řidič. Hlavním sledovaným faktorem je jev, kdy řidič při počátečním silném sešlápnutí brzdového pedálu sníží sílu na něj až příliš brzy. Tuto situaci právě systém BAS rozpozná a nepřestává s intenzivním brzděním ani po uvolnění pedálu. Tímto asistentem se brzdná dráha automobilu může u méně zkušených řidičů zkrátit až o 40 %. [5]

Hlavní úkoly brzdového asistentu jsou tedy následující [5]:

- rozeznat situaci panického brzdění, aby se brzdný tlak, který vyvolal řidič zvýšil na takový brzdný tlak, jímž je u všech kol dosaženo meze blokování, a tím nastala regulace systémem ABS
- včas rozpoznat konec panického brzdění, aby byl ovládací brzdný tlak snížen na hodnotu, kterou vyvolává řidič

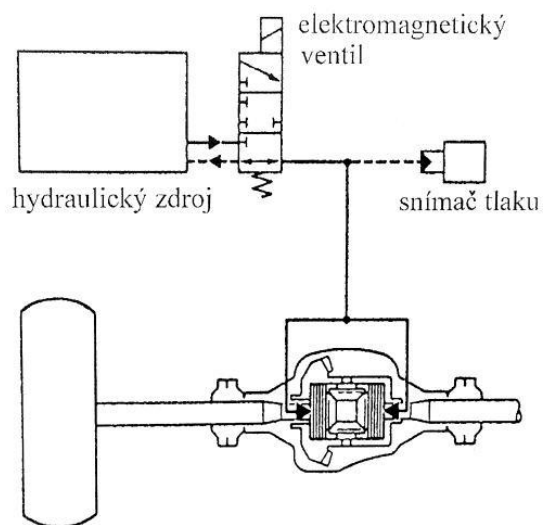
Při sešlápnutí brzdového pedálu rozezná řídicí jednotka brzdný požadavek a případné nouzové brzdění tak, že tyto okolnosti snímá signálem tlaku, jenž popisuje tlakový průběh v hlavním brzdovém válci. Snímač potřebný pro tuto akci je umístěn přímo na hydraulické jednotce. Kvůli tomu, že BAS zpomaluje vozidlo až k mezi blokování kol, tj. těsně před zasáhnutí protiblokovacího systému, vyskytuje se tedy pouze u vozidel vybavenými ABS. [5]



Obr. 4.1 Hydraulický brzdový asistent, brzdné vlastnosti při panickém brzdění [5]: 1 – aktivuje se brzdový asistent, 2 – odlehčení brzdového pedálu, 3 – brzdový asistent vypíná

5 Regulovatelný uzavíratelný diferenciál

Uzavření (zablokování) diferenciálu je výhodné ke zvětšení trakce hnacích kol při jejich rozdílné adhezi, tedy nejčastěji při jízdě v terénu, či na sněhu. Při rozjíždění vozidla je nastaven určitý stupeň uzavření, který zvyšuje trakci, zejména na kluzkém povrchu, až do určité rychlosti, bez zhoršení jízdní stability. Toto zasáhnutí může také zvýšit stabilitu vozu v zatáčce tím, že při částečném uzavření diferenciálu je vnitřní kolo, jenž je odlehčené, unášeno vnějším kolem a tím neztrácí boční vodící sílu a nemá tedy velký skluz. Zároveň je možno na vnější kolo přenést větší podíl brzdného momentu motoru, který stabilizuje automobil proti přetáčivosti. Uzavřít vazbu mezi pravým a levým kolem u hnané nápravy je možno dosáhnout pomocí hydraulicky stlačitelných lamel v diferenciálu. Uzavírání diferenciálu se může plynule zvyšovat od základní uzavírací hodnoty až po úplné uzavření. Potřebný tlak k tomuto úkonu je brán z tlakového zásobníku. Elektromagnetický ventil má na starost tlakovou modulaci. Schéma zapojení je znázorněno na obr. 5.1 [5]:



Obr. 5.1 Hydraulické schéma řazení pro regulovatelný diferenciál [3]

5.1 Elektronická uzávěrka diferenciálu EDS

Užití EDS (z angl. Electronic Differential System, nebo z něm. Elektronische Differentialsperre) lze jen ve spojení se systémem ABS. Hlavní výhodou tohoto systému spočívá v tom, že umožňuje řidiči plynulejší rozjezd za zhoršených adhezních podmínek přibrzdováním protáčejícího se kola. Jestliže hnací kola automobilu na kluzkém povrchu, začnou prokluzovat, EDS rozdělí hnací moment od motoru nerovnoměrně na poháněná, případně všechna čtyři kola díky řízenému přibrzdění kol s horší adhezí. Na tuto akci je užíváno již existující součásti protiblokovacího systému ABS. Příkladem může být systém Bosch ABS/ABD 5 (Automatische Brems-Differentialsperre), který rozšiřuje ABS 5.0 a ABS 5.3. Protože v systému ABS/ABD 5 musejí být hnací kola brzděna jednotlivě, je v hydraulické jednotce obou brzdových okruhů osm elektromagnetických ventilů k modulaci brzdných tlaků, stejně jako u ABS 5.0 a k tomu navíc další čtyři ventily ke zvýšení tlaku. [1][5]

5.1.1 Princip EDS

Princip elektronicky řízeného diferenciálu spočívá v tom, že pokud dojde k prokluzování kola při rozjezdu, tak se bez zásahu do řízení motoru zaktivuje brzda na daném kole. K funkci systému EDS je využívána řídicí jednotka systému ABS a působí vlastně obráceně. ABS v podstatě povoluje kolo, které se blokuje, naproti tomu EDS přibrzdí hnací kolo se sníženou trakcí, a tím je přenášena větší část hnací síly na kolo s lepší přilnavostí. Lze tedy říci, že systém EDS zkvalitňuje řízení vozidla na povrchu s rozdílnými adhezními podmínkami pod pravým a levým hnacím kolem a tím napomáhá i nižšímu opotřebení pneumatik. Tento systém však funguje jen do určité rychlosti vozidla a pak jeho funkci přebírá systém ASR. EDS se automaticky odpojí při dosažení rychlosti 40km/h u vozidel s poháněnou jednou nápravou a při rychlosti nad 80km/h pak u automobilů s pohonem všech kol. Kdyby tak nebylo učiněno, mohlo by dojít k přetěžování a nadměrnému zahřívání brzd, což by v extrémní situaci mohlo vést až k jejich poškození. [1]

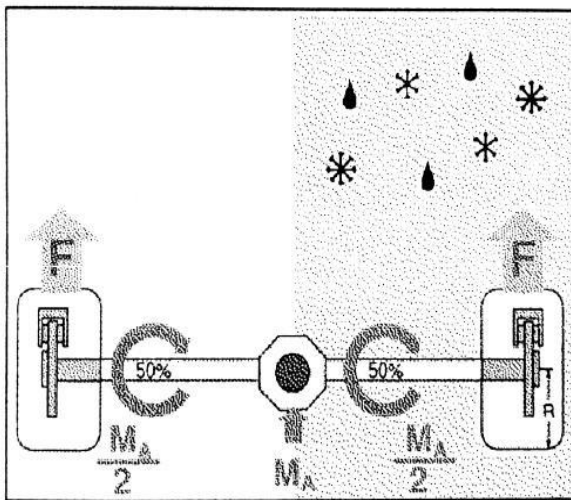
Na následujících obrázcích (*obr 5.2 a obr 5.3*) jsou ukázány síly působící na hnacích kolech v podélném směru v případě vozidla bez EDS a vozidla vybaveným systémem EDS. Hnací síla je symbolizovaná písmenem F , F_{celk1} je celková dopředná síla bez systému EDS, F_{celk2} je celková dopředná síla se systémem EDS, F_{EDS} je přidavná hnací síla, M_A je hnací moment, M_B je brzdný moment a R je poloměr kola a platí, že: [1]

$$F_{celk1} = F + F \quad [N] \quad (4)$$

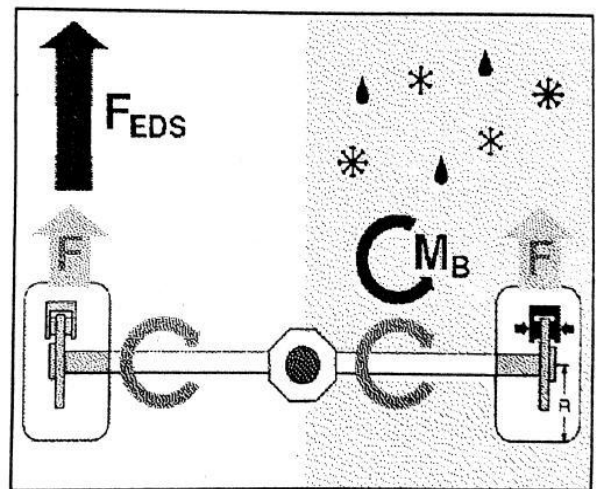
$$F_{EDS} = M_B / R \quad [N] \quad (5)$$

$$F_{celk2} = F + F + F_{EDS} \quad [N] \quad (6)$$

$$F_{celk1} > F_{celk2} \quad [N] \quad (7)$$



Obr. 5.2 Hnací síly bez uzávěrky diferenciálu [1]



Obr. 5.3 Hnací síly s využitím elektronické uzávěrky diferenciálu EDS [1]

6 Protiprokluzová regulace ASR

Systém regulace prokluzu ASR (z angl. Anti Skid regulation, nebo z něm. Antriebschlupfregelung) rozšiřuje systém ABS a jeho úkolem je zajistit stabilitu a ovladatelnost vozidla při akceleraci. Obdobně jako zablokování kola při překročení meze adheze při brzdění vzniká podobný problém, tj. ztráta přilnavosti pneumatik i při prudší akceleraci. Dochází k prokluzu kola, které pak nemůže přenést žádnou boční sílu a tím může u vozidla velmi snadno dojít ke smyku. Z tohoto důvodu se objevila myšlenka vyvinout systém, který by kontroloval trakci automobilu při jeho zrychlování. Hlavní devizou tohoto programu je omezit hnací moment přiváděný na kola dle okamžitých adhezních podmínek a tím zajistit stabilitu a říditelnost vozidla při akceleraci a tak i současně snížit opotřebování pneumatik. ASR automaticky zasahuje do řízení v krizových situacích, resp. při ztrátě přilnavosti pneumatik a řidič jeho funkci může sledovat pomocí kontrolky na palubní desce. Automobilky si postupem času začaly nazývat protiskluzové systémy podle sebe, princip fungování je však stejný. Koncern VW nazývá systém stále zkratkou ASR, značka BMW začala systém nazývat ASC (z něm. Automatische-Stabilität-Control), později byl systém přejmenován na DTC (z angl. Dynamic Traction Control) a například pro japonské vozy se vryl pro tento program název TCS (z angl. Traction Control System). Stejně tak jako ABS, je dnes i systém ASR plně rozšířen a schopen podstatně zvýšit jízdní bezpečnost. Nyní je již ve vozidlech standardně užíváno společné regulace systémů ABS/ASR. [1][5]

6.1 Princip protiprokluzové regulace ASR

Elektronicky řízená protiprokluzová soustava pracuje na základě neustálého porovnávání otáček snímaných ze všech kol vozidla. Rozdíl těchto otáček může být způsoben buď zablokováním, nebo právě prokluzem některého z kol. Pro vyhodnocení situace je využíváno snímačů otáček kol protiblokovacího systému ABS, které jsou v tomto případě společné i pro systém ASR. Data ze snímačů jsou ale zpracovávána odlišným způsobem, tj. v tomto případě je omezen hnací moment na kolo, které začne prokluzovat. [5]

Protiskluzový systém zabraňuje protočení kol při rozjezdu nebo prudším zrychlení za těchto podmínek [5]:

- na vozovce s náledím nebo pokryté vrstvou sněhu na jedné nebo obou stranách automobilu
- při jízdě do kopce (u automobilů s předním náhonem)
- při akceleraci v zatáčce

Dále protiprokluzový systém pomáhá v následujících situacích [5]:

- Prokluzující kola, stejně jako zablokovaná mohou přenášet pouze malé boční síly, což vede k nestabilitě vozidla. Systém ASR udržuje automobil pod kontrolou a přispívá tak k bezpečnosti jízdy.
- Při prokluzování kol se velmi opotřebovávají pneumatiky a hnací ústrojí na vozidle. ASR pomáhá k prodloužení životnosti těchto komponentů.
- Systém ASR ovládá samočinně výkon motoru, a tak na rozdíl od mechanické uzávěrky diferenciálu, kde může při zatáčení docházet ke smýkání kola, brání ASR prokluzu pneumatik při prudší akceleraci v zatáčce.
- Pomocí kontrolky na palubní desce je řidič uvědomován o situacích, kde je systém ASR sepnut a může tak přizpůsobit styl jízdy případným zhoršeným adhezním podmínkám.

Jestliže řidič akceleruje, zvyšuje tak točivý moment motoru, a tím se současně zvyšuje točivý moment na kola. Pokud jsou pneumatiky schopny přenášet tento moment, lze s vozidlem bez problémů zrychlovat. Je-li ale tento aktuální moment dodávaný kolům příliš velký, tj. součinitel adheze je příliš malý, dojde k prokluzu hnacích kol a vozidlo se stává nestabilním. V tomto případě zasahuje systém ASR, který je schopen během zlomku sekundy snížit prokluz kol na nejlepší možnou hodnotu. Regulace ASR, která je řízena elektronickou řídicí jednotkou na základě snímání otáček kol je možná několika způsoby, popř. jejich kombinací [5]:

- motorová regulace (snížení hnacího momentu)
- brzdová regulace (přibrzdování kol hnací nápravy)
- zásah do spojení motoru s hnacími koly
- regulace uzavírání diferenciálu

ASR používá ke svojí funkci stejné komponenty jako protiblokovací systém ABS, které jsou případně doplněny o některé funkce [3]:

Řídící jednotka ABS, která je doplněna o část elektroniky z ASR zaznamenává signály ze snímačů otáček kol. Z těchto údajů je poté vyhodnocován skluz na jednotlivých kolech. Pokud dojde ke zjištění příliš velkého skluzu u jednoho z hnacích kol, dojde k aktivaci systému ASR. [3]

Snímače otáček vedou informaci řídicí jednotce, která následně vypočte obvodové rychlosti. [3]

Hydraulická jednotka ABS je opět rozšířena o část pro ASR. Tato provádí příkazy řídicí jednotky a nezávisle na řidiči ovlivňuje hydraulický tlak v brzdách kol pomocí elektromagnetických ventilů. [3]

6.2 Motorová regulace ASR

U zážehových motorů se reguluje vstřikování paliva, zapalování a poloha škrtkové klapky. Z důvodu pohodlí, zatěžování motoru a složení výfukových zplodin je nejvýhodnější zásah do plnění palivem pomocí škrtkové klapky. Nevýhodou této regulace je však relativně pomalá reakční doba, která však může být eliminována díky přídavnému podnětu vstřikování a zapalování. Při tomto zásahu je doba zážehu paliva posunuta tak, aby byl zmenšen točivý moment motoru. V případě že je tento krok nedostatečný, jsou zapalovací impulsy přerušeny. V tomto momentu musí ale také být přerušeno samotné vstřikování paliva, neboť by se jinak zhoršilo složení výfukových plynů jdoucích do katalyzátoru, který by byl poté příliš přetížen. Regulace daná pouze přerušením vstřikování má poněkud pomalejší náběh, protože motor ještě musí spálit připravené palivo. Zásah do vstřikování a zapalování bez použití regulace

škrtící klapkou je tedy postačující jen pro vozidla, kde nejsou kladeny příliš vysoké požadavky na komfort. [5]

U motorů vznětových je regulováno pouze množství vstřikovaného paliva do válců. Snížení dávky paliva může být uskutečňováno několika způsoby, jako např. elektronicky ovládaným akceleračním pedálem, nebo regulací na vstřikovacím čerpadle. [5]

Systém ASR je možné doplnit ještě o další regulaci, pro niž se užívá zkratka je **MSR** (z něm. Motor-Schleppmoment-Regelung). **Regulace brzdného momentu motoru**, jak se česky označuje, má za úkol točivý moment motoru naopak částečně zvýšit ve chvíli, kdy by řidič prudce uvolnil plynový pedál při nízkém zařazeném rychlostním stupni, čímž by mohlo dojít při nízkém součiniteli adheze k brzdnému skluzu. Řídící jednotka motoru je o vzniklém brzdném skluzu (blokování kol) informována prostřednictvím jednotky ABS, která získává informace pomocí snímačů na kolech. Tato pak zapříčiní lehkou akceleraci zvýšení otáček motoru, které vyvolá vzrůst točivého momentu na kolech takového, aby se nežádoucí brzdění snížilo na hodnotu zaručující lepší stabilitu jízdy.[1][5]

6.3 Brzdová regulace ASR

Metodou brzdění kol na hnací nápravě se dosáhne nejkratší možné reakční doby, protože s narůstajícím brzdícím tlakem je s okamžitým účinkem ovlivňován skluz u kola. Z komfortních a bezpečnostních důvodů ale není možno okamžitého nejvyššího nárůstu brzdné síly. Vozidla, která k úpravě kroučícího momentu motoru využívají jen škrtící klapky, může představovat přibrzdování kol vhodný doplněk pro lepší stabilizaci a ovladatelnost. [5]

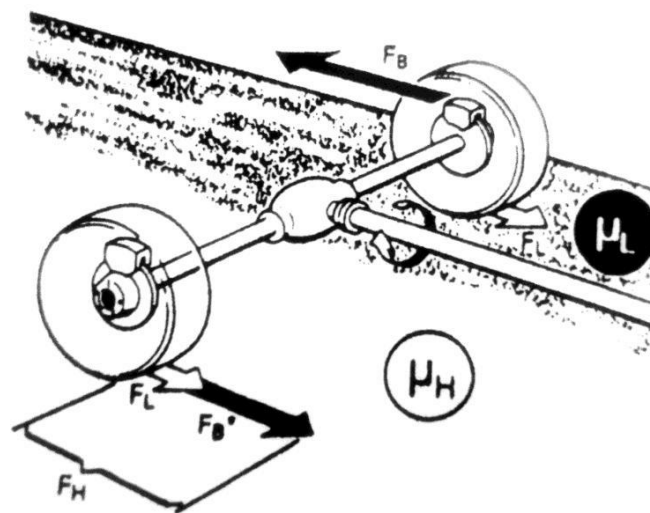
Další úloha tohoto systému je taková, že brzdová regulace ASR má sloužit jako uzávěr diferenciálu. Účinek této uzávěrky vzniklý díky brzdné síle je ukázán na *obr. 6.1*, kde je znázorněno působení sil na kolech hnací nápravy v podélném směru. Kolo, pod kterým je větší součinitel adheze μ_H přenáší sílu F_H a kolo, pod kterým je součinitel adheze μ_L může přenášet jen sílu F_L . Diferenciálem je ale možno přenášet jen dvojnásobně menší sílu F_L . K zabránění prokluzu kola s menším adhezním součinitelem se přivede na dané kolo brzdná síla F_B , což umožňuje přenesení větší trakční síly. Točivý moment motoru se poté reguluje dle této

maximální trakční síly F_{max} . Síla F^*_B , kterou je hnací kolo brzděno je přímo úměrná brzdnému momentu M_B a nepřímo úměrná dynamickému poloměru kola r_d . [5]

$$F^*_B = M_B / r_d \quad [N] \quad (8)$$

$$F_H = F_L + F^*_B \quad [N] \quad (9)$$

$$F_{max} = 2F_L + F^*_B \quad [N] \quad (10)$$



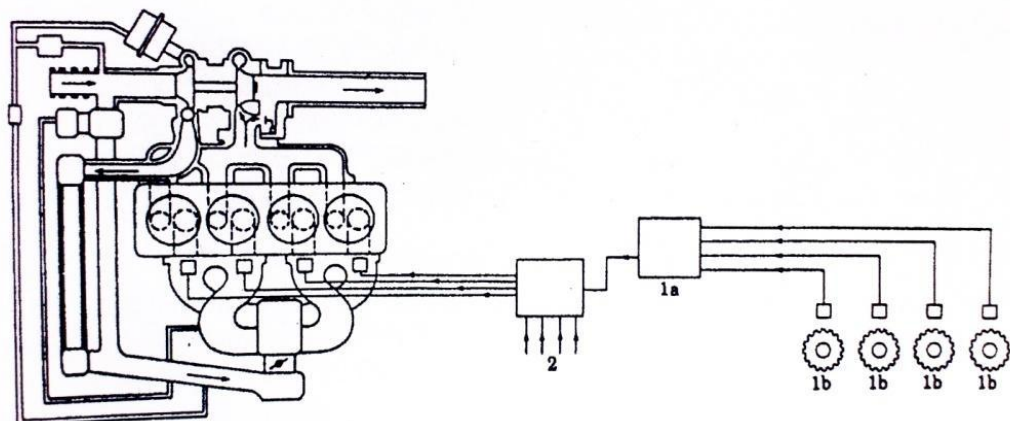
Obr. 6.1 Účinek uzávěru diferenciálu vzniklý díky brzdě síle (Bosch) [5]: F_B – brzdná síla, F^*_B – brzdná síla vztažená na účinný poloměr, μ_H a μ_L – nejvyšší a nejnižší součinitel adheze, F_H a F_L – maximálně přenositelná síla na vozovce s μ_H a μ_L

U automobilů s pohonem předních kol s nižším výkonem motoru se tato protipokluzová regulace, probíhající přibrzdováním kol, může považovat jako jednoduchá pomoc při rozjezdu. Tato funkce ale musí být omezená jako časově, tak rychlostně, aby nedocházelo

k přetěžování brzd. Kdyby tato brzdová regulace byla v permanenci příliš dlouho, vzniklo by nebezpečí přehřátí brzd. [5]

6.4 Historie systému ASR

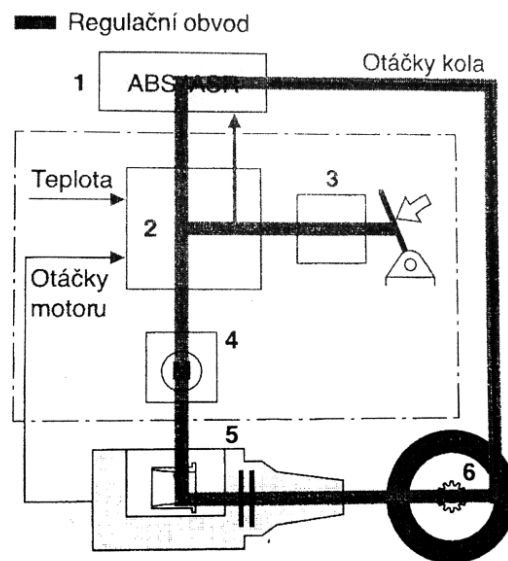
Protiprokluzový systém, který se označuje zkratkou ASR začala v polovině osmdesátých let sériově montovat do svých vozidel automobilka Mercedes-Benz. Jako první se ale do historie zapsala firma Volvo, která zavedla podobný systém ve svém sériově vyráběném Volvu 760. V roce 1982 představila automobilka elektronickou regulaci hnací síly, jenž označila zkratkou ETC (z angl. Elektronic Traction Control). Toto zařízení pro kontrolu trakce bylo dodáváno společně s protiblokovacím systémem ABS. Schéma soustavy ETC je znázorněno na obr. 6.2 [5]:



Obr. 6.2 Princip elektronické regulace hnací síly ETC [5]: 1a – řídicí jednotka, 1b – čidla otáček jednotlivých kol, 2 – řídicí jednotka motoru

6.5 Elektronické řízení výkonu EMS

Aby byl zajištěn zásah systému ASR nezávisle na poloze pedálu akcelérátoru, musí být použito elektronického řízení výkonu motoru EMS (z něm. Elektronische Motorleistung Steuerung) nazýváno také elektronický plyn (EGAS). EMS je u zážehových motorů užíváno místo mechanického spojení mezi pedálem akcelérátoru a škrťicí klapkou a u vznětových agregátů místo propojení pedálu a vstřikovacího čerpadla. Příkazy pro EMS jsou distribuovány prostřednictvím systému ASR (včetně MSR) a také právě polohou pedálu akcelérátoru. Polohu pedálu kontrolují snímače a pomocí potenciometru je pak převedena na elektrický napěťový signál. Tento signál je převeden řídicí jednotkou EMS s ohledem na předprogramované veličiny a signály z jiných snímačů na řídicí napětí pro elektromotor nastavovacího zařízení, který pomocí tohoto signálu ovládá škrťicí klapku nebo vstřikovací čerpadlo. Poloha klapky nebo regulační tyče čerpadla je hlášena zpětně řídicí jednotce. Tento princip je znázorněn na *obr. 6.3* [1]:

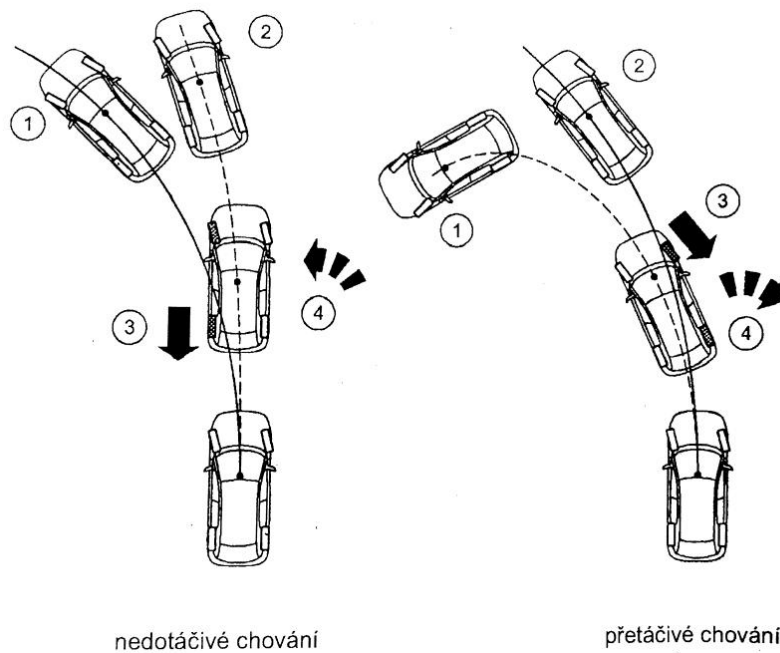


Obr. 6.3 Elektronické řízení výkonu motoru EGAS pro ASR (Bosch) [1]: 1 – řídicí jednotka ABS/ASR, 2 – řídicí jednotka Monotronic s EGAS, 3 – snímač akceleračního pedálu, 4 – nastavovací moto, 5 – škrťicí klapka (nebo vstřikovací čerpadlo), 6 – snímač otáček kola

7 Elektronický stabilizační program ESP

Při řízení automobilu se lze dostat do situací, kdy se stává vozidlo velmi těžce ovladatelným. Tyto kritické situace mohou být řidiči nevhodně vyhodnocovány a nesprávnými manévry se vozidlo uvede do smyku. V těchto případech neumí být řidiči nápomocen ani systém ABS, ani ASR, ale musí přijít na řadu asistent, jenž je obecně nazýván jako elektronický stabilizační program- ESP (z angl. Electronic Stability Program). Ten pomáhá regulovat prokluz kol nejen v podélné směru (směru jízdy) jako ABS a ASR, ale i ve směru příčném. Systém ESP tedy hlavně zvyšuje stabilitu vozidla při průjezdu zatáčkou, při zrychlování, při brzdění, ale i při běžné jízdě automobilu. Elektronická stabilizace vozidla je tedy regulační systém používaný ke zlepšení jízdních vlastností vozidla, který zasahuje do brzdové soustavy a hnacího ústrojí. Na celkovou regulační techniku programu ESP je vyžadována velmi výkonná elektronika a snímače. [1][5]

Aby bylo vozidlo v krizové situaci stabilizováno, asistent ESP samočinně zasahuje do brzd u jednotlivých kol a hnacího momentu vozidla. Jestliže je prostřednictvím snímačů zjištěn příčně dynamický krizový stav automobilu, systém vydá podnět k přibrzdění takových kol, aby se vytvořil točivý moment kolem svislé osy vozu, který eliminuje nežádoucí přetáčivý, popř. i nedotáčivý pohyb. Současně je pak snížen točivý moment motoru na odpovídající hodnotu danou krizovou situací. Jestliže hrozí např. vybočení zadní části automobilu při přetáčivém smyku, je vydán podnět k přibrzdění kol na vnější straně zatáčky, kde je největší brzdná síla vyvinuta na vnější kolo přední (*obr. 7.1 vpravo*). Pokud nastane situace opačná k předchozí, tj. dojde k nedotáčivému chování automobilu, jsou naopak přibrzděována kola na vnitřní straně zatáčky, přičemž nejvíce je brzděno kolo zadní (*obr. 7.1 vlevo*). ESP ale souběžně sleduje i jakým způsobem na kritickou situaci zareaguje řidič a podle toho je mikroprocesorem určena síla, kterou mají být příslušná kola brzděna a o kolik má být snížen hnací moment motoru. Tímto způsobem dosažené zpomalení automobilu má ideální stabilizační účinek. [5]



Obr. 7.1 Zásah ESP při nedotáčivém nebo přetáčivém chování vozidla [5]: vlevo: 1 – s ESP, 2 – bez ESP, 3 – brzdná síla, 4 – vyrovnání nedotáčivosti vpravo: 1 – bez ESP, 2 – s ESP, 3 – brzdná síla, 4 – vyrovnání přetáčivosti

7.1 Princip elektronického stabilizačního programu ESP

Jak již bylo zmíněno, tak v podélném směru jízdy zabraňuje ABS blokování kol při brzdění a ASR zamezuje prokluzování kol při akceleraci. Regulace jízdní dynamiky ESP zvyšuje dodatečně stabilitu jízdy v kritických situacích v příčném směru na pohyb vozidla a tím výrazně redukuje riziko smyku. Systém ESP zvyšuje dodržování jízdní stopy a směru jízdy ve všech běžných jízdních režimech, zejména ale zasahuje při extrémních manévrech. Regulace jízdní dynamiky registruje dodatečnými snímači příčné zrychlení a natáčení vozidla kolem osy otáčení (svislá osa procházející těžištěm vozidla). Zpracovává signály z těchto snímačů dodatečně k signálům ABS a ASR a řídí akční členy v hydraulické jednotce. Tím

se zajistí stabilita vozidla při nebrzděné, zpomalované a zrychlené jízdě přímým směrem, nebo v zatáčce a v mezních jízdních stavech. [1][5]

Ideální vedení vozidla se odvíjí od toho, jak dobře je sledována jízdní stopa, která je určena průběhem úhlu natočení volantu a zda vozidlo při úhybných manévrech zůstává stabilní, tj. zda nevybočuje a drží svojí stopu. Z tohoto důvodu stabilizační program ESP ovlivňuje jak rychlost stáčení (úhlová rychlost otáčení vozidla kolem svislé osy), tak odchylky směru jízdy od podélné osy automobilu (úhel směrové úchyly těžiště vozidla). [5]

Pomocí ESP je zvýšena bezpečnost jízdy za těchto situací [5]:

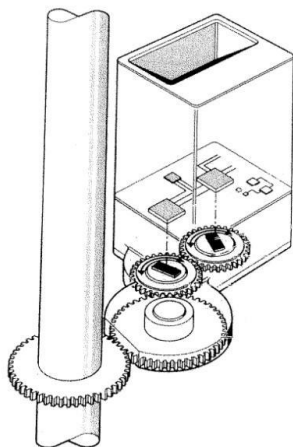
- Zvýšená stabilita jízdy, jízdní stopa a směr jsou udržovány ve všech jízdních stavech (jako plné brzdění, částečné brzdění, volné pojíždění, brzdění motorem).
- Aktivní podpora při řízení, kdy na vozidlo působí boční síly.
- Zvýšená stabilita jízdy v kritických situacích, nebo extrémních jízdních manévrech (reakce ze strachu nebo panická reakce).
- V různých situacích ještě lepší využití součinitele adheze při součinnosti ABS/ASR, což vylepšuje brzdnu dráhu, zlepšuje trakci a zvyšuje ovladatelnost.

ESP je systém, který pro řízení automobilu využívá brzdovou soustavu za účelem zajištění stability jízdy v každé situaci. Brzdy jsou v tomto případě využívány ke stabilizaci vozidla, udržení jízdní stopy a úplného eliminování možnosti smyku. V určité situaci může naopak systém ESP rozhodnout o zrychlení hnacích kol, tím že vydá podnět motoru, který může krátkodobě zvýšit točivý moment na kola, a tím opět zaručit stabilitu. Pokud je vozidlo třeba stabilizovat pomocí brzd, vznikne tak stáčivý moment, který působí směrem ze zatáčky. Dojde ke zmenšení stáčivé rychlosti a omezení nárůstu úhlu směrové úchyly vozu. Dalším krátkým zásahem brzd na potřebném předním kole dojde k plné stabilizaci. Automobil následuje jízdní stopu zadanou natočením volantu. [5]

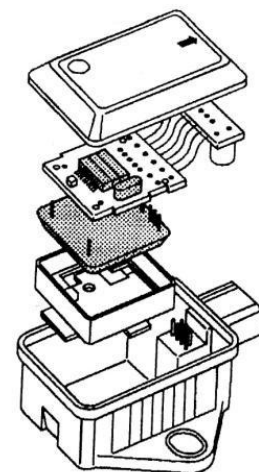
Vozidlo s regulací ESP se až do určité mezní rychlosti chová stejně jako to bez stabilizačního systému. Pokud zadá řidič podmět k dalšímu zrychlování, ESP podmět vyhodnotí záporně, zrychlení automobilu není umožněno, neboť se nachází na mezi stability. Aktivní zásahy brzd a motoru dosáhnou toho, že nemusí být zvětšován úhel natočení volantu a také úhel směrové úchyly těžiště vozidla není zvětšován. Tímto se zmenšují odchylky od zadaného jízdního směru. Rozdíl mezi chováním, které požaduje řidič v mezní situaci a skutečným chováním automobilu se nazývá právě regulační odchylka. Regulace jízdní dynamiky svými možnostmi daleko předčí systémy ABS a ASR. Zde je chování vozu integrováno do regulačního obvodu a brzdné, hnací a boční síly na kolech jsou dle dané kritické situace regulovány tak, že se skutečné chování blíží požadovanému. [5]

K určení požadovaného chování řidiče jsou vyhodnocovány signály z následujících součástí [5]:

- systém řízení motoru (např. ovládání pedálu akceleračního)
- snímač neregulovaného brzdového tlaku (např. ovládání brzdového pedálu)
- snímač úhlu natočení volantu (natačení volantu)

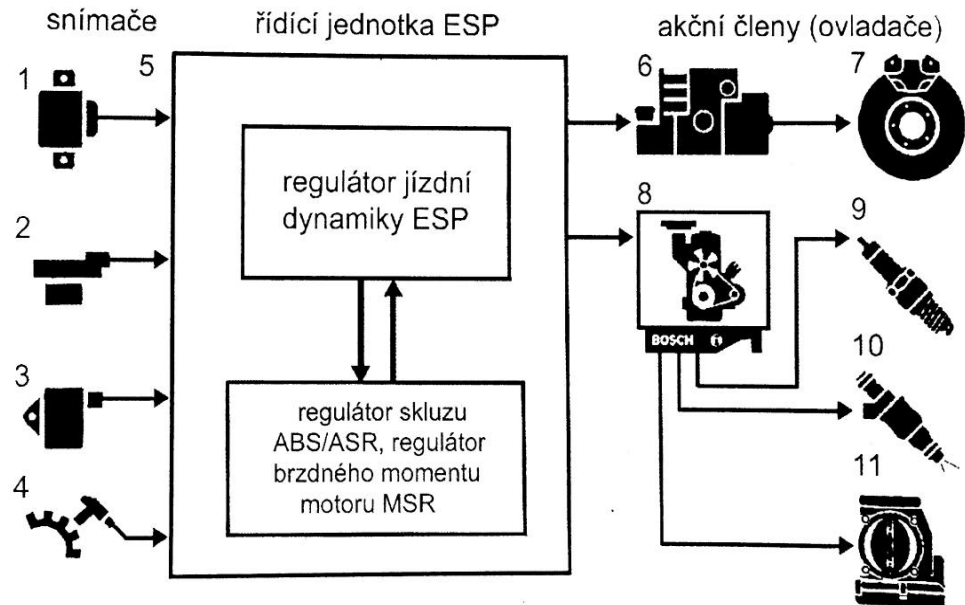


Obr. 7.2 Snímač úhlu natočení volantu [5]



Obr. 7.3 Dvojitý snímač pro snímání bočního zrychlení a stáčivé rychlosti [3]

Podmět řidiče se definuje jako požadovaná hodnota. K výpočtu tohoto požadovaného chování se navíc berou hodnoty součinitele přilnavosti a rychlosti vozidla, které jsou snímány pomocí snímačů otáček kol, bočního zrychlení, brzdných tlaků a stáčivé rychlosti. Systém regulace je znázorněn na *obr. 7.2*. [5]



Obr. 7.2 Regulační soustava ESP umístěná ve vozidle (Bosch) [5]: 1 – snímač stáčivé rychlosti se snímačem bočního zrychlení,; 2 – snímač úhlu natočení volantu, 3 – snímač neregulovaného brzdného tlaku, 4 – snímače otáček, 5 – řídící jednotka ESP, 6 – hydraulická jednotka, 7 – brzdy, 8 – řídící jednotka managementu motoru, 9 – úhel zážehu, 10 – vstříkování paliva, 11 – škrticí klapka

Vstupními signály pro řídící jednotku ESP jsou následující data vozidla [5]:

- úhel natočení volantu
- poloha spínací skříňky zapalování
- otáčky kol
- brzdný tlak

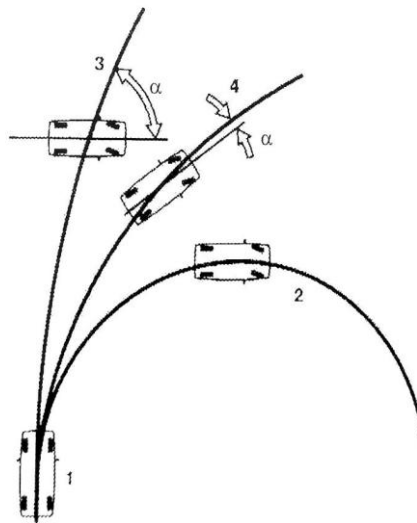
- příčné zrychlení
- brzdový tlak
- poloha brzdového pedálu a parkovací brzdy

Protože boční sílu není možné přímo zvýšit, neovlivňuje tedy přímo příčnou rychlost a ani tedy úhel směrové úchyly těžiště automobilu. Oproti tomu příčný pohyb je vyvolán tak, že vznikající stáčivý moment způsobuje otáčení vozidla kolem svislé osy, čímž se změní úhel směrové úchyly těžiště automobilu a úhel směrových úchylek pneumatik ve smyslu optimalizování jízdních vlastností. K tomuto je možný i zásah regulátoru, který ovlivňuje skluz pneumatik, což nepřímo vede k ovlivnění podélné a boční síly působících na pneumatiku, čímž je zapříčiněno vytvoření požadovaného stáčivého momentu, který automobil stabilizuje. Provádění zásahů je ale takové, že je zaručena lepší ovladatelnost, ale je zajištěno jízdní chování vozidla, které bylo zamýšleno výrobcem. [5]

Veličiny, se kterými pracuje regulační obvod se rozdělují na měrné a odhadované. Z měrných veličin jsou to: stáčivá rychlost, úhel natočení volantu a boční zrychlení. K veličinám odhadovaným patří: podélná rychlost vozidla, podélné síly pneumatik a hodnoty skluzu pneumatik. Z těchto odhadovaných veličin se mohou poté určit: boční síly na kolech, úhly směrových úchylek kol, úhly směrové úchyly těžiště a příčná rychlost vozidla. [5]

Stabilizační program provádí regulaci stáčivé rychlosti a úhlu směrové úchyly, pomocí nich vypočítává stáčivý moment, který je nutnou veličinou ke stabilizaci automobilu. ESP vychází z předprogramovaných veličin, jako jsou např. maximální možné příčné zrychlení a jiné důležité dynamické veličiny, které byly zjištěny při testu ustálené jízdy v kruhu. Základ pro požadovaný pohyb automobilu pro stálou jízdu i pro brzdění a zrychlení je ale přitom tvořen zjištěnou souvislostí mezi úhlem natočení volantu a stáčivou rychlostí. Tato souvislost je uložena v pamětech ESP a nazývá se jednostopým modelem. [5]

Stanovené odchylky mezi skutečnými a požadovanými hodnotami jsou porovnávány se souborem dat v daném vozidle. Z toho jsou mikropočítačem vypočteny nutné korektury, kterými je docíleno zmenšení těchto odchylek. Tato operace je prováděna do té doby, než se nenalezne žádná významná odchylka skutečné a požadované hodnoty, pak je regulace ukončena. Na následujícím obrázku (*obr. 7.3*) je znázorněna příčná dynamika při fixovaném volantu v kruhové jízdě. Poloha 1 znázorňuje okamžik natočení volantu. Křivkou 2 je znázorněna jízdní stopa pro drsný podklad, kde je stopa odpovídající průběhu úhlu řízení. To lze zaručit, pokud je boční zrychlení menší než součinitel adheze. Jestliže je ale tento součinitel např. kvůli kluzkému povrchu překročen, úhel směrové úchytky vozidla se pak stává nadměrně velkým, což je znázorněno křivkou 3. Regulací stáčivé rychlosti je docíleno toho, že se vozidlo nenatáčí kolem svislé osy jako u křivky 2, ale nestabilita vozidla hrozí také, neboť je úhel směrové úchytky těžiště příliš velký. Kvůli tomuto důvodu je systémem ESP regulována jak stáčivá rychlost, tak i úhel směrové úchytky automobilu α . [5]



Obr. 7.3 Trajektorie vozidla [5]: 1 – skokové natočení volantu, fixovaný volant, 2 – jízdní stopa na drsném povrchu vozovky, 3 – jízdní stopa na kluzké vozovce s řízením stáčivé rychlosti, 4 – jízdní stopa na kluzké vozovce s dodatečnou regulací úhlu směrové úchytky α

7.2 Historie Elektronického stabilizačního programu ESP

V 80. letech se objevila myšlenka, že nestačí automobil stabilizovat pouze v podélném, ale i v příčném směru, protože například při průjezdu zatáčkou nebo při prudkém vyhýbacím manévru hrozí reálné riziko smyku. Kvůli tomu byl záhy odstartován projekt zabývající se také regulací příčného skluzu. Po několika letech výpočtů, konstrukcí a simulací se podařilo do roku 1987 připravit několik zkušebních vozů, které s tímto novým systémem začaly najíždět první zkušební kilometry. [6]

Vynalezení a následné zavedení stabilizačního programu v automobilovém průmyslu znamenalo obrovský převrat, stejně tak jako v 80. letech systém ABS. Prvním sériově vyráběným vozem s na přání dodávaným systémem ESP se v roce 1995 stal nový model Mercedesu-Benz třídy E, pro který se později vžilo lidové označení „Masařka“. Cenovka tohoto systému však byla tehdy velmi vysoká, proto se v prvním roce systém příliš nerozšiřoval. Většího nasazení se ESP dočkalo až po roce 1997, kvůli pro automobilku Mercedes-Benz nezdařilému testu. Švédští novináři v roce 1997 podrobili testu tehdy nové malé MPV- Mercedes-Benz třídy A. Při tomto tzv. losím testu si vůz nedokázal poradit s úhybným manévrem a převrátil se. To nebyla pro automobilku vůbec dobrá vizitka a ve světě bylo vzbuzeno mnoho kritiky. Aby po tomto incidentu neztratila automobilka svou pověst, zařadila rychle systém ESP dodávat do výbavy i u vozů nižších tříd. Velký podíl na existenci ESP má i firma Bosch, která se zabývá jeho vývojem a je zároveň i největším výrobcem systému. Dnes už je elektronický stabilizační program plně rozšířen. Podle nařízení Evropské komise musí mít od 1.11.2011 každý nově homologovaný automobil povinně instalovaný elektronický stabilizační program. [6]

Nejznámější zkratka pro elektronický stabilizační program je označení ESP. Toto označení je však název stabilizačního systému firmy Bosch a automobilky si pak volí názvy podle sebe a své konstrukce těchto systémů. Princip funkce těchto zařízení je však velmi obdobný a liší se třeba jen v nastavení, nebo v rozměrech. V následující tabulce (*tab. 7.1*) jsou pak uvedeny zkratky stabilizačních systémů a jejich plné označení různých výrobců automobilů. [2][6]

Tab. 7.1 Označení stabilizačních systémů jednotlivých automobilek [2]

Zkratka systému	Celé označení	Automobilka používající daný systém
ESP	Electronic Stability Program	Audi, VW, Škoda, Seat, Daimler-Chrysler Fiat, KIA, Opel Citroën, Dodge, Ford, Hyundai, Jeep Peugeot, Renault, Saab, Suzuki
ESC	Electronic Stability Control	Honda
VDC	Vehicle Dynamic Control	Fiat, Alfa Romeo, Hyundai, Infiniti, Nissan
DSC	Dynamic Stability Control	BMW, Ford, Jaguar, Land Rover, Mazda, Rover, Mini
VSC	Vehicle Stability Control	Toyota, Lexus (Vehicle Dynamics Integrated Management - VDIM)
VDCS	Vehicle Dynamics Control Systems	Sužaru
DSTC	Dynamic Stability and Traction Control	Volvo
StabiliTrak		General Motors
RSC	Roll Stability Control	Ford
CST	Controllo Stabilita	Ferrari
MSP	Maserati Stability Program	Maserati
PSM	Porsche Stability Management	Porsche
PCS	Precision Control System	Oldsmobile
Multimode	Activ Skid and Traction System	Mitsubishi
AdvanceTrac		Mercury, Lincoln
VSA	Vehicle Stability Assist	Hyundai, Acura

7.3 Popis systémů vybraných automobilek

7.3.1 BMW

Automobilka BMW dodává do svých vozů stabilizační program vycházející ze systému ESP, pro který použila zkratku DSC (z angl. Dynamic Stability Control). DSC má podsystém, který byl dříve označován zkratkou ASC (z angl. Automatic Stability Control), ale dnes se již

označuje písmeny DTC (z angl. Dynamic Traction Control). Dá se říci, že tento podsystem funguje na principu protiskluzového systému, tzn. reguluje pouze točivý moment motoru. Pomocí elektronického plynového pedálu vydá systém podmět ke snížení otáček motoru, poté může korigovat předstih, nebo i vypnout zapalování a zastavit dodávání paliva k motoru. DTC je schopno poznat i nepatrný prokluz pneumatiky a podélně stabilizuje vozidlo v pouhých jednotkách milisekund. [1]

7.3.2 Koncern VW

Koncernové vozy jsou vybaveny stabilizačním systémem se známým označením ESP. Dále je zde k systému ESP přidáván podsystem DSR (z angl. Drag Reduction System). Tento asistent pomáhá při přibrzdění jednotlivých kol, ale i plném brzdění na povrchu s rozdílnou adhezí. DSR aktivně podporuje stabilizační program tím, že vyvíjí nepatrný točivý moment, který posílá do volantu. Řidič pak intuitivně natočí volantem v požadovaném směru, a tak pomůže systému ESP lépe stabilizovat vozidlo. [1]

7.3.3 Ford

Automobilka Ford vybavuje své vozy systémem ESP s integrovaným TCS (z angl. Traction Control System), který zabraňuje prokluzu kol a ztrátě adheze při zhoršených jízdních podmínkách. Kromě toho u Fordu lze nalézt i systém RSC (z angl. Roll Stability Control), což je systém řízení sklopné stability, jenž používá kombinaci snížení výkonu motoru a selektivního přibrzdění kola pro zajištění kontroly nad vozidlem v kritických situacích. Systém využívá gyroskopických senzorů pro vyhodnocení natočení, či naklonění vozu při průjezdu zatáčkou a koriguje výkon vozu, aby zamezil smyku, nebo v krajním případě převrácení vozidla. Asistenty lze přepnout rovněž do sportovního režimu. Dalším prvkem stabilizace značky Ford je systém Trailer Sway Control (TSC), který využívá kombinaci systémů Advance Track a Roll Stability Control (RSC), jenž pomáhají v případě rozkmitání přívěsu stabilizovat jízdu pomocí selektivního brzdění kol a snížení výkonu motoru. Výsledkem podpůrného systému je snížení rázu taženého přívěsu a větší jistota řidiče za volantem. [7]

8 Praktické měření a porovnání stabilizačních systému u jednotlivých značek automobilů

Pro praktické měření byla z důvodu hodnocení náklonů vybrána vozidla z dnes velmi oblíbené kategorie zvané SUV (z angl. Sport utility vehicle), nebo také někdy nazývané SAV (z angl. Sport activity vehicle). Tato kategorie byla vybrána kvůli oblíbenosti veřejnosti, ale hlavně kvůli světlé výšce a celkově vyšší stavbě karoserie vozů. Kvůli těmto vlastnostem dochází u těchto vozidel v zatáčkách ke větším náklonům, což bylo pro tento druh testování a měření žádoucí.

K porovnání byla zvolena vozidla nynější produkce napříč celou cenovou kategorií. Všechna ale byla ze stejné třídy. Jako „kontrastní“ porovnávací vozidlo byla zvolena starší Honda CRV z prvních let její produkce, ve které se ještě v té době kromě systému ABS neobjevovaly žádné jiné protipokluzové ani stabilizační systémy. Do testu tedy byly zařazeny vozidla: BMW X3 (2. generace), Kia Sorento (2. generace), Hondy CR-V (1. a 3. generace), Škoda Yeti, a Dacia Duster. Jednalo se tedy až na Honda CRV 1. generace o vozidla moderní, s veškerými vyspělými systémy pro stabilizaci jízdy. Samozřejmý protiblokovací systém ABS, protiskluzový systém ASR a elektronický stabilizační program ESP doplňovaly ještě další podpůrné systémy, jako třeba Asistent pro sjíždění svahů HDC (z angl. Hill Descent Control), Elektronická uzávěrka diferenciálu EDS atd. Tyto další asistenty ale nebyly předmětem tohoto testování.

Testování probíhalo na pronajaté uzavřené letištní ploše v Plzni-Lhotě. Dostatek prostoru umožnil vyniknout elektronické stabilizační programy jednotlivých vozidel, jejich naladění, citlivost a správnou dobu zásahu. K tomuto účelu byl zvolen úhybný manévr zvaný tzv. losí test, což je zkouška na zjištění chování vozidla při prudkém vyhybacím manévru před nečekanou překážkou.



Obr. 8.1 Seřazení vozidel na letištní ploše

8.1 Úhybný manévr

Losí test vznikl původně ve Švédsku, kde je velmi hojný výskyt této zvěře. Klasický losí test je tedy prudký úhybný manévr před nečekanou překážkou. Tento test se využívá již několik desetiletí, ale do povědomí širší veřejnosti se dostal až v roce 1997, kdy byl při této zkoušce převrácen Mercedes-Benz třídy A. Od té doby se do tohoto modelu také začal sériově montovat stabilizační program ESP, který převrácení vozu při prudkém manévru dokázal zabránit. Lze se ale i dnes setkat s tím, že se některá auta při testování povede převrátit, např. Toyota Hilux, Renault Kangoo, Citroen Nemo a další. Při tomto testu jsou kužely rozestaveny tak, aby vůz udělal prudký úhybný manévr a vrátil se zpět do jízdního směru- viz. obr 8.2. Zkouška je obvykle opakována do rychlosti, při které je vůz schopný manévr absolvovat, tj. nedojde ke sražení všech kuželů, nebo dokonce k převrácení vozu. Začíná se od rychlosti kolem 80ti km/h a pokračuje až do rychlosti okolo 100 km/h. Zkouška se provádí na suchém povrchu. [9]



Obr. 8.2 Rozestavení dráhy při klasickém Losim testu [9]

V případě testování vozidel do této práce byl klasický losí test nepatrně pozměněn. Jako překážka byl použit jeden dopravní kužel, kterému se vůz musel prudce uhnout a vrátit se zpět do jízdního směru. Místo zahájení úhybného manévru bylo také přesně stanoveno třemi na sobě položenými pneumatikami. Toto místo bylo operativně zvoleno tak, aby došlo k co nejprudšímu možnému manévru, a tak i k co největším náklonům vozidel, ale zároveň aby nedošlo ke sražení kuželu, kvůli tomu, že by se vozidla nedokázala vyhnout. Rychlost vozidel byla stanovena na 60km/h. Těsně před vyhnutím před kuželem byl lehce a prudce sešlápnut brzdový pedál. Tím se dal vozidlům podnět k tomu, že se něco bude dít a ty tak mohly rychleji „nastartovat“ své asistenty. Průjezd kolem kuželu již probíhal bez sešlápnutí jakéhokoliv z pedálů. To dalo automobilům prostor k tomu, aby se s manévrem každý z nich vypořádal pomocí stabilizačního systému po svém.

Kromě vizuálního hodnocení náklonů automobilů pomocí zaznamenávání fotoaparátem na stativu byly manévry hodnoceny také aplikací na dvou tzv. smartphonech. Tento software sloužil ke sběru přesných dat týkajících se náklonů vozidel. Použitou aplikací byla Acceleration Explorer, která slouží k vyhodnocování gravitačního přetížení, což je schopná interpretovat ve třech osách. Hodnoty byly snímány po 50 ms, tzn. že za jednu sekundu bylo vyhodnoceno dvacet výsledků. Aby byla tato měření co možná nejpřesnější, byla ve vozidlech vždy najata rovná plocha co nejbližší k těžišti automobilu, tj. co nejbližší k řadící páce, v případě vozidel s automatickou převodovkou co nejbližší k voliči jízdních režimů. V této poloze byly aplikace ještě vždy kalibrovány do úplné roviny. Naměřená vyselektovaná data sloužila poté k sestrojení grafů vypovídajících o vypočítané příčné síle, která vznikla v důsledku přetížení a působila na řidiče o hmotnosti 85 kg při prudkém úhybném manévru. Test u každého automobilu včetně zaznamenávání hodnot proběhl třikrát. Hodnoty pro vyhodnocování grafů byly následně zprůměrovány.



Obr. 8.3 Prostředí aplikace Acceleration Explorer

Výpočet velikosti síly působící na řidiče při úhybném manévru:

$$F_g = m \cdot x \cdot g \quad [N] \quad (11)$$

kde m je hmotnost řidiče (85 kg), x naměřený součinitel k hodnotě gravitačního zrychlení a g je gravitační zrychlení.

V době testování tj. 3.5.2015 ve 14h byl povrch asfaltu suchý a aktuální naměřené hodnoty ovzduší byly:

- teplota: 15,8°C
- srážky: 0,0 mm/h
- vítr: 3 m/s
- oblačnost: 99,8%
- tlak: 1009,3 hPa
- vlhkost vzduchu: 66,3%



Obr. 8.4 Rozestavení trati při testování

8.2 Automobily použité pro porovnání stabilizačních systému

8.2.1 BMW X3 (F25) xDrive 2.0d

Tato druhá generace SUV BMW X3 byla uvedena trh koncem roku 2010. Design je oproti předchozímu modelu uhlazenější a má více tradiční „baworácký“ vzhled. Díky tomu se vůz může jevit menším, ale oproti minulé generaci je delší i širší a jen o 13mm nižší. Testovaná verze nesla označení xDrive, což znamená že vozidlo má stále hnané obě nápravy stejnojmenným inteligentním systémem pohonu všech kol. Tato varianta byla poháněna naftovým dvoulitrovým agregátem o výkonu 135 kW. [10]



Obr. 8.5 BMW X3

Tab. 8.1 Základní technické parametry BMW X3 [10]

Rok výroby	2011
Rozměr a typ pneumatik	Pirelli Sottozero- zimní, Runflat 225/60 R17
Brzdy- přední/zadní	Kotoučové/kotoučové
Délka	4648 mm
Šířka	1881 mm
Výška	1661 mm
Pohotovostní hmotnost	1690 kg
Světlá výška	212 mm

Zdvihový objem	1995 cm ³
Max. výkon	135 kW/184 k při 4000 ot./min
Max. točivý moment	380 Nm při 1750 ot/min
Max. rychlost	210 km/h
Zrychlení z 0 na 100 km/h	8,5 s
Převodovka	automatická

8.2.2 Kia Sorento II 2.2 CRDi

Druhá generace Sorenta (označovaná také jako XM) spatřila světlo světa v roce 2009 a je oproti té první značně přepracovaná. Vyniká zejména upravenou přední masku a krytem chladiče v obdobném stylu s ostatními vozy KIA. Sorento se chlubí velkou předností, kterou je bezpečnost, za niž získalo již řadu ocenění. V testované verzi byl vznětový čtyřválcový motor, původem od automobilky Mercedes-Benz



Obr. 8.6 Kia Sorento

o zdvihovém objemu 2200 kubických centimetrů s výkonem 145 kW. Tento model disponoval také přípojitelným pohonem všech kol zvaným 4WD. Ten se buď v případě potřeby, tj. prokluzu předních kol připojí automaticky, nebo jej lze do určité rychlosti tlačítkem přiřadit trvale. [10]

Tab. 8.2 Základní technické parametry Kia Sorento [10]

Rok výroby	2012
Rozměr a typ pneumatik	Nexen WinGuard- zimní 235/60 R18
Brzdy- přední/zadní	Kotoučové/kotoučové
Délka	4685 mm
Šířka	1885 mm
Výška	1710 mm
Pohotovostní hmotnost	1725 kg
Světlá výška	185 mm
Zdvihový objem	2199 cm ³
Max. výkon	145 kW/197 k při 3800 ot./min
Max. točivý moment	430 Nm při 1750 ot/min
Max. rychlost	190 km/h
Zrychlení z 0 na 100 km/h	9,7 s
Převodovka	automatická

8.2.3 Honda CR-V III 2.2 i-CTDi

Sportovní vzhled podtrhuje kabina posunutá vpřed a zkosený profil bočních oken, který připomíná kupé. Zepředu zaujme výrazná kapota a charakteristická dvojitá mřížka chladiče, která je pak ohraničená světlomety. Vůz má také oproti svým předchůdcům širší rozchod kol. Výrazný vystupující kryt pod motorem podtrhuje kategorii, do které vůz zapadá. Sedmnáctipalcová kola jsou zde také již ve standardní výbavě. Testovaná varianta disponovala také přípojitelným pohonem všech kol 4WD. Diesellový agregát o objemu 2200 cm³, který si zkonstruovala sama automobilka, slibuje výkon 140 kW. [10]



Obr. 8.7 Honda CR-V III

Tab. 8.3 Základní technické parametry Honda CR-V III [10]

Rok výroby	2008
Rozměr a typ pneumatik	Continental ContiWinterContact- zimní 225/60 R18
Brzdy- přední/zadní	Kotoučové/kotoučové
Délka	4635 mm
Šířka	1785 mm
Výška	1710 mm
Pohotovostní hmotnost	1631 kg
Světlá výška	175 mm

Zdvihový objem	2204 cm ³
Max. výkon	103 kW/140 k při 4000 ot./min
Max. točivý moment	340 Nm při 2000 ot/min
Max. rychlost	180 km/h
Zrychlení z 0 na 100 km/h	13,1 s
Převodovka	manuální

8.2.4 Škoda Yeti 1.4 TSI

Už tak poměrně zajímavé a oblíbené SUV od Škody se koncem roku 2013 dočkalo faceliftu. Díky tomu se exteriér Škody Yeti výrazně změnil. Byly odstraněny charakteristické oddělené mlhové světlomety a provedení přídě se více shoduje s novými modely, zejména Octavií. Díky hranatým světlometům je karoserie vozu opticky rozšířena a diody pro denní svícení jsou uspořádány



Obr. 8.8 Škoda Yeti

do tenkého proužku v hlavních světlometech. LED žárovky je možno najít i v zadních svítilnách, kde tvoří typický tvar písmene C. Nyní jsou nabízeny dvě designové linie – outdoorová, která rozvíjí stávající podobu Yetiho a testovaná městská. Ta je odlišena jiným tvarem nárazníků, postrádá černé ochranné prvky, místo kterých je celá karoserie v laku. Navíc je tato městská verze o 5 mm kratší a o 20 mm nižší. Testovaný verze měla pohon

pouze předních kol a byla poháněna přeplňovaným zážehovým motorem o objemu 1400 cm³ s maximálním výkonem 90 kW. [10]

Tab. 8.4 Základní technické parametry Škoda Yeti [10]

Rok výroby	2014
Rozměr a typ pneumatik	Nokian WR 03- zimní 225/50 R17
Brzdy- přední/zadní	Kotoučové/kotoučové
Délka	4222 mm
Šířka	1793 mm
Výška	1691 mm
Pohotovostní hmotnost	1295 kg
Světlá výška	160 mm
Zdvihový objem	1390 cm ³
Max. výkon	90 kW/122 k při 5000 ot./min
Max. točivý moment	200 Nm při 1500 ot/min
Max. rychlost	195 km/h
Zrychlení z 0 na 100 km/h	10,6 s
Převodovka	automatická

8.2.5 Dacia Duster 1.6 16V

Tento vůz se vyznačuje velkou světlou výškou i přechodovými úhly. Dacia Duster je kompaktní a vzhledem ke svým vnějším rozměrům i lehký vůz, což se pozitivně odráží na jeho obratnosti a snadné ovladatelnosti. Model, který dosahuje značných prodejních



Obr. 8.9 Dacia Duster

výsledků byl představen v roce 2010.

Během tří let se pak stal nejlépe prodávaným vozem svého druhu v Evropě. Přitom se dle podle původních představ měl Duster prodávat převážně na východních trzích, případně pod značkou Renault ve vybraných státech Jižní Ameriky. Prostě všude tam, kde se najde mnoho méně solventních zákazníků. Nikoho z marketingových plánovačů nenapadlo, že by tento model mohl stát tolik populární také v celé Evropě. Duster je v podstatě jednoduché SUV a u takových vozidel se zaměřuje ve větší míře na všechno ostatní, jen ne na pohodlí, což je trochu problém. S tímto vozem je poměrně zábavné jezdit na nezpevněných površích, nicméně na silnici je tento vůz dost hlučný a ve srovnání s dnešními konkurenty nekomfortní. Testovaný vůz měl hnanou pouze přední nápravu. Pohonným ústrojím zde byl atmosférický zážehový motor o zdvihovém objemu 1600 kubických centimetrů. [10]

Tab. 8.4 Základní technické parametry Dacia Duster [10]

Rok výroby	2013
Rozměr a typ pneumatik	Continental ContiCrossContact- celoroční 215/65 R16
Brzdy- přední/zadní	Kotoučové/bubnové

Délka	4316 mm
Šířka	1822 mm
Výška	1695 mm
Pohotovostní hmotnost	1160 kg
Světlá výška	205 mm
Zdvihový objem	1598 cm ³
Max. výkon	77 kW/105 k při 5750 ot./min
Max. točivý moment	148 Nm při 3750 ot/min
Max. rychlost	164 km/h
Zrychlení z 0 na 100 km/h	11,5 s
Převodovka	manuální

8.2.6 Honda CR-V I 2.0 16V

První generace Hondy CR-V byla do testu zařazena čistě z určitého kontrastního hlediska. Dnešní automobily jsou oproti této Hondě doslova prošpikovány moderními systémy pro stabilizaci



Obr. 8.10 Honda CR-V I

jízdních vlastností. Toto nejstarší CR-V všechny tyto podpůrné prvky postrádá a řidič se zde musí spokojit pouze s protiblokovacím systémem ABS. Je tedy jasné, že při krizových jízdních situacích se nemůže svým moderním konkurentům vyrovnat, nicméně bylo zajímavé takové auto do tohoto testu zařadit a porovnat s novějšími vozy stejné kategorie. Honda CR-V první generace byla představena jako koncepční studie na tokijském autosalonu v roce 1995 a v zápětí začala být prodávána na japonském trhu na. Do České republiky se začala dovážet v roce 1997 a o tři roky později byla zahájena její výroba také v evropské továrně automobilky Honda v britském Swindonu. Tento vůz byl ve své době velmi oblíbený a do roku 2000 bylo vyrobeno více než milion kusů. V té době bylo velkým tahákem zajímavá kombinace prostorné karoserie, vyšší světlé výšky a přídatného pohonu všech kol, který se objevoval u všech modelů. Přední část vozu s jednoduchými světlometry a charakteristickou maskou odkazuje na spřízněnost s generací Hondy Civic vyráběné v těchto letech. Od masky chladiče se kapotou rozcházejí dva jednoduché prolisy. Karoserie vozu nepostrádala eleganci a jistou nadčasovost. I přes danou kategorii vozu je motor uložen velmi nízko, díky čemuž má vůz i na dnešní dobu solidní jízdní vlastnosti. Auto bylo ještě doplněno o přídatnou přední hrazdu a boční nášlapy. V testované variantě se nacházel slabší zážehový šestnáctiventilový čtyřválec o objemu 2000 cm³ a výkonu 94 kW. [10]

Tab. 8.5 Základní technické parametry Honda CR-V I [10]

Rok výroby	1998
Rozměr a typ pneumatik	Champiro WT-70- zimní 205/70 R15
Brzdy- přední/zadní	Kotoučové/bubnové
Délka	4530 mm
Šířka	1750 mm
Výška	1675 mm

Pohotovostní hmotnost	1460 kg
Světlá výška	205 mm
Zdvihový objem	1973 cm ³
Max. výkon	94 kW/147 k při 5500 ot./min
Max. točivý moment	182 Nm při 4200 ot/min
Max. rychlost	175 km/h
Zrychlení z 0 na 100 km/h	10,5 s
Převodovka	manuální

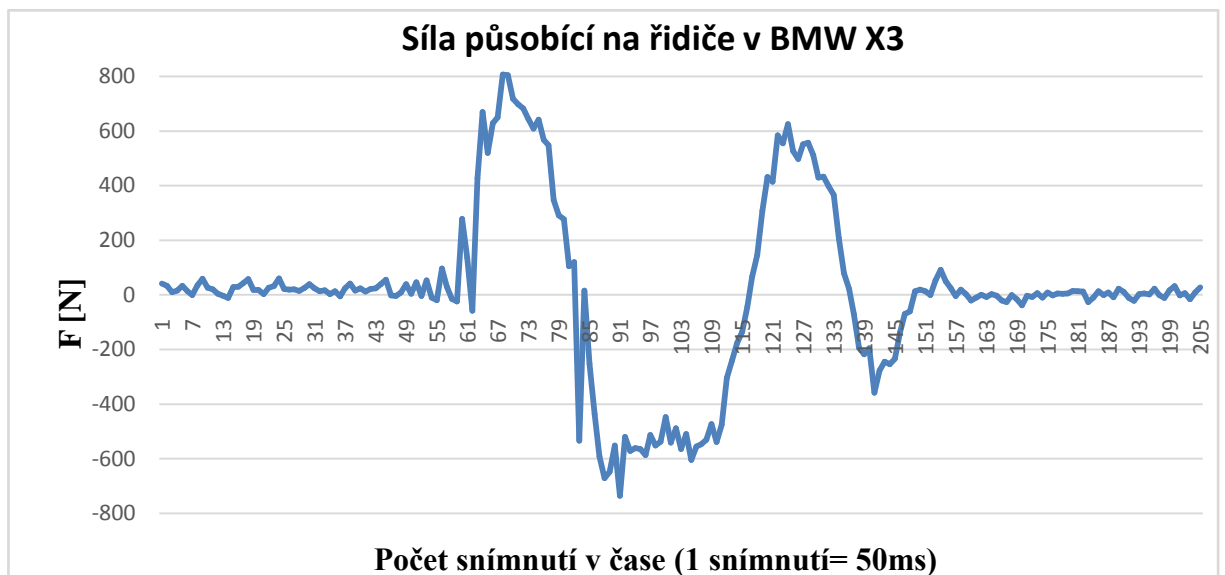
8.3 Vyhodnocení testu a stabilizačních systémů

8.3.1 BMW X3 (F25) xDrive 2.0d

Nutno podotknout, že reklamní slogan „Radost z jízdy“, který automobilka používá má něco do sebe. Automobil se při uhýbacím manévru choval velmi sebejistě a nejevil známky většího náklonu. Stabilizační systém automobilkou nazývaný DSC reagoval plynule, včas a bez většího rázu do brzd. Vyhnutí bylo suverénní a dle fotodokumentace se jevil auto nakloněné nejméně ze všech konkurentů. Síla působící na řidiče při manévru byla také nejmenší z testovaných vozidel. Z grafu níže je i patrné, že po manévru se X3 již chovala klidně a nikterak přílišně se nehoupala. Nutné podotknout, že na vozidle byly nainstalovány pneumatiky typu Runflat, které se vyznačují mj. i tvrdšími a pevnějšími boky. Každopádně díky jistému chování vozu, optimálnímu zásahu stabilizačního systému do brzd, výborné říditelnosti, nejmenšímu náklonu i přetížení působícího na posádku bylo BMW X3 vyhodnoceno jako nejlepší vůz testu.



Obr. 8.11 Průjezd BMW X3



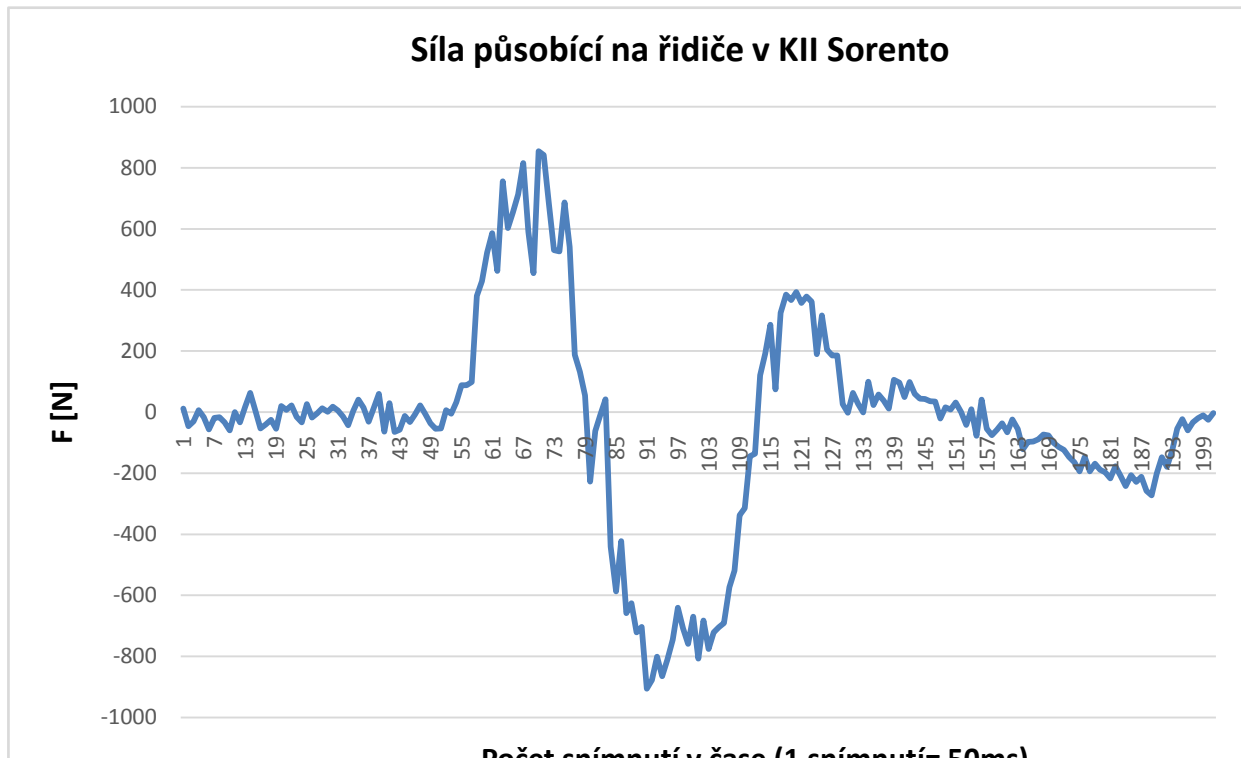
Obr. 8.12 Síla působící na řidiče v důsledku přetížení v BMW X3

8.3.2 Kia Sorento II 2.2 CRDi

Co se týká jízdních vlastností svých vozidel, tak se korejská automobilka v posledních letech velmi zlepšila. Sorento druhé generace je toho jasným důkazem. Při úhybném manévru sice byla oproti BMW ve větším náklonu, ale síla působící na řidiče přesáhla hodnotu 800 N jen o málo. To je druhá nejmenší hodnota ze všech testovaných automobilů. Stabilizační systém u KII zareagoval optimálně a zasáhl do brzd taktéž plynule a pohotově. I přes velikost a určitou těžkopádnost se vůz při manévru choval poměrně suverénně i ovladatelně a korekce pomocí stabilizačního programu proběhla velmi dobře.



Obr. 8.13 Průjezd KII Sorento



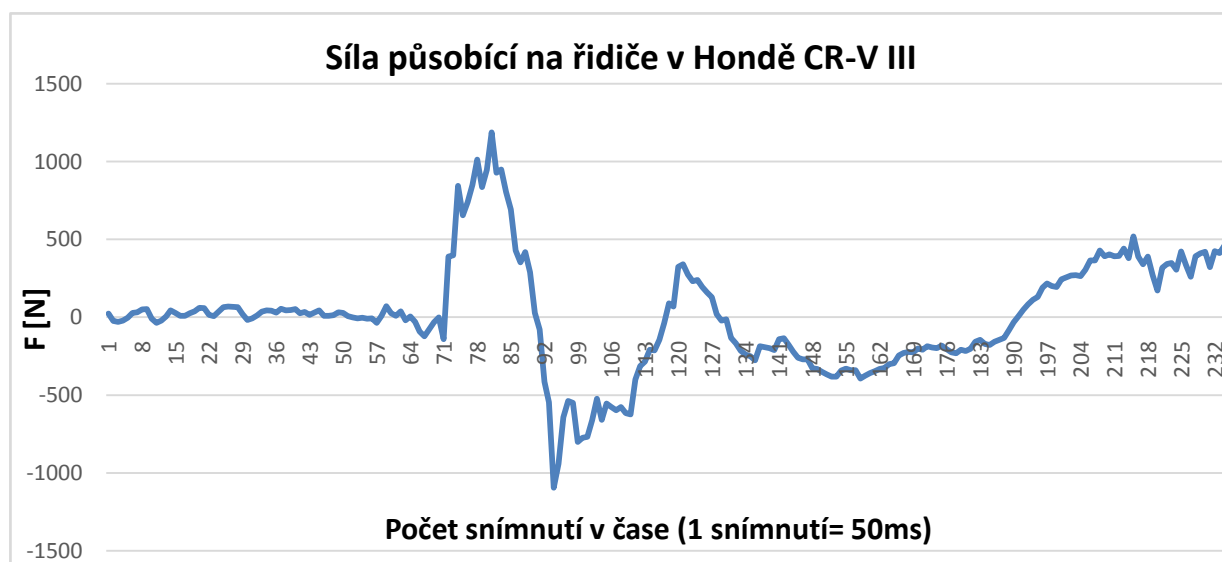
Obr. 8.14 Síla působící na řidiče v důsledku přetížení v KII Sorento

8.3.3 Honda CR-V III 2.2 i-CTDi

Cenově Honda CR-V třetí generace zapadala někam do středu testovaných SUV. Tomu odpovídá i výsledek v úhybném manévru. Díky stabilnímu podvozku a níže uloženému motoru se vůz příliš nenaklonil, ale hodnota síly působící v době manévru na řidiče vysoce překračuje hodnotu 1000 N. Stabilizační systém reagoval poměrně pohotově, ale zásah do brzd nebyl již tak plynulý jako třeba v případě BMW. Nicméně i tak korekce vozu proběhla slušně a manévr byl zvládnut bezpečně.



Obr. 8.15 Průjezd Hondy CR-V III



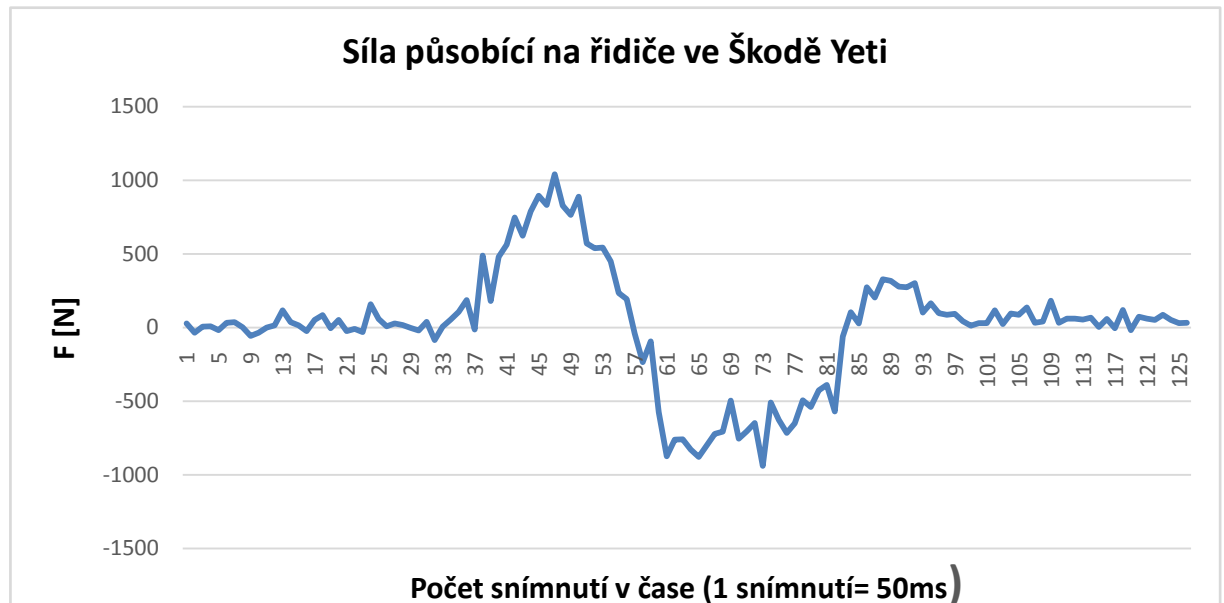
Obr. 8.16 Síla působící na řidiče v důsledku přetížení v Hondě CR-V III

8.3.4 Škoda Yeti 1.4 TSI

U Yetiho bylo pocitově znát, že stabilizační systém zasáhl s největší prodlevou. Oproti například domácímu modelu Octavii II, kde je stabilizace v permanenci v každé ostřeji projeté zatáčce je u vysokého Yetiho zásah ESP až příliš utlumen a přichází spíše později. Korekce proběhla až tehdy, kdy byl vůz v poměrně velkém náklonu. Z fotografie se i může zdát, jako by se levé přední kolo již chtělo „vyszout“ z pneumatiky. Nicméně ESP zásah do brzd, který byl plynulý, nakonec učinilo a vůz nástrahou také úspěšně projel. Síla, která působila při manévru na řidiče také překonala hranici tisíc Newtonů.



Obr. 8.17 Průjezd Škody Yeti



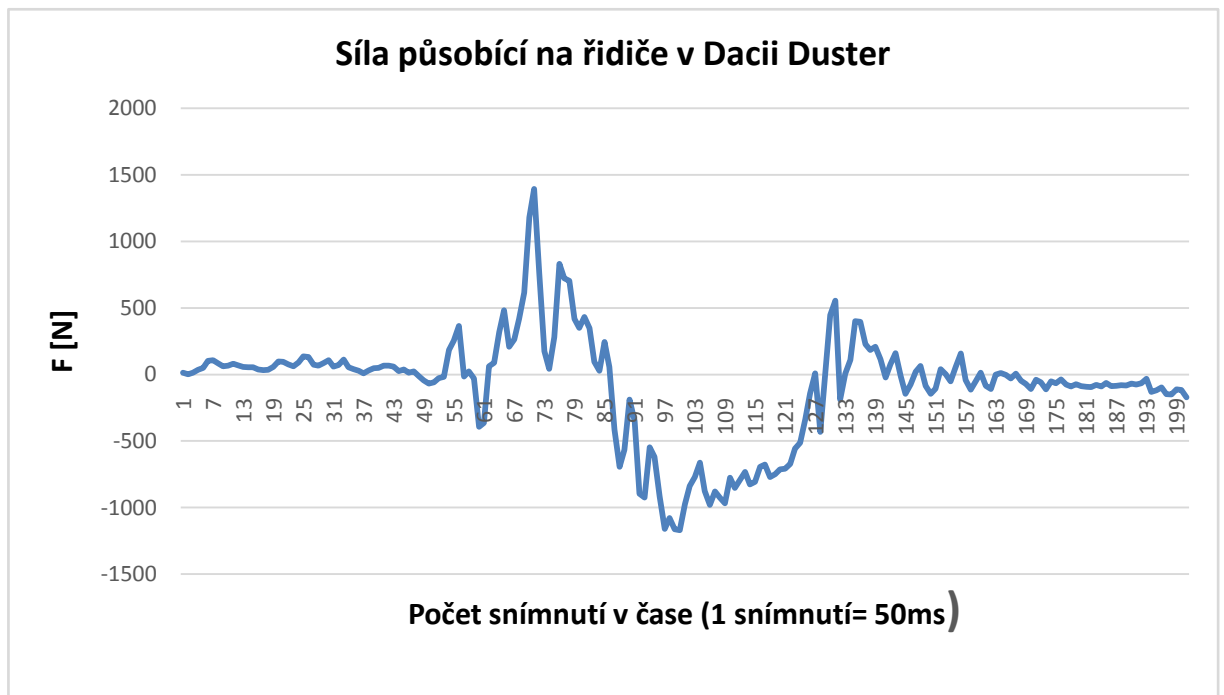
Obr. 8.18 Síla působící na řidiče v důsledku přetížení ve Škodě Yeti

8.3.5 Dacia Duster 1.6 16V

I když zákon přikazuje u každého nově vyrobeného vozidla od podzimu roku 2011 povinně vybavovat vozidla elektronickými stabilizačními programy, tak by se u Dacie mohlo na první pohled zdát, že žádný stabilizační program nemá. Jako jediná z testovaných vozidel totiž nebyla vybavena žádným tlačítkem pro případnou deaktivaci, či alespoň omezení zásahu stabilizace. Toto může být pro takovýto vůz v terénu dosti nevýhodné. Nicméně stabilizačním systémem vůz vybaven byl a při jízdě po běžné vozovce je to jistě výhodou. I když asistent při výhybném manévru korekci pomocí brzd nakonec učinil, tak si Duster nevedl příliš dobře. Zásah totiž přišel pozdě a navíc byl dosti silný a neplynulý. O nejméně jistém nastavení stabilizačního programu vypovídá i záznam z fotodokumentace. Jako u jediného vozu se totiž u Dacie odlehčilo pravé zadní kolo natolik, že se přizvedlo nad povrch vozovky. I síla 1500 N, která působila na řidiče v době úhybného manévru byla největší ze všech zkoušených vozů. Nicméně i přes to byl automobil systémem stabilizován a s úhybným manévrem se vypořádal.



Obr. 8.19 Průjezd Dacie Duster



Obr. 8.20 Síla působící na řidiče v důsledku přetížení v Dacii Duster

8.3.6 Honda CR-V I 2.0 16V

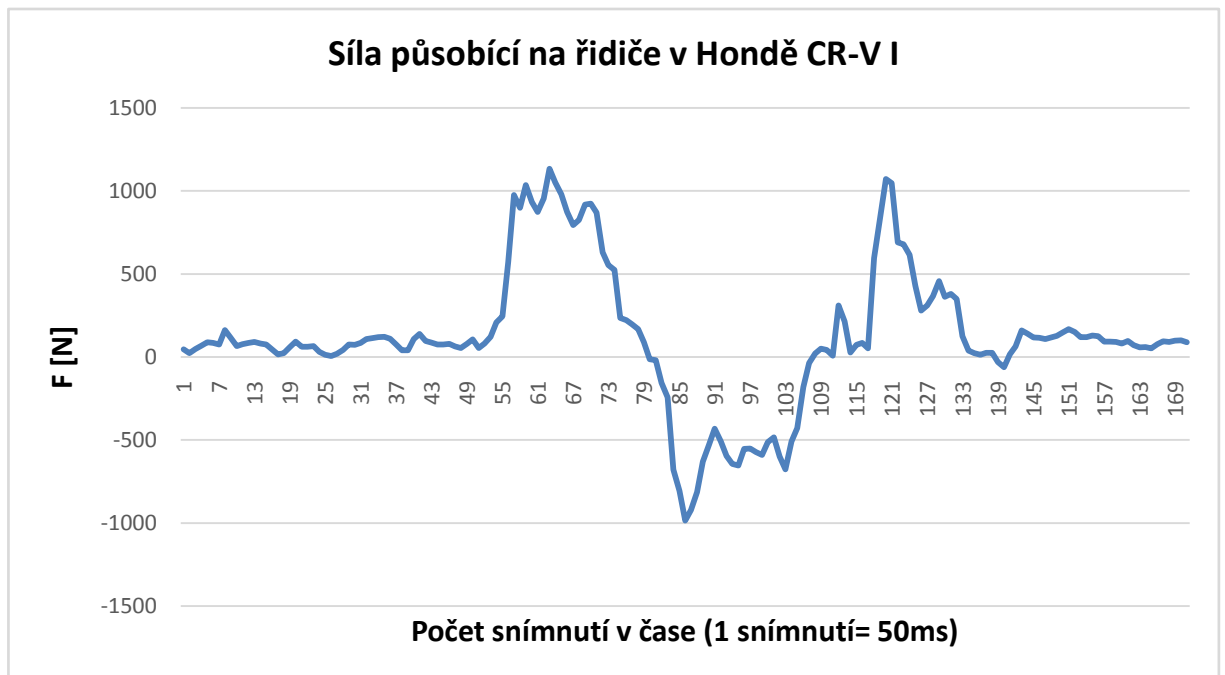
Z důvodu absence jakéhokoliv stabilizačního systému u této starší Hondy ji nelze přímo srovnávat z výše uvedenými konkurenty. Každopádně bylo zajímavé ji postavit proti vozidlům, které tyto stabilizační programy mají. V prvním průjezdu se automobil při vyhýbacím manévru začal „sunout“ tak, že nebylo možné jej vrátit zpět do jízdního směru. Kvůli tomu musel být z bezpečnostních důvodů přesunut i fotograf. Při následujících průjezdech již bylo hodně vytvořeno volné prostranství. Při manévru se vůz velmi nakláněl a z důvodu ztráty adheze pneumatik a následnému smyku se stával se obtížně říditelným. Otočit volantem po vyhnutí se kuželu, aby se vůz vrátil zpět do směru jízdy byl v porovnání s ostatními vozy velmi těžký úkol. Z fotografií je patrné, jak velký poloměr vůz potřeboval k tomu, aby se srovnal zpět do původního směru. I přes značné náklony a špatnou říditelnost automobilu při manévru se ale nepřízvedlo žádné zkol na povrch vozovky. To je dáno ale nejspíše tím, že na automobilu byly nasazeny starší pneumatiky, které už nebyly schopny přenést takové množství boční síly a vůz se tak spíše smýkal. Tím se také snížila síla působící na řidiče, která mírně přesáhla hranici 1000 N. Manévr byl nakonec také bez újmy zvládnut, nicméně o zcela bezpečném průjezdu zde nemůže být řeč.



Obr. 8.21 Průjezd Hondy CR-V I



Obr. 8.22 Průjezd Hondy CR-V I



Obr. 8.23 Síla působící na řidiče v důsledku přetížení v Hondě CR-V I

Závěr

Cílem této práce bylo provést technický rozbor systémů pro stabilizaci jízdních vlastností vozidel. Samozřejmě stanovený rozsah práce nedovolil obsáhnout úplně všechny asistenční systémy, se kterými se lze setkat zejména u moderních luxusních automobilů. Bylo zde však popsáno a rozebráno několik základních podpůrných asistentů zabývajících se regulací prokluzu kol a stabilizací jízdy, ze kterých většina dalších bezpečnostních prvků vychází.

Hlavní myšlenkou systémů pro stabilizaci jízdních vlastností je pomáhat řidičům efektivně eliminovat krizové situace, a tak zvyšovat bezpečnost provozu na silnicích. Jejich zásah do řízení vozu by měl být mnohem rychlejší než reakce sebezkušenějšího řidiče. Princip elektronických stabilizačních programů je u všech automobilek stejný, nicméně z měření a fotodokumentace v praktické části práce je patrné, že fungování těchto systémů je u jednotlivých značek mnohdy odlišné. Nastavení elektronického stabilizačního programu se lišilo zejména reakční dobou zásahu, plynulostí a inteligencí zásahu do brzd vozidla, jistotou a určitou suverénností, kterou systém poskytuje řidiči v krizi. Z výsledků náklonů vozidel v nasimulované krizové situaci je rovněž patrné, že ani ve stejné automobilové kategorii nejsou stabilizační systémy naladěné na stejnou notu. Je samozřejmě jasné, že v případě náklonu vozidla hrají významnou roli i podvozek a jeho opotřebení, pneumatiky a stavba karoserie. Jelikož ale byly všechny automobily obuté na zimních pneumatikách a ve výborném stavu, je srovnání velmi vypovídající. Zde bylo dosti patrné, do jaké cenové relace dané vozidlo zapadá. Zatímco dražší luxusní BMW se při úhybném manévru naklonilo jen minimálně, souhra podvozku a naladění stabilizačního programu byla výborná, u levné Dacie se i navzdory zásahu stabilizace jako u jediné odlehčilo zadní kolo. Nicméně i tak manévr absolvovala mnohem lépe, než „kontrastní“ Honda CR-V 1. generace, u které žádný stabilizační systém nebyl. Nutné ale podotknout, že mezi novými BMW X3 a Dacií Duster je cenový rozdíl více než jeden milion korun. KIA dosáhla mile překvapivého výsledku, naladění jejího stabilizačního programu bylo velmi obdobné jako u Hondy CR-V III. Lehkým zklamáním byla Škoda Yeti, kde systém zasáhl později. Z testu ale vyplývá, že elektronický stabilizační program je vynikajícím pomocníkem, který dokáže pomoci v případě nečekaného

prudkého manévru vůz efektivně vrátit do jízdního směru, aniž by došlo ke smyku, nebo až případnému převrácení vozidla.

Moderní stabilizační systémy jsou v dnešní době součástí povinné výbavy všech nově homologovaných vozidel. Tyto se snaží co nejvíce zvýšit bezpečnost silničního provozu, neboť se eviduje velice patrný nárůst dopravních nehod, které jsou způsobené špatnou reakcí nezkušeného řidiče na danou krizovou situaci. Programy napomáhají řešení krizových situací, do kterých se může vozidlo během provozu dostat a to zejména při nepříznivých adhezních podmínkách. Chybou by však bylo na tyto systémy bezmezně spoléhat, neboť i tady platí fyzikální zákony, které nelze obelhat a existuje zde velmi tenká hranice, za kterou již moc těchto pomocníků nesažá.

V budoucnu jistě zaznamenáme další vývoj a ještě větší komplexnost těchto programů pro stabilizaci jízdy at' už v osobní, autobusové nebo nákladní dopravě. Tyto systémy by mohly ještě více eliminovat řidičovi chyby, třeba i tím, že se budou snažit případné krizové situace předvídat a pomohou jim úplně předejít, nebo je vyřeší úplně samy místo řidiče. Top systémy pro jízdní stabilizaci a komfort jízdy, se kterými se lze dnes setkat pouze u luxusních drahých vozů budou popořadě přecházet i do automobilů nižších tříd. Tento model je již známý z postupného povinného vybavování nových vozů ABS, později ASR a nakonec i ESP.

Seznam použitých zdrojů

- [1] VLK, František. *Automobilová elektronika 1: Asistenční a informační systémy*. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2006, 269 s. ISBN 80-239-6462-3.
- [2] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily*. 2. vyd. Brno: Avid, 2009, 245 s. ISBN 978-80-87143-11-7.
- [3] SAJDL, Jan. ABS (Anti-lock Braking System). Autolexicon.net [online]. [cit. 2015-01-23]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>
- [4] VLK, František. *Automobilová elektronika 2: Systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2006, 308 s. ISBN 80-239-7062-3.
- [5] VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel 2. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2002, 592 s. ISBN 80-238-7282-6.*
- [6] SAJDL, Jan. ESP (Electronic Stability Programme). Autolexicon.net [online]. [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>
- [7] Scully, J., & Newstead, S. Electronic Stability Control. Howsafeisyourcar.com [online]. [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.howsafeisyourcar.com.au/Electronic-Stability-Control/>
- [8] VLK, František. *Automobilová technická příručka. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2003, 791 s. ISBN 80-238-9681-4.*
- [9] Wikipedia. Losí test. Wikipedia.org [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Losí_test/
- [10] Katalog automobilů. Automobily. Katalog-automobilu.cz [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: Katalog automobilů. Automobily [online]. [cit. 2015-05-06] . Dostupné z: www.Katalog-automobilu.cz.