



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUT OF FORENSIC ENGINEERING

VLIV PRVKŮ AKTIVNÍ BEZPEČNOSTI VOZIDEL NA PREVENCI DOPRAVNÍCH NEHOD

EFFECT OF ACTIVE VEHICLE SAFETY IN THE PREVENTION OF ROAD ACCIDENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Bc. ŠIMON FRANČ

Ing. VLADIMÍR PANÁČEK

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Šimon Franc

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Expertní inženýrství v dopravě (3917T002)**

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

Vliv prvků aktivní bezpečnosti vozidel na prevenci dopravních nehod

v anglickém jazyce:

Effect of Active Vehicle Safety in the Prevention of Road Accidents

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce se zaměří na konstrukci, princip a charakteristiku jednotlivých prvků aktivní bezpečnosti vozidel, které mohou významně pomoci při kritických jízdách situacích či odvrácení dopravní nehody.

Cíle diplomové práce:

Diplomant provede nejprve rešerši současného stavu prvků aktivní bezpečnosti používaných v dnešních moderních vozidlech definovaných výrobci. Vybrané prvky aktivní bezpečnosti pak budou dále rozebrány podrobně.

Cílem diplomové práce bude popis, rozbor a vyhodnocení jízdni dynamiky vozidla vybaveného vybranými prvky aktivní bezpečnosti.

Práce může být doplněna experimentálním měřením jízdni dynamiky vozidla.

Seznam odborné literatury:

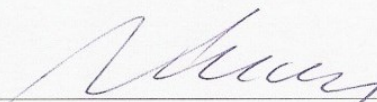
- [1] BRADÁČ, A. a kol. Soudní inženýrství. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 1999. ISBN 80-7204-133-9.
- [2] KASANICKÝ, G., KOHÚT, P., LUKÁŠÍK, M. Teória pohybu a rázu pri analýze a simulácii nehodového deja. Žilina: Žilinská univerzita, 2001. ISBN 80-7100-597-5.
- [3] VLK, F. Asistenční a informační systémy - Automobilová elektronika 1, 2006. ISBM 8023964623

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladimír Panáček

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 26.10.2012




doc. Ing. Robert Kledus, Ph.D.
ředitel vysokoškolského ústavu

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá vlivem prvků aktivní bezpečnosti vozidel na prevenci dopravních nehod. V úvodní části je vymezen pojem aktivní bezpečnost a rozčleněn do čtyř kategorií. V následujících čtyřech kapitolách jsou jednotlivé kategorie aktivní bezpečnosti blíže popsány a vybrané prvky jsou rozebrány podrobně. V kapitole sedm je vyhodnocen dotazník, který zjišťoval názor lidí na některé prvky aktivní bezpečnosti. V rámci této práce byly dále provedeny praktické jízdni zkoušky, jejichž popis a vyhodnocení je v posledních kapitolách.

Abstract

This diploma thesis focuses on effects of active vehicle safety on the prevention of traffic accidents. In the introductory section, the term of active safety is defined and divided into four categories. In next four chapters, the particular elements of active safety are described in more detail and some selected elements are described in depth. Chapter seven includes a questionnaire; it enquires opinions of people about some of the elements of active safety. Practical road tests were conducted as part of this work. Theirs description and evaluation are in the last chapters.

Klíčová slova

Aktivní bezpečnost, vozidlo, boční zrychlení, podélné zrychlení, rychlost, manévr, systém, součinitel adheze, smyk.

Key words

Active safety, car, lateral acceleration, longitudinal acceleration, velocity, maneuver, system, adhesion coefficient, skid.

Bibliografická citace:

FRANC, Š. *Vliv prvků aktivní bezpečnosti vozidel na prevenci dopravních nehod*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2013. 124 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Vladimír Panáček.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2013

.....

podpis diplomanta

Obsah

Úvod	11
1 Aktivní bezpečnost a její rozdělení podle kategorií	12
2 Bezpečnost obsluhy	13
2.1 Umístění řidiče ve vozidle	13
2.2 Umístění ovládacích prvků ve vozidle	16
2.2.1 Ergosféra.....	16
2.2.2 Ovládání	17
2.3 Poznatelnost.....	20
2.3.1 HUD (Hheads-up display).....	21
3 Kondiční bezpečnost, zajištění fyzické pohody	22
3.1 Mikroklima, větrání, vytápění, klimatizace	22
3.1.1 Větrání.....	23
3.1.2 Vytápění	23
3.1.3 Rozvod vzduchu.....	26
3.1.4 Klimatizace	26
3.2 Sedění	28
4 Pozorovací bezpečnost, zajištění bezpečného vnímání	29
4.1 Výhled z vozidla	29
4.1.1 Základní vlastnosti lidského vidění.....	29
4.1.2 Zajištění stálého výhledu.....	30
4.1.3 Systémy pro zmenšení slepého úhlu	32
4.1.4 Zařízení pro rozpoznání dopravních značek.....	34
4.2 Osvětlení vozovky a vozidel.....	35
4.2.1 Osvětlovací prostředky.....	35
4.2.2 Druhy konstrukce reflektorů.....	38
4.2.3 Systémy nočního vidění	44
5 Bezpečnost jízdy.....	46
5.1 Jízdní dynamika vozidel.....	47
5.1.1 Přenos sil mezi pneumatikou a vozovkou, skluz, smyk a adheze.....	47
5.1.2 Stabilita jízdy vozidla.....	49

5.1.3	Brzdy, brzdění.....	52
5.2	Protiblokovací systém ABS.....	53
5.2.1	Regulace stáčivého momentu GMA.....	58
5.2.2	Elektronická uzávěrka diferenciálu EDS.....	59
5.2.3	Elektronické rozdělování brzdné síly EBD.....	59
5.2.4	Brzdový asistent.....	60
5.3	Protiprokluzová regulace ASR.....	61
5.3.1	Motorová regulace.....	61
5.3.2	Brzdová regulace.....	62
5.3.3	Regulace brzdného momentu motoru MSR.....	62
5.4	Elektronický stabilizační systém ESP.....	62
5.4.1	DSR (Driver Steering Recommendation).....	66
5.5	Elektronické brzdové soustavy.....	67
5.5.1	Elektrohydraulická brzdová soustava EHB.....	67
5.5.2	Elektromechanická brzdová soustava EMB.....	68
5.5.3	Elektronická klínová brzda EWB.....	69
5.6	Elektronické systémy řízení odpružení.....	71
5.6.1	Adaptivní, semiaktivní systémy odpružení.....	71
5.6.2	Aktivní systémy odpružení.....	72
5.7	Drive By Wire.....	75
5.8	Adaptivní tempomat ACC, Před-nárazové bezpečnostní systémy.....	76
5.9	Systémy udržující vozidlo v jízdním pruhu.....	81
5.10	Systémy sledování únavy řidiče.....	83
6	Dotazník hodnotící subjektivní dojmy a pocity z interiéru vozidel.....	86
6.1	Dotazované otázky.....	86
6.2	Hodnocená vozidla.....	86
6.3	Vyhodnocení dotazníku.....	91
7	Praktické jízdní zkoušky.....	92
7.1	Zkušební dráha.....	92
7.2	Měřený objekt.....	92
7.3	Měřicí a záznamová technika.....	94

7.3.1	XL Meter TM Pro Gamma	94
7.3.2	Pocket DAQ.....	95
7.3.3	Infračervený teploměr CEM DT-9860.....	96
7.3.4	Videokamery a fotoaparáty	96
7.3.5	Umístění měřicí a záznamové techniky.....	96
7.4	Testovací manévry	97
7.4.1	Brzdění v zatáčce	97
7.4.2	Vyhýbací manévr	98
7.5	Podmínky měření	98
8	Vyhodnocení jízdních testů.....	99
8.1	Průjezd zatáčkou rychlostí 55 km/h	101
8.2	Průjezd zatáčkou při rychlosti 65 km/h	103
8.3	Vyhýbací manévr při rychlosti 65 km/h.....	107
8.4	Vyhýbací manévr při rychlosti 75 km/h.....	111
8.5	Vyhodnocení testovaných manévru	114
9	Závěr	118
10	Seznam použitých zdrojů	120
11	Seznam příloh.....	125

Úvod

Neustále rostoucí počet obyvatel naší planety, stále se zvyšující životní úroveň obyvatel a celkově se měnící životní styl současné moderní a vyspělé společnosti vede k neustále rostoucímu počtu automobilů. S přibývajícím počtem vozidel, však také rapidně stoupají nároky kladené na infrastrukturu, řidiče a zvláště pak na provozní bezpečnost vozidel. Tuto bezpečnost můžeme rozdělit na dvě kategorie, na bezpečnost aktivní a na pasivní bezpečnost. Pasivní bezpečnost zahrnuje takové prvky výbavy a vlastnosti automobilu, které v případě kdy již dojde k dopravní nehodě, chrání posádku a všechny zúčastněné osoby před jejich poraněním.

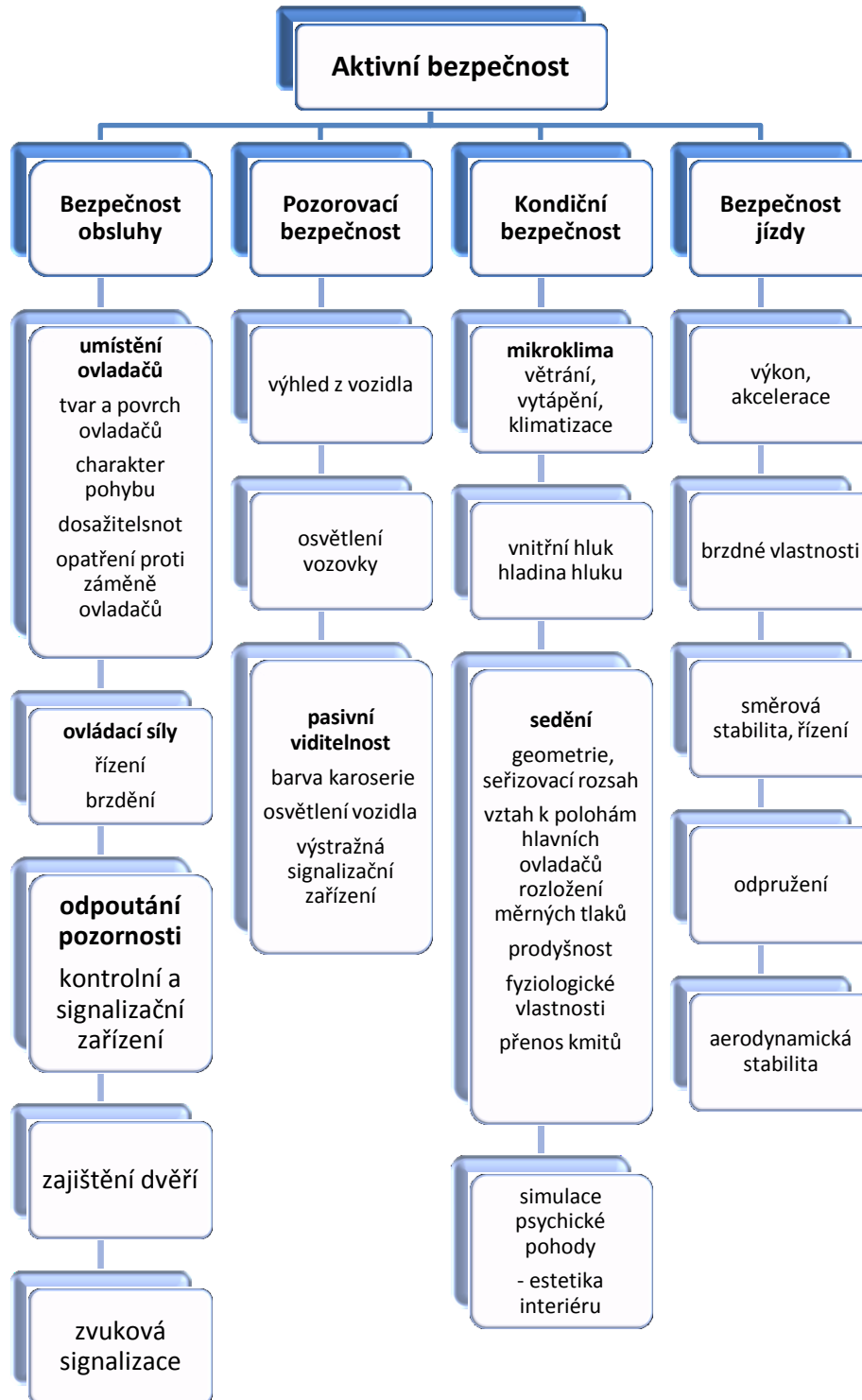
Pro bezpečnost na silnicích je však mnohem důležitější předcházet takovým situacím, které by k dopravní nehodě mohli vést. Veškerá konstrukční opatření na strojích a zařízeních, která zabráňují vzniku nehody, jsou shrnuty pod názvem aktivní bezpečnost. Aktivní bezpečnost vozidel je tak velice rozsáhlý pojem, který v sobě zahrnuje takové vlastnosti automobilů, jež mají zabránit vzniku dopravních nehod. Základním prvkem aktivní bezpečnosti tak jsou vynikající jízdní vlastnosti a ovladatelnost vozidla, schopnost pohodlně přepravit posádku, snadnost obsluhy, zajištění správného výhledu, ale také viditelnost vozidla. Velmi progresivní vývoj v oblasti aktivní bezpečnosti také probíhá díky vývoji elektronických systémů. Nejrůznější jízdní asistenty, které pomáhají řidiči usnadnit obsluhu vozidla popřípadě ho upozornit na jeho chyby, jsou stále více zastoupeny ve výbavě současně vyráběných vozidel. A je zřejmé, že s neustálým vývojem v oblasti informačních technologií a veškeré elektroniky, bude nejrůznějších asistentů stále přibývat.

Je tedy zjevné, že je aktivní bezpečnost nejen v automobilovém průmyslu velice rozsáhlý problém, jenž by vydal na desítky knih. V této práci jsou tak shrnuty a popsány nejdůležitější prvky z oblasti aktivní bezpečnosti, které se u současných osobních vozidel vyskytují. Součástí práce je také vyhodnocení dotazníku týkající se některých prvků aktivní bezpečnosti v současných vozidlech. Pro potřeby práce byly dále provedeny experimentální měření jízdní dynamiky, které zjišťovali vliv elektronického stabilizačního systému podvozku na prevenci vzniku dopravních nehod.

1 Aktivní bezpečnost a její rozdělení podle kategorií

Pod termínem aktivní bezpečnost si lze představit veškerá konstrukční opatření na vozidle, která pomáhají přecházet a zamezovat nehodám.

Aktivní bezpečnost dělíme do čtyř základních kategorií popsané na (*obr. 1.1*):



2 Bezpečnost obsluhy²

Pro bezpečnost obsluhy je důležité ergonomické a intuitivní rozmístění jednotlivých ovládacích prvků, jejich dosažitelnost, ovladatelnost a tvar. Přístrojový štít s rychloměrem a důležitými kontrolkami by měl být umístěn v zorném úhlu řidiče, aby zbytečně neodpoutával pozornost od jízdy. Důležitá je i jejich zvuková signalizace. Pro bezpečnost obsluhy je také nezbytné správné rozmístění pedálů.

Bezpečnost obsluhy je blízce spjata s ergonomií resp. ergonomikou. Ergonomika je mezioborová vědní disciplína, jejímž cílem je přizpůsobit pracovní prostředí člověka jeho výkonnostním možnostem tak, aby byla jeho činnost vykonávána s co nejmenšími vynaložení biologických rezerv a tím byla maximálně bezpečná. Zahrnuje v sobě poznatky z oborů psychologie, fyziologie práce, průmyslové estetiky, hygieny, ale i kybernetiky, metrologie.

Hlavním účelem ergonomiky je:

- zajištění správného sedění;
- zajištění fyziologicky správného podepření těla;
- určení vhodných ovládacích sil a pohybů;
- vhodné vytvoření ovládacích pák a tlačítek;
- vhodné uspořádání kontrolních přístrojů;
- zajištění dobrého vidění a signalizace;
- snížení vibrací a hluku.

2.1 Umístění řidiče ve vozidle

Při návrhu vnitřní geometrie vozidla, je nejdůležitější poloha těla řidiče. Ta je jednoznačně určená vzájemným vztahem mezi geometrií sedadla a umístěním nejdůležitějších ovladačů, jako jsou volant, pedály, řadicí páka.

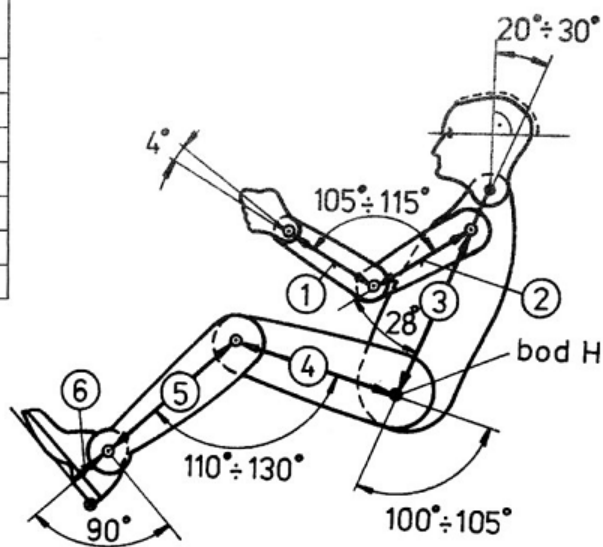
Základem pro návrh správné geometrie sedění je dvourozměrná šablona (*obr. 2.1*) a pro účely měření slouží trojrozměrná figurína (*obr. 2.2*). Ta napodobuje antropické znaky člověka.

Antropické znaky člověka zkoumá antropometrie. Antropometrie je nauka, založena na systému měření a pozorování lidského těla a jeho částí. Podkladem pro měření je soustava antropometrických bodů na hlavě, trupu a končetinách. Jejich poloha byla stanovena mezinárodní dohodou. Jsou to většinou místa, kde je kostra překryta pouze kůží, nikoli svaly či tukem.

¹ Vlk F.: Stavba motorových vozidel

² Vlk F.: Stavba motorových vozidel

rozměr (mm)	5 % žena	50 % člověk	95 % muž
1	210	237	264
2	236	268	301
3	401	447	493
4	357	404	452
5	418	476	535
6	102	107	120
výška	1500	1650	1849

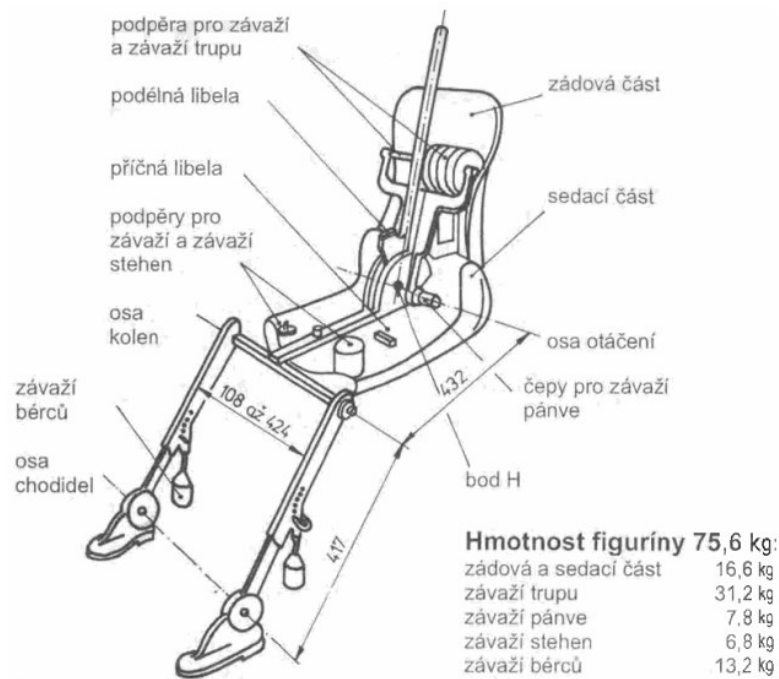


Obr. 2.1 Dvourozměrná kreslicí šablona dle normy SAE J 833a³

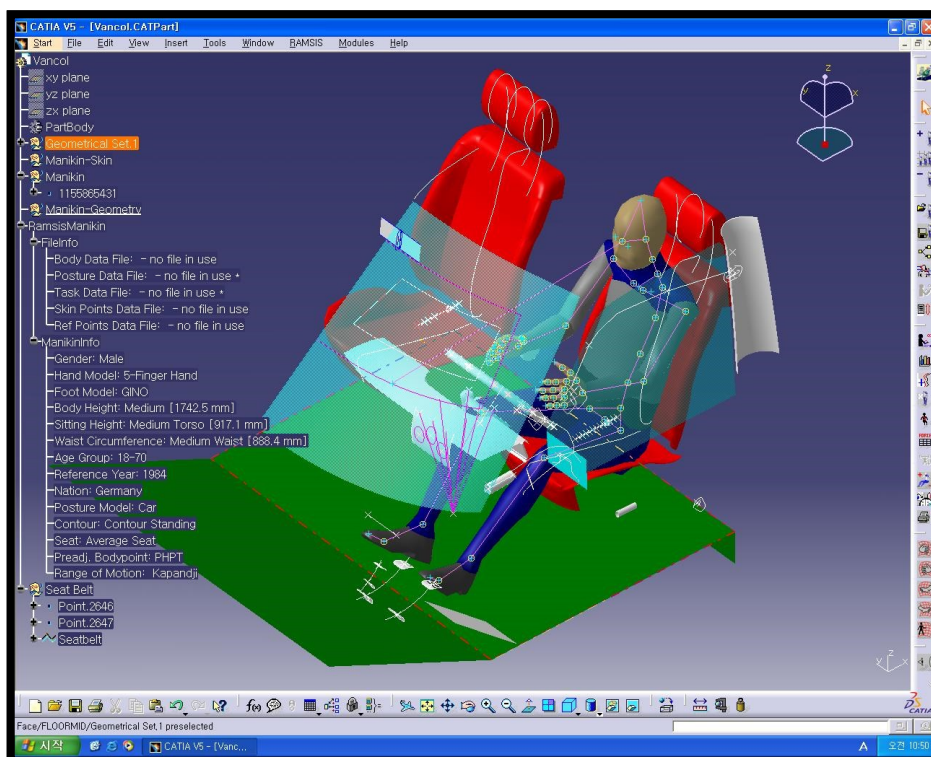
Pro kreslicí šablony platí norma ČSN 30 7025 a norma SAE J 833a. Obě šablony si jsou podobné, norma SAE však na rozdíl od české normy navíc udává rozměry pro horní končetiny a tělesnou výšku. Z výše uvedené tabulky je patrné, že norma SAE J 833a udává hodnoty tělesných rozměrů pro 5% ženu (5% žen je menších), 50% člověka (50% populace má rozměry menší, 50% větší), 95% muž (5% mužů má rozměry větší).

Pomocí figuríny (**obr. 2.2**) se stanovují základní body určující polohu řidiče ve vozidle. Nejdůležitější je stanovení středu otáčení trupu a stehna (bod H) a patního bodu řidiče (bod F). Figurínou se dále zjišťují celkové parametry sedění řidiče i ostatních cestujících v dopravním prostředku. V současné době je nejužívanější metodou pro zjištění správné ergonomie a ovládací bezpečnosti vozidla simulační software RAMSIS. Termín RAMSIS (Rechnergestütztes Anthropometrisch Mathematisches System zur Insassen Simulation) je německá zkratka pro počítačový antropometricko-matematický systém určený pro simulaci cestujících v dopravním prostředku. Tento program byl vyvinut Sdružením automobilového průmyslu VDA pro prostředí CAD softwaru CATIA (**obr. 2.3**) Díky tomu výrobci automobilů ušetří spoustu finančních prostředků a času s vývojem nového interiéru vozu, který bude přesto splňovat nejpřísnější ergonomická kritéria.

³ Vlček F.: Stavba motorových vozidel s.219



Obr. 2.2 Třírozměrná 50% figurína⁴



Obr. 2.3 Užití softwaru RAMSIS v programu CATIA⁵

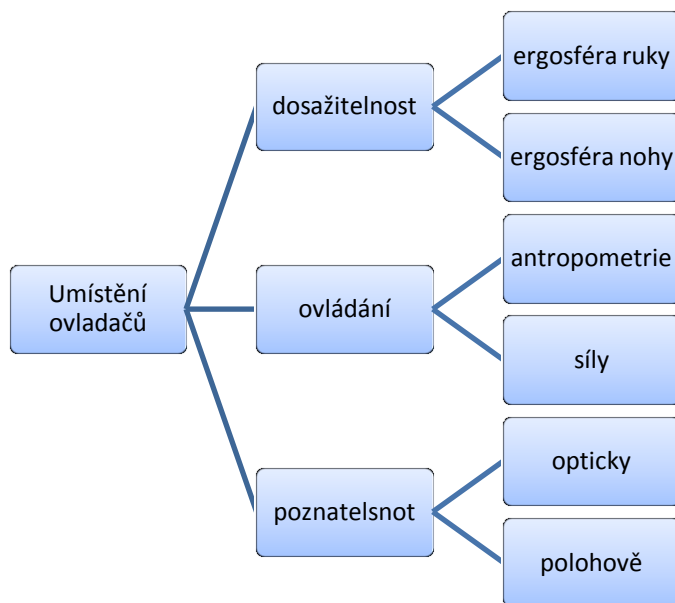
Umístění ostatních osob ve vozidle má na aktivní bezpečnost daleko menší vliv, navíc není tolik svázáno předpisy, a proto se jím v této práci nebudeme dále zabývat.

⁴ Vlk F.: Stavba motorových vozidel s. 218

⁵ <http://creator.tistory.com/>

2.2 Umístění ovládacích prvků ve vozidle

Pro aktivní bezpečnost je neméně důležité správně uspořádané pracovní místo řidiče tak, aby byla zajištěna bezproblémová obsluha vozidla. Pro správné a intuitivní ovládání všech ovladačů je nutné splnění kritérií znázorněných na **obr. 2.4**



Obr. 2.4 Nutné podmínky pro správné umístění ovladačů⁶

2.2.1 Ergosféra

Dosažitelnost ovladače závisí na antropometrických mírách lidského těla a druhu ovladače. Dále je určena ergosférou, která je daná prostorem, ve kterém je člověk při normální pozici sedění se zapnutým bezpečnostním pásem schopen pohybů nutných k obsluze příslušných ovladačů. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1, v současné době se pro zjištění ideální ergosféry využívá softwaru RAMSIS.

Protože však oblast, která je dosažitelná bez pohybu ramene a trupu je dosti omezená, nemohou být v ergosféře umístěny všechny obsluhované prvky. Proto jsou vytvořeny přednostní skupiny, které byly zjištěny četností obsluhování a funkce jednotlivých ručně ovládaných zařízení. Podle toho také rozlišujeme prvky, které jsou ovládány během jízdy a které pouze při stání. Četnost ovládání můžeme rozdělit na často a méně často obsluhovaná zařízení. Na základě tohoto rozdělení rozlišujeme čtyři prioritní skupiny (**obr. 3.5**) pro ručně obsluhovaná zařízení:

- I) nejdůležitější prvky, které řidič obsluhuje během jízdy, musí být dosažitelné, aniž by musel být volant uvolněn;
- II) méně důležité prvky, které však jsou také často obsluhovány, musí být umístěné v dobrém dosahu rukou;

⁶ Vlk F.: Stavba motorových vozidel

- III) méně důležité a méně často obsluhované prvky, které nemusí být umístěny v tak dobrém dosahu rukou, jako v případě skupiny II;
- IV) prvky, které jsou obsluhovány při stání a jejichž obsluha vyžaduje změnu polohy sedění⁷.

FUNKCE	OVLÁDÁNÍ	
	ČASTO	MÉNĚ ČASTO
podélný pohyb	<ul style="list-style-type: none"> - řazení - ukazatel směru 	<ul style="list-style-type: none"> - výstražné zařízení - zvuková, světelná signalizace
výstraha a signalizace		
vidění	<ul style="list-style-type: none"> - světlomety (za snížené viditelnosti - tlumení) - stěrače 	<ul style="list-style-type: none"> - světla - zapnutí, vypnutí - sluneční clona - ostříkovač skel - odmrazování oken - odmrazování skel - vytápění zadního skla - světla do mlhy
pohodlí		<ul style="list-style-type: none"> - vytápění - větrání - klimatizace - popelník - zapalovač cigaret - rádio - otvírání oken
sedění	<ul style="list-style-type: none"> - zadržovací systém 	<ul style="list-style-type: none"> - zpětné zrcátko (vnitřní, vnější) - poloha sedadla
spouštění a zastavování motoru	<ul style="list-style-type: none"> - otvírání a zavírání dveří - zámek zapalování - parkovací brzda 	

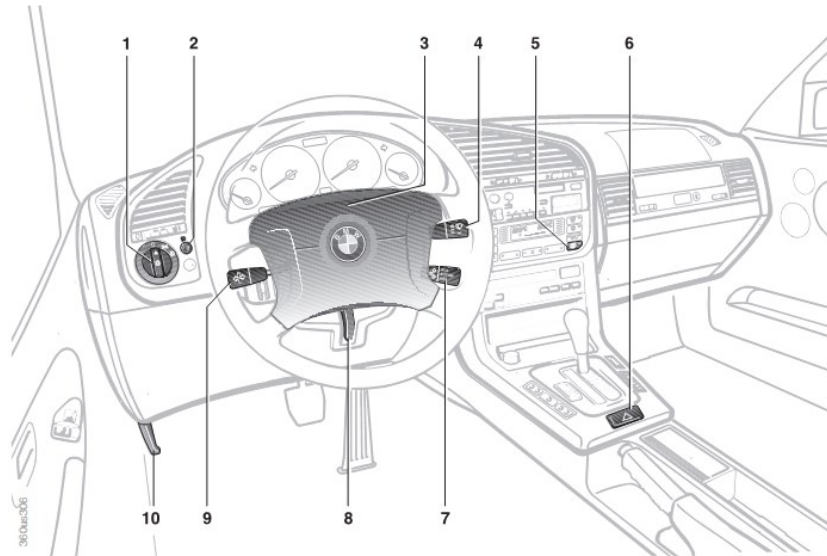
Obr. 2.5 Skupiny rozdělené podle důležitosti jednotlivých ovladačů pro ručně obsluhované zařízení⁷

2.2.2 Ovládání

Palubní desky (obr. 2.6) různých kategorií aut i výrobců se liší. Společná jim je však snaha dosáhnout co nejsnazší obsluhy s přirozeným a intuitivním uspořádáním všech prvků. Dnes je trendem situovat mnoho méně či více důležitých prvků na volant, popřípadě na páčky pod volantem. Tím je docíleno ovládání více prvků bez sundání rukou z volantu a tím menšího rozptylování pozornosti od řízení. Automobilka Citroen také koketuje s volanty s pevným středem, kdy je střed volantu fixován pevně v základní poloze a při řízení se otáčí pouze věnec volantu. Toto řešení má jistě pozitivní vliv na pasivní bezpečnost (airbag řidiče se aktivuje vždy v ideální poloze, ať už jede automobil po oblouku, nebo po rovině), avšak velké množství tlačítek na

⁷ Vlč F.: Stavba motorových vozidel s. 232

volantu aktivní bezpečnosti nepřidají. Přemíra tlačítek řidiče při jízdě spíše rozptylují, než aby řidiči pomáhali ve snadnějším ovládnání důležitých funkcí vozu (*obr. 2.7*)



Obr. 2.6 Palubní deska a rozmístění některých ovládacích prvků v interiéru⁸ (BMW 3 E36):

1 – spínač vnějšího osvětlení vozidla, 2 – spínač světlometů do mlhy, 3 – signální houkačka, 4 – spínač stěračů a ostřikovačů předního a zadního okna, 5 – tlačítko odmlžení zadního okna, 6 – tlačítko varovného osvětlení, 7 – spínač tempomatu, 8 – páka výškového nastavení polohy volantu, 8 – spínač pro směrová světla, světelnou houkačku, přepínání dálkových a tlumených světel, 10 – rukojeť odjištění kapoty motorového prostoru



Obr. 2.7 Volant s pevným středem (Citroen C5)⁹

Někteří výrobci přistupují k centralizování ovládacích prvků do jednoho menšího celku za pomoci otočného ovladače a několika pomocných tlačítek a LCD

⁸ BMW: Owner's Manual for the vehicle

⁹<http://www.planete-citroen.com>

displeje v palubní desce. Prvním takto řešeným ovladačem, pro nastavení teploty, rádia, navigace apod. byl představen v BMW řady 7 pod názvem iDrive (**obr. 2.8**) v roce 2003 následován obdobným systémem u vozu Audi A8, obchodně označovaný jako MMI a Mercedes-Benz se systémem Comand.



Obr. 2.8 Ovladač a display systému iDrive poslední generace¹⁰

Odlíšný způsob pohybu v menu palubního počítače představil Lexus ve svých nových modelech, označovaný jako Remote Touch (**obr. 2.9**) Základem je joystick podobný počítačové myši, který řidiči poskytuje zpětnou vazbu při pohybu v menu počítače. Je-li kurzor na displeji blízko nějaké volby, je ovládací prvek přitahován jemně k této volbě a poskytuje tak řidiči hmatovou zpětnou vazbu o jeho pohybu v menu. Díky tomu řidič nemusí odvracet zrak od vozovky, aby sledoval ovládací prvky.



Obr. 2.9 Ovladač Remote Touch ve vozidle Lexus RX¹¹

¹⁰ <http://www.cnet.com.au/bmw-redesigns-idrive-for-new-3-series-and-7-series-339290578.htm>

2.3 Poznatelnost

Poznatelnost ovladačů, ať už hmatová, nebo optická, závisí i na řadě dalších faktorů. Předně je to jejich velikost a poloha, dále barva, kontrast a jejich označení příslušnými symboly. Pro polohovou poznatelnost je důležitý jejich tvar a vzájemná vzdálenost. To je patrné z rozmístění pedálů, jejichž rozmístění a poloha je dána vyhláškou, a umístění řadicí páky.

Pro snadnou identifikaci mají veškeré ovládací, signalizační i kontrolní prvky označení sjednocené mezinárodní normou. Ta upravuje nejen jejich vzhled, ale i barvu (**obr. 2.10**). Výstražné kontrolní prvky mají červenou barvu, dálková světla modrou, světla a směrovky zelenou barvu a informativní mají barvu oranžovou. Výstražné funkce mohou být zdůrazněny zvláštním označením, např. přerušovaným světlem nebo rozsvícením signálních světel.

Vozidlový motor	Převodná ústrojí	Brzdová zařízení	Osvětlení vozidla	Kabína	Podvozek a nastavba
tlak oleje v motoru	neutrální převodovky	provozní brzda	osvětlení v kabině	zajištění sklopné kabiny	centrální mazání
teplota motoru	pomalý rozsah převodů	parkovací brzda	hlavní osvětlení	zapnutí bezpečnostních pásů	ECAS varovná
nabíjení akumulátorů	rychlý rozsah převodů	motorová brzda	dálková světla	seřizování volantu	ECAS informační
hladina chladicí kapaliny	přední náhon	zpomalovací brzda	potkávací světla	vyhřívání venkovních zrcátek	zvednutí zvedací nápravy
rezerva paliva	uzávěrka diferenciálu zadní nápravy	varovná ABS tažného vozidla	směrová světla	stěrač a ostřikovač čelního skla	přiřazení hnací nápravy
podtlak sání motoru	uzávěrka diferenciálu přední nápravy	varovná ABS přípojného vozidla	výstražná funkce směrových světel	ostřikovač světlometů	zvednutí sklápěcí plošiny
žhavení nasávaného vzduchu	uzávěrka mezinápravového diferenciálu	rozpoznávání ABS přípojného vozidla	pracovní světlomet	ventilátor topení	hydraulická ruka
ohřívání paliva	nezávislý pomocný pohon	opotřebení brzdového obložení	zvláštní výstražné světlo (maják)	ovládání dveřních oken	
nastavení volitelného omezovače otáček	závislý pomocný pohon		přední světlomety do mlhy		
	ASR ASR tažného vozidla		zadní světla do mlhy		

Obr. 2.10 Mezinárodní označení ovládacích, signalizačních a kontrolních prvků ¹²

Nejmodernějšími trendy v oblasti zobrazování veškerých informací o vozidle na přístrojových deskách, jsou pomocí plně digitalizovaných desek, tvořených z TFT displeje (**obr. 2.11**). Toto řešení, nejen že umožňuje operativní zobrazování důležitých informací podle jejich aktuálního stavu (adaptivní tempomat, noční vidění, ...), ale také přizpůsobovat jejich vzhled a prostředí náladám a vkusu řidiče, popřípadě jeho jízdním režimům (eco, sport, normal, ...).

¹¹ <http://www.clublexus.com/forums/car-chat/408281-lexus-remote-touch-controller-details.html>

¹² <http://www.motorkari.cz/forum-detail/?ft=69102&fid=9>



Obr. 2.11 TFT display místo klasického analogového přístrojového štítu (BMW 7 F01)¹³

Přístrojové štíty však nejsou přímo v zorném poli řidiče a řidič tak musí odvracet zrak a pozornost od řízení, pokud potřebuje číst informace zobrazované na štítu. Tento problém je eliminován pomocí tzv. HUD display (**obr. 2.12**).

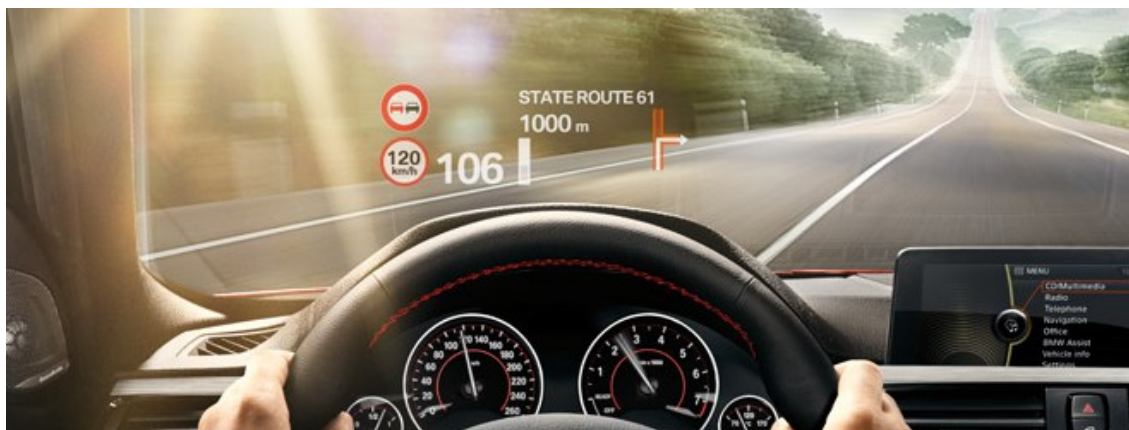
2.3.1 HUD (Heads-up display)

Promítá nejdůležitější holografické informace o jízdě přímo do zorného pole řidiče. Informace jsou na čelní sklo promítány za pomoci projektoru a systému zrcadel umístěných v přístrojové desce. Na řidiče tento obraz působí jako by byl umístěný cca dva metry před čelním sklem. To nejen že zlepšuje čitelnost údajů, ale také se tím zmenšuje prodleva oka, potřebná na zaostření různých předmětů, a tak se ušetří až polovina času řidiče potřebného k vyhledání údajů o rychlosti, stavu paliva atd. Největší přínos je však v tom, že dovede přenést varování přímo před oči řidiče.

Systém byl původně vyvinutý pro letectví, kde pilotovi umožňuje sledovat údaje s palubní desky bez ztráty kontaktu s vnější realitou. Na automobilovém trhu se display poprvé objevil koncem 80. let v Americe ve vozech značky Oldsmobile. V té době však uměl zobrazovat pouze monochromaticky, jednoduché údaje, třeba rychlost. Pro nové HUD však již není problém zobrazovat údaje z navigace, rychlostní limity, noční vidění, příchozí hovory a textové zprávy a mnoho dalších věcí. A to vše navíc plně barevně.¹⁴

¹³ http://forum.donanimhaber.com/m_70736036/tm.htm

¹⁴ Vlk F.: Automobilová elektronika 1, s. 107-109



Obr. 2.12. Nejmodernější, plně barevný HUD display (BMW 3 F30)¹⁵

3 Kondiční bezpečnost, zajištění fyzické pohody¹⁶

Kondiční bezpečnost má za úkol minimalizovat veškeré únavové vjemy. Vlivem rostoucí intenzity silniční dopravy, klade řízení vozidla velké fyziologické nároky. Prostředí interiéru má proto důležitou roli z hlediska působení na lidský organismus. Řidič by měl být v dobrém psychickém rozpoložení při řízení vozidla a k tomu mu napomáhá kondiční bezpečnost. Ta je zajištěna pomocí správného sedění. Dále je důležité komfortní pérování, dobře větraný vnitřní prostor, včetně klimatizace. Důležitým prvkem je i samotné ztvárnění palubní desky a estetická hodnota celého interiéru včetně jeho odhlučnění od motoru, podvozku a okolního prostředí.

3.1 Mikroklima, větrání, vytápění, klimatizace

Stav prostředí v homosféře, tj. v místě pobytu člověka, se nazývá mikroklima. Uvnitř automobilu se tedy jedná o mikroklima interiéru. Jeho úpravou je možné dosáhnout příjemných podmínek pro pobyt pasažérů uvnitř vozidla a dost podstatně snížit únavu řidiče a tím výrazně ovlivnit aktivní bezpečnost. Protože výkon a pozornost člověka jsou silně závislé na teplotě a kvalitě okolního vzduchu, je nutné, aby interiér vozidla byl zásobován, pokud možno, čerstvým vzduchem, který musí být čištěn a podle venkovní teploty buď ohříván, nebo ochlazován.

Mikroklima automobilu je určováno:

- teplotou vzduchu;
- vlhkostí vzduchu;
- rychlostí proudění vzduchu;
- čistotou vzduchu.

¹⁵ <http://www.bimmerfest.com/forums/showthread.php?t=575838>

¹⁶ Vlk F.: Stavba motorových vozidel

Toho je dosaženo pomocí větrání, vytápění, klimatizace, čistota vzduchu může být dále upravena ionizátorem vzduchu.

3.1.1 Větrání

Větrací soustava musí být uzpůsobena tak, aby:

- byl řidiči a cestujícím k dispozici dostatek čerstvého vzduchu;
- byl výstupními otvory odváděn vydýchaný vzduch;
- do vnitřního prostoru nevnikal prach a voda;
- vzduch byl veden tak, aby se okna nezamlžovala;
- nikde se nekumuloval studený vzduch;
- výměna vzduchu probíhala pokud možno bez hluku a průvanu.

Samočinné proudění vzduchu do vozidla probíhá až od rychlosti jízdy asi 60 km/h (náporový větrací systém), při nižších rychlostech tak musí přívod čerstvého vzduchu podporovat ventilátor (větrací systém s nuceným prouděním vzduchu). Čistým vzduchem v kabině rozumíme vzduch zbavený pouze škodlivin produkovaných cestujícími, tj. oxid uhličitý CO₂ a vlhkost vzduchu jako produkt dýchání, popřípadě CO jako produkt kouření a různých pachů. Odvětrávání interiéru je dále upraveno vyhláškou tak, že výměna vzduchu musí splňovat podmínku bezprůvanového větrání (max. rychlost větracího vzduchu 0,5m/s při nemožnosti regulace rychlosti a směru). Dle vyhlášky je ve vnitřním prostoru vozidla žádoucí malý přetlak (v hodnotách kolem 30 Pa). Tím je omezeno vnikání pachů, prachů, pylů a vnikání studeného vzduchu v zimním období. Otvory pro přívod vzduchu by se měli nacházet v místech maximálního přetlaku, otvory pro odvod vzduchu v místech podtlaku.

Umístění výdechů ventilace musí být situováno tak, aby zasahovalo celou oblast pobytu člověka a aby bylo proudění vzduchu rovnoměrné a nevířilo prach z podlahy kabiny. Různé části těla by také měli být ovívány různou intenzitou proudění vzduchu. Hrudník je méně citlivý na vliv rychlosti, navíc je nutné provětrávat oblečení, aby nedocházelo k nadměrnému pocení, a tak by měl být vzduch přiváděn mnohem intenzivněji, než na nekryté části těla, jako je hlava, krk, zápěstí, ruce a nohy.

Dále by měli být výdechy umístěny tak, aby proudící vzduch nevnikal do rukávů a k límci, kde by negativně ovíval citlivé části těla, jako ramenní kloub, loket či krční páteř.

3.1.2 Vytápění

Účelem vytápění vnitřního prostoru vozidla je vytvořit optimální teplotní prostředí pro člověka, teplotní zónu. Tato zóna by se měla nacházet v termoregulačním rozmezí člověka a to i s ohledem na tepelnou produkci člověka.

Jakmile teplota v interiéru nedosahuje spodní hranice optimální teploty, nebo naopak převyšuje horní optimální hranici, dochází ke zhoršení činnosti řidiče a vyvolává nepříjemné pocity u ostatních cestujících. Při teplotách nižších, než optimálních, by mohlo dojít až k celkovému podchlazení organismu vlivem dlouhodobého pobytu uvnitř automobilu. Naopak při teplotách vyšších, dochází k nadměrnému pocení všech zúčastněných. Požadavky na vytápěcí systém je dán vyhláškou a jeho parametry a ověřování probíhá podle pokynů uvedených v normě ČSN 30 0535.

U všech automobilů musí vytápěcí systém zajišťovat teplotu vzduchu ve vozidle 18 °C při venkovní teplotě -15°C. U autobusů MHD musí být výsledná teplota 14 °C a na sedadlech se nesmí tvořit námraza. Tato skutečnost je dále upravena pro teplotu v okolí hlavy a ostatních částí těla (v místech hlavy může být teplota nižší, v místech chodidel naopak vyšší). Teplota přiváděného vzduchu na všech výstupech vytápění nesmí být vyšší než 40 °C.

Teplý vzduch by měl být přiváděn hlavně na spodní část těla, nikoliv na prostor v okolí hlavy, protože hlava je nejpodstatnější částí regulačního systému člověka a mohlo by tak dojít k jejímu přehřívání. Optimální teplota vzduchu osciluje kolem hodnoty 21 °C v závislosti na relativní vlhkosti vnitřního prostoru. Čím vyšší je vlhkost, tím nižší by měla být teplota a naopak. Relativní vlhkost vzduchu by se měla pohybovat v rozmezí 30 až 70 %.

K vytápění vozidla se používají dva druhy systémů:

- závislý vytápěcí systém;
- nezávislý vytápěcí systém.

3.1.2.1 Závislý vytápěcí systém

Vytápění vozidla je závislé na chodu motoru, neboť k vytápění využívá jeho odpadní teplo. U vzduchem chlazených motorů lze čerstvý vzduch ohřívat výfukovými plyny. Obvykle je část chladicího vzduchu za ventilátorem oddělena, ohřívána v tepelném výměníku ve výfukové soustavě motoru a následně používána pro vyhřívání. To však s sebou nese velká rizika, protože ve výfukových plynech je obsažen jedovatý kysličník uhelnatý. Je tedy nutné přísně dbát na to, aby s teplým vzduchem nevnikly do interiéru i jedovaté výfukové plyny a ostatní spaliny.

U kapalinou chlazených motorů se vzduch pro vyhřívání přivádí k výměníku, kde je ohříván chladicí kapalinou. Jeho výhodou je jednoduchá konstrukce a nízká cena. Nevýhodou je však obtížná regulace a především malá pohotovost (v mrazech trvá poměrně dlouho, než se chladicí kapalina ohřeje na 80 °C).

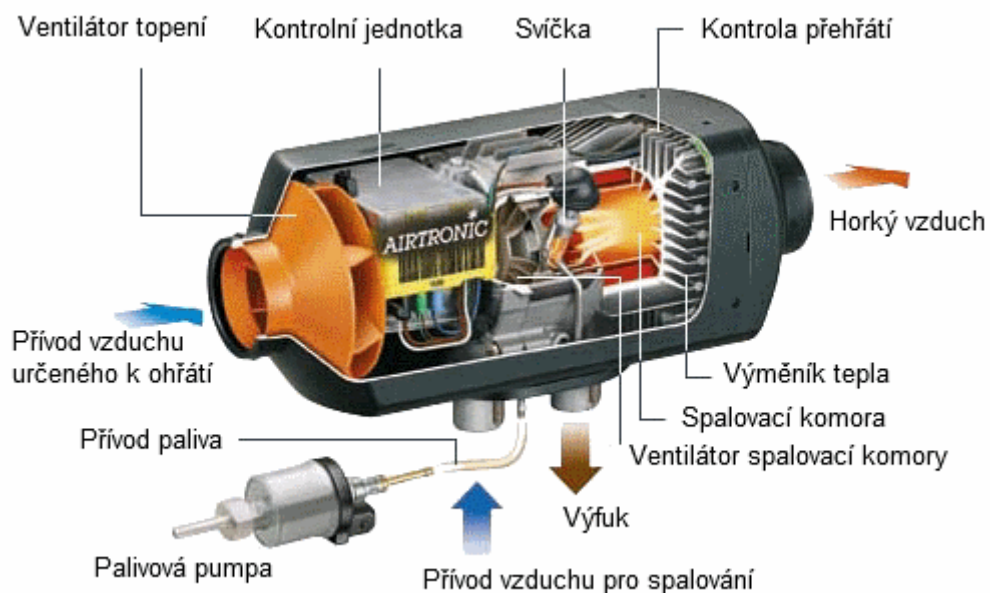
Rozlišujeme tři druhy regulace teploty vzduchu pro vytápění:

- a) regulace množství chladicí kapaliny;
- b) regulace množství čerstvého vzduchu;

- c) elektronicky řízená regulace vytápění.
- a) množství chladicí kapaliny, která protéká tepelným výměníkem, je měněno škrtícím ventilem. Ten uzavírá průtok a tím mění množství přivádějího tepla.
- b) klapkou regulované množství čerstvého vzduchu, který je zahříván v tepleném výměníku, ve kterém protéká trvale chladicí kapalina, určuje množství odváděného tepla a tím i teplotu vzduchu.
- c) tato regulace teploty využívá buď regulaci a), nebo b). Je však řízen elektronicky pomocí ovladačů, na kterých si cestující zvolí přímo hodnotu teploty v °C. Pomocí teplotních čidel se zjišťuje skutečná teplota v interiéru, ta je následně porovnána s požadovanou teplotou v řídicí jednotce. Pokud se obě teploty liší, reguluje systém teplotu vytápění.

3.1.2.2 Nezávislý vytápěcí systém

Při vypnutém motoru lze použít přídavné vytápění, které zajišťuje vyhřívání interiéru. Utakového nezávislého topení se v hořáku spaluje benzin, nafta, topný olej, nebo zemní plyn a vzduch pro spalování se přivádí malým hořákem. To je v případě výměníku typu vzduch – vzduch. Tam, kde jsou kladeny velké nároky na teplovzdušné rozvody, se používá výměníku vzduch – kapalina, kde je nutné ještě čerpadlo kapaliny a jeden rozvod tepla i na vzdálená místa (např. v autobusech).



Obr. 3.1 Nezávislé vytápění¹⁷

¹⁷ <http://levne-topeni.kvalitne.cz/nezavisle-vytapeni-aut.php>

3.1.3 Rozvod vzduchu

Dle vyhlášky jsou určeny maximálně přípustné rozdíly teplot u hlav a nohou jednotlivých cestujících i teplotní rozdíly na jednotlivých sedadlech, rozvody vzduchu musí být konstruovány tak, aby všechny tyto podmínky splňovaly. Pro rozvod teplého a studeného vzduchu je většinou užito stejného vedení.

Rozvod musí být snadno ovladatelný a regulovatelný nejméně ve dvou stupních z místa řidiče, který je upoután bezpečnostním pásem (*viz. kap. 2.2.1*). Rozváděcí systém musí umožnit regulaci množství vzduchu nejen na dva hlavní proudy, na okna a na nohy řidiče, ale také na boční okna dveří, přičemž zde musí být možnost usměrnit celkové množství vzduchu jen na čelní sklo. Dlouhá dráha proudu vzduchu expandujícím z výdechu po vnitřním povrchu čelního okna způsobuje pokles rychlosti a teploty tohoto proudu. Pro optimální využití teplého vzduchu je potřeba dosáhnout výstupní rychlosti proudu okolo 10 m/s. Navíc musí být zabráněno přisávání vnějšího chladného vzduchu.



Obr. 3.2 Výdechy ventilace Mercedes – Benz třídy R¹⁸

3.1.4 Klimatizace¹⁹

Udržení teplotního optima ve vozidle při vnějších teplotách nižších, než 18 °C je zajišťován běžným vytápěcím a větracím systémem. Při vyšších teplotách než 23 °C, nebo vlhkosti vzduchu vyšší jak 70 %, je dosahováno vhodného mikroklima jen ochlazováním, popř. odvlhčením vzduchu, což je podmíněno instalací klimatizačního systému.

Na klimatizační systém vozidel jsou kladeny určité požadavky:

- rychle zahřát nebo ochladit vzduch v prostoru pro cestující na příjemnou teplotu;
- udržovat příjemnou teplotu za jakéhokoliv počasí;

¹⁸ <http://www.auto.cz/mercedes-benz-tridy-r-prvni-informace-a-fotografie-15962/foto?foto=8>

¹⁹ Vlk F.:Elektronické systémy motorových vozidel 2 s. 450-454

- pro každého cestujícího vytvářet příjemné proudění a teplotu vzduchu;
- zlepšovat kvalitu vzduchu;
- snadnost obsluhy, ohleduplnost k životnímu prostředí.

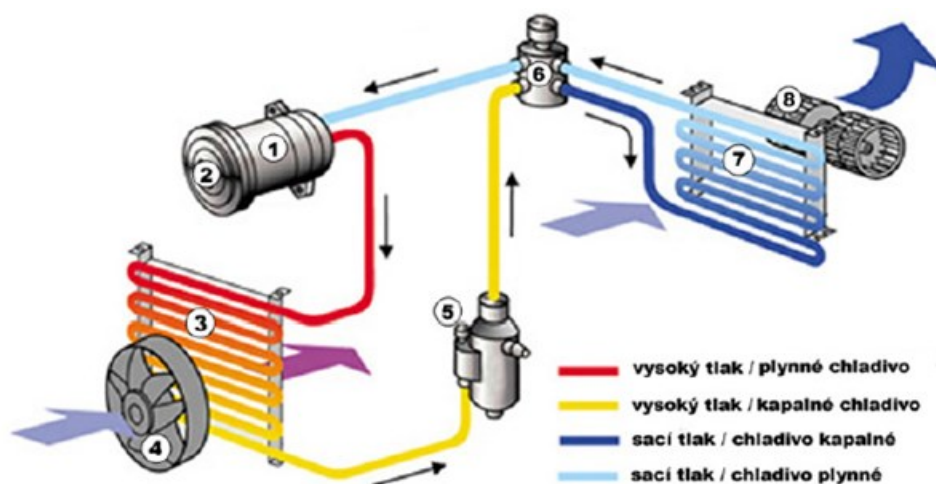
Rozlišujeme tři druhy klimatizačních soustav:

- **ručně ovládaná (manuální) klimatizace** – teplota, rozdělení a množství vzduchu se nastavují příslušnými ovladači ručně;
- **teplotně regulovaná klimatizace** – zvolená teplota vnitřního prostoru je udržována konstantní, je však možno ručně nastavovat rozdělení a množství vzduchu;
- **plně automatická klimatizace** – předvolená teplota ve vnitřním prostoru je neustále kontrolována několika teplotními čidly a udržována konstantní. Rozdělení a množství vzduchu je regulováno samočinně, plně automaticky tak, aby docházelo k optimálnímu rozdělení teploty v celém interiéru např. prostor hlavy 23 °C, prostor hrudníku 24 °C, prostor nohou 28 °C.

Klimatizační soustava se skládá ze tří hlavních částí:

- okruh vzduchu, tj. přívod a rozvod vzduchu s ohřevem a ventilátorem;
- okruh chladiva s kompresorem, výparníkem a kondenzátorem;
- systém regulace teploty.

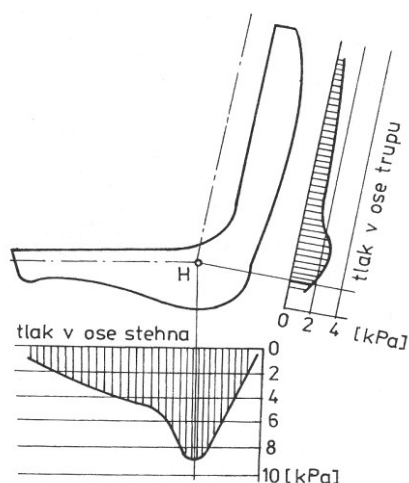
Kompresor (*obr. 3.3, poz. 1*) nasává z nízkotlaké části plynný chladicí prostředek. Chladicí prostředek je kompresorem stlačován a vháněn do vysokotlaké větve klimatizačního systému. Jeho teplota se díky nárůstu tlaku zvýšila. Nyní chladicí prostředek prochází kondenzátorem (**3**), kde předává část získané tepelné energie okolnímu vzduchu. Přitom dojde ke zkapalnění chladicího prostředku. Dále chladicí prostředek v kapalném stavu, pod vysokým tlakem a s nižší teplotou prochází přes vysokotlaký spínač a nádobku s vysoušečem (**5**) k expanznímu ventilu (**6**). Expanzní ventil vstříkne ochlazené médium do výparníku (**7**), kde se odpaří a vstupujícímu čerstvému vzduchu odebere potřebné výparné teplo a ten je dál vháněn do kabiny. Chlazenému vzduchu se odebere původní vlhkost jako kondenzační voda a vzduch se vysuší. Chladicí prostředek je z výparníku nasáván kompresorem a tím se celý klimatizační oběh uzavírá.



Obr. 3.3 Soustava klimatizace²⁰ 1 – kompresor, 2 – elektromagnetická spojka, 3 – kondenzátor, 4 – přídatný ventilátor, 5 – vysokotlaký spínač a nádobka na kapalinu s vysoušečem, 6 – expanzní ventil, 7 – výparník, 8 – ventilátor výparníku

3.2 Sedění

Sedadlo podpírá tělo řidiče ve značné ploše a nese převážnou většinu jeho tíhy. Sedák přenáší 64 – 72 %, opěradlo 4 – 16 % a zbytek, tj. 15 – 22% tíhy se přenáší chodidly na pedály a podlahu vozidla. Sedadla musí splňovat především anatomické požadavky (tvarování, měrné tlaky), fyziologické (teplota, prodyšnost), přenosové (útlum vibrací) a pevnostní. Měla by též mít boční vedení, které je důležité nejen v zatáčkách, ale hlavně při bočním nárazu a měla by být doplněna opěrkami hlavy. Důležité je dodržení optimálních tlaků (**obr. 4.4**), neboť lidské tělo je uzpůsobeno k sezení na malé ploše pod sedacími výběžky pánevní kosti. Podepření v podkolení části stehen by proto mělo být mnohem menší. Důležité je i tvarování opěradla vzhledem k dodržení přirozeného zakřivení páteře (tzv. lordóza).



Obr. 3.4 Doporučené průběhy tlaků na automobilovém sedadle²¹

²⁰ <http://www.autoklima-brno.cz/index.php?p=2>

Další vlastností důležitou pro pohodlné sedadlo je jejich fyziologické působení zejména při extrémních podmínkách (prochlazení sedadla v mrazech před jízdou, citelné pocení v létě), které je závislé hlavně na potahovaném materiálu sedadla a v menší míře také na polstrování. Prodyšnost sedadla výrazně ovlivňuje pohodu všech cestujících a v případě řidiče má přímý vliv na aktivní bezpečnost jízdy. Volba potahového materiálu tak nezávisí pouze na jeho snadné údržbě a odolnosti proti jeho poškození dlouhodobým užíváním, ale také na prodyšnosti. To jsou však dvě různé kategorie, které si vzájemně odporují, protože dobře prodyšný materiál je současně lehce náchylný na oděr a naopak odolný materiál jako například koženky, nejsou prodyšné prakticky vůbec. Tento problém někteří výrobci řeší ventilováním sedadel, které již není pouze výsadou luxusních limuzín. Stejně tak k pohodlí cestujících může sloužit vyhřívání sedadel. To platí hlavně v zimních měsících. Nejen, že zvyšuje komfort jízdy, ale je také zdraví prospěšné, neboť dlouhodobé sedění na studeném sedadle může vést k ledvinovým potížím. A v neposlední řadě nesmíme zapomenout ani na elektrické seřizování sedadel s možností ukládání jejich poloh pro několik různých řidičů a také na možnost dovybavit sedadla moderních vozů masážní funkcí. Ta pomáhá řidiči relaxovat i na dlouhých cestách, stimuluje jeho krevní oběh a snižuje jeho únavu.

4 Pozorovací bezpečnost, zajištění bezpečného vnímání²²

Pro bezpečné vnímání řidiče je nejdůležitější jeho výhled z vozidla. To by měla zajistit velká okna a zrcátka, v lepším případě vyhřívání. Jízdní dráhu musí při zhoršených světelných podmínkách dobře osvětlovat světlomety. Stejně tak dobrému vnímání pomáhá vnitřní osvětlení automobilu, které zvyšuje kontrast mezi vozovkou a interiérem a také je tím usnadněna obsluha ovládacích prvků uvnitř. Zaclonitelné zpětné zrcátko je také nedílnou součástí pozorovací bezpečnosti. A v neposlední řadě nesmíme opomenout akustická výstražná zařízení a barvu karoserie.

4.1 Výhled z vozidla

Nejdůležitější informace, které člověk při řízení vozidla potřebuje, jsou ty optické. V zásadě je nutné se řídit pravidlem vidět a být viděn a také neoslňovat a nebyť oslňován. Koncepce výhledu z vozidla je tak dána základní fyziologií lidského vidění. Na výrobce jsou tak kladeny protichůdné požadavky, na jedné straně zaručení co nejlepšího výhledu, na straně druhé vysoká pasivní bezpečnost a tuhost karoserie dosažená dostatečným dimenzováním sloupků.

4.1.1 Základní vlastnosti lidského vidění

Vidění je rozlišeno třemi oblastmi:

²¹ Vlk F.: Stavba motorových vozidel, s.239

²² Vlk F.: Stavba motorových vozidel

- zorné pole - prostor viditeľný pri klidnom pohľadu vpred jedným okom (oko ani hlava sa nepohybujú);
- pohľadové pole - oblasť viditeľná pri klidnej hlave a pohybujúcich sa oči;
- rozhľadové pole – zahŕňa navyše pohyb hlavy.

Pro zajištění pole výhledu je nutné vědět polohu očí řidiče ve vozidle. Pole rozptylu polohy očí má přibližný tvar elipsy a je dán předpisem SAE J 941d. Výhled z vozidla do všech směrů určuje vzájemná poloha řidičových očí a neprůhledných částí vozidla.

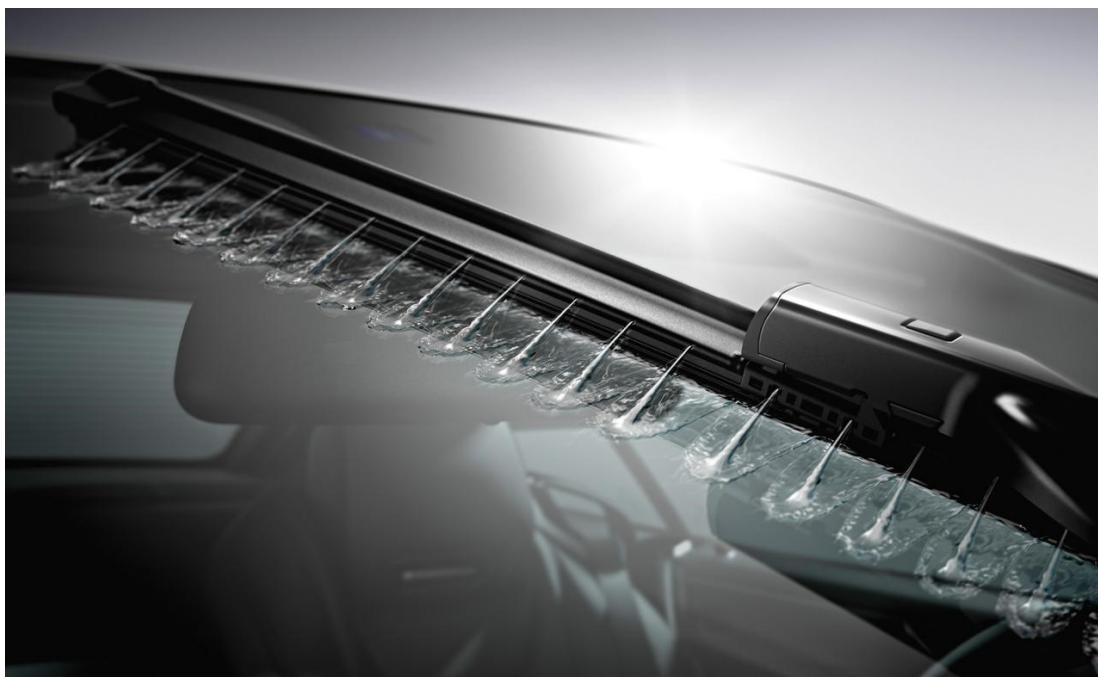
4.1.2 Zajištění stálého výhledu

Moderní automobily mají velká čelní a zadní skla, která zajišťují dobrý výhled. Bez ohledu na povětrnostní podmínky je však nutné zabezpečit dobrý výhled stále. To však klade velké nároky na zařízení pro stírání, odmrazování a odmlžování skel.

Nároky na velikosti stírané plochy jsou dány vyhláškou. Ta definuje tzv. velkou vztažnou plochu průhledu čelním sklem, ze které musí být stíráno 75% plochy a tzv. malou vztažnou plochu, ze které musí být stíráno nejméně 99% plochy jedním stěračem. Tyto podmínky musí stěrač zajišťovat i za vysokých rychlostí a silném bočním větru. Tyto požadavky vynutily velké stěrače na straně jedné, ale na druhou stranu musí být raménka stěračů a stíratka správně aerodynamicky navrženy tak, aby vztlakové síly působící na stěrač, byly co nejmenší. Z toho důvodu je vhodnější umístit otočný bod raménka ke karoserii blízko středu čelního skla, rameno stěrače leží po proudu vzduchu. O pohon stěračů se stará elektromotor. Ten zajišťuje jejich samočinný doběh, je více rychlostní a vybaven cyklovačem. Dále je vybaven tepelnou pojistkou, která motor vypne v případě zablokování stíratek (přimrznutím ke sklu apod.)

Neoddělitelným doplňkem stěračů jsou ostříkovače. Elektrické čerpadlo čerpá kapalinu z nádobky na kapalinu přes systém trubiček až do dýzy a na sklo. Aby obsluha ostříkovačů řidiče zbytečně nerozptylovala, jsou současně v činnosti stěrače, které tak stírací plochu vyčistí.

S integrací stěračů a ostříkovačů v jeden celek přišel před časem Mercedes-Benz se systémem marketingově označeným jako Magic Vision Control²³ (*obr. 4.1*).



Obr. 4.1 *Stěrače s ostřikovači Magic Vision Control²³*

Ostřikovače jsou zabudovány přímo do raménka stěračů a tak toto řešení umožňuje účinněji čistit sklo a zamezuje vystříknutí kapaliny na posádku, když je střecha u kabrioletu zatažená. Jedná se vlastně o adaptivní systém stěračů a ostřikovačů, v němž jsou oba dosud oddělené systémy pro udržování čistého čelního okna vzájemně sloučeny do jednoditého celku. Mercedes-Benz slibuje, že v praxi bude okno čisté za jakýchkoli podmínek, aniž by cestující během stírání vnímali ostřikování okna proudem čisticí kapaliny, který obvykle omezí na krátkou dobu výhled řidiče. Stírací lišta má z obou stran po celé své délce miniaturní výstupní otvory, a těmito otvory je čisticí kapalina přiváděna přímo před stírací lištu. Další zvláštností systému je fakt, že ostřikování okna probíhá v závislosti na směru pohybu stírače. Automobil má k dispozici tři ostřikovací programy, které jsou uzpůsobeny nejen pro letní a zimní provoz, ale i pro jízdu se složenou střechou u kabrioletů. Např. v létě stačí k odstranění malé vrstvy prachu jen malé množství čisticí kapaliny, zatímco zimní nečistoty obsahující posypovou sůl nejlépe odstraní až větší množství ostřikovací kapaliny. Parametrem pro určování množství vody ovšem není pouze roční období. Řídící jednotka registruje i vnější teplotu vzduchu, rychlosti jízdy a příslušné jízdní situace. Pokud bude v létě okno hodně znečištěné, pak elektronika této skutečnosti zcela automaticky přizpůsobí i objem použité čisticí kapaliny. Efektivnější čištění čelního okna přineslo snížení spotřeby kapaliny do ostřikovačů přibližně na polovinu. Pro chladnější oblasti může být ostřikovací systém kompletně vyhříván, vedení ve stíračích, hadičky i nádobka ostřikovače. První dvě části jsou vyhřívány elektricky, poslední tedy nádobka využívá teplo chladicí kapaliny motoru.

²³<http://www.autorevue.cz/magic-vision-control-inteligentni-stirace>

Za zhoršených podmínek a nízké viditelnosti se rapidně snižuje délka dosvitu v případě, že jsou světlometry znečištěny. A tak, stejně jako skla, mohou být i světlometry vybaveny ostřikovači, popřípadě v kombinaci se stěrači.

Nemalou roli na dobrém výhledu hraje i čelní sklo. Čelní sklo musí být dokonalé hladké, aby se zamezilo lomu světla a nežádoucím reflexům při jízdě v noci. Dále jeho vlastnosti závisí na jeho sklonu, tloušťce, barvě, zatmavení a také na vlastnosti fólií a lepidel, ze kterých jsou složená.

Výhled dozadu zajišťují vnější a vnitřní zpětná zrcátka. Ta vnitřní jsou konstruována tak, aby bylo možné jejich zatmívání při jízdě v noci a nedocházelo k oslnění řidiče vozidlem, které jede za ním. Poslední dobou se stává standardem automatické zatmívání zrcátka pomocí čidel reagujícím na světlo. Vnější zrcátka lze ovládat buď ručně, nebo elektricky. Mohou být vybavena vyhříváním, což zamezuje jejich orosení, či pokrytí námrazou. Na řidičově straně je zrcátko dělené, asférické. Asi dvě třetiny jeho délky je plochá a zbylá část má proměnný rádius. To má za následek zvětšení pole výhledu a eliminaci tzv. slepého úhlu. Zrcátko na straně spolujezdce je sférické.

4.1.3 Systémy pro zmenšení slepého úhlu

Slepý (“mrtvý“) úhel, je úhel, ve kterém není vidět míjející vozidlo a který musí být snížen na nejmenší možnou míru. Dobrým příkladem je třeba připojování se na dálnici, kdy se člověk musí soustředit na situaci před sebou ale také sledovat vozy vedle sebe a za sebou. Jak již bylo popsáno výše, k jeho eliminaci slouží asférické zrcátko. To však většinou není dostatečným řešením. Dále se nabízí dodatečná montáž asférického zrcátka na plochu originálního zrcátka. To však snižuje celkovou použitelnou plochu zrcátka. A tak výrobci vyvíjejí systémy, které by na případné vozidlo v oblasti mrtvého úhlu řidiče upozornily. Různí výrobci k řešení tohoto problému přistupují jinak. Systémy pro zmenšení mrtvého úhlu mají následující označení:

Zkratka	Celé označení
BSD	Blind Spot Detection
BLIS	Blind Spot Information Support
LCA	Lane Change Assist
LDA	Lane Departure Avoidance
LRM	Lateral Change Monitoring Assist
HMI	Human Machine Interaction
SIV	Side Impact Warning
TA	Turining Assist
ASA	Abbiege und Spurwechsel Assistent
CWA	Collision Warning System
CAS	Collision Avoidance System

Tab. 4.2 Různá označení pro systém na zmenšení slepého úhlu²⁴

Z pravidla se nejčastěji používají dva způsoby vykrytí slepého úhlu:

Automobilka Volvo to řeší instalací kamer na každém zpětném zrcátku, které monitorují prostor podél a za vozidlem. Pokud se v tohoto prostoru objeví jiné vozidlo, řidič je o tom informován příslušnou kontrolkou na zrcátku (*obr. 5.3*).



Obr. 4.3 Systém BLIS na voze Volvo²⁵

Ford poprvé uvedl podobný systém v roce 2011 s modelem Focus. Na rozdíl od řešení Volva však oblasti mrtvých úhlů pokrývají dva radarové senzory umístěné

²⁴ Vlk F.:Automobilová elektronika 1, s.61

²⁵ <http://www.pistonheads.com/tvr/default.asp?storyId=12281>

v rozích zadního nárazníku. Radar pracuje s metodou odrazu elektromagnetických vln. Pokud se řidič chystá odbočit nebo změnit jízdní pruh v okamžiku, kdy je v mrtvém úhlu jiné vozidlo, systém rozsvítí varovnou kontrolku umístěnou ve zpětném zrcátku.

Před několika měsíci si nechal profesor matematiky Dr. Andrew Hicks patentovat zrcátko, které by se bez těchto poměrně drahých systémů mohlo obejít. Jeho patent totiž řidiči zvětšuje zorné pole z původních 15 – 17° až na úhel 45° (**obr. 4.4**) Celé zrcátko je složeno z několika malých odrazových ploch, které jsou spočítány podle matematického modelu. To mu umožnilo různé natočení těchto ploch do přesně definovaných úhlů²⁶.



Obr. 4.4 Zobrazovaná oblast v zrcátku Dr. Andrew Hickse a u konvenčního zrcátka²⁶

4.1.4 Zařízení pro rozpoznání dopravních značek

Významnou novinkou posledních několika let, jsou zařízení, které jsou schopna rozpoznat dopravní značky. Tento systém řidiči zobrazuje na přístrojovém panelu, popřípadě head-up displeji rozpoznané dopravní značení. V případě překročení rychlostních limitů, nebo např. vjetí do zákazu vjezdu, je na tuto skutečnost řidič dále upozorněn pomocí zvukového znamení. Základem systému je kamera, která je umístěna poblíž vnitřního zpětného zrcátka. Kamera snímá dění před vozem a vyhledává dopravní značky porovnáním snímaného obrazu se vzory značek uložených v paměti systému. Celý systém může být zkombinován s navigací GPS a adaptivním tempomatem ACC, který rychlost vozu upravuje podle rychlostní limitů detekovaných systémem.

²⁶ <http://www.autoforum.cz/technika/diskokouli-proti-mrtvemuhlu-jiz-brzy-ve-vasem-zpetnem-zrcatku/>



Obr. 4.5 Systém Opel Eye pro rozpoznání dopravních značek²⁷

4.2 Osvětlení vozovky a vozidel

Pro dodržení pravidla vidět a být viděn je při snížené viditelnosti, nebo zhoršených klimatických podmínkách na komunikacích nejdůležitější simulovat podmínky denního režimu. K tomu slouží buď externí zdroje (veřejné osvětlení, odrazky či jiné reflexní prvky), kterými se nebudeme dále zabývat, nebo mnohem podstatnější osvětlení prostřednictvím světlometů na vozidlech.

Úkolem světelně technických zařízení na vozidle je:

- osvětlit jízdní dráhu (dálkovými, nebo tlumenými světlomety);
- zviditelnit obrysy vozidla (obrysovými a parkovacími světly, odrazkami, světly pro denní svícení);
- dát ostatním účastníkům silničního provozu najevo záměry pohybu (směrovkami, brzdovými světly);
- varovat ostatní účastníky (výstražnou funkcí směrovek, světelnou houkačkou).

Zákonné předpisy rozlišují pojmy světla, světlomety a odrazové prostředky např. odrazky

Odrazové prostředky pasivně zviditelňují obrysy vozidla

Světla by měla umožnit snadné rozpoznání vozu a signalizovat úmysly řidiče týkajících se jeho jízdy.

Světlomety slouží k osvětlení jízdní dráhy.

4.2.1 Osvětlovací prostředky

Na motorových vozidlech mohou být ve světlech a světlometech použity následující druhy světelných zdrojů:

²⁷http://auto.idnes.cz/novy-opel-bude-cist-znacky-za-vas-d4t-/automoto.aspx?c=A080624_183614

- žárovky s kovovým vláknem;
- halogenové žárovky;
- plynové výbojky;
- světelné diody LED;
- laserové.

Žárovky s kovovým vláknem mají žhavicí vlákno vyrobené z wolframu, který má bod tavení asi 3400 °C. Vlákno v žárovce může dosáhnout až teploty 3000 °C. Aby se zamezilo přepálení vlákna a dosáhlo lepšího odvodu tepla, je v baňce vytvořeno vakuum a následně je plněna malým množstvím kryptonu, nebo dusíku. Při vysokých teplotách spirály se může wolfram odpařovat. Tím zanáší banku zevnitř a snižuje světelnou účinnost. Největší nevýhodou těchto žárovek je jejich malá účinnost a tím daná vysoká energetická náročnost. Pouze asi 5% spotřebované energie emituje světlo, zbylá energie je mařena prostřednictvím vytvářeného tepla.

Halogenové žárovky obsahují plyn s halogenovými přísadami bromu a jódu. V porovnání s žárovkami s kovovým vláknem se liší vyšší teplotou žhavicího vlákna a baňky, vyšším vnitřním tlakem plynové náplně (až 4MPa) a mnohem větší světelnou účinností. Baňka žárovky má poměrně malé rozměry a je vyrobena z křemenného skla. Odpařené částice wolframu proběhnou chemickým a usazují se opět na nejteplejší místo, tedy na vlákno. Tím nedochází k zanášení baňky a snížení světelné účinnosti. Existuje více druhů těchto žárovek, v zásadě se liší počtem vláken, svítivostí a životností. U dvouvláknových je sjednocena funkce tlumených a dálkových světel do jedné baňky.

Plynové výbojky nemají žhavicí vlákno. V malé kulovité skleněné baňce naplněnou plynem se nacházejí dvě elektrody. Světlo vzniká řízeným výbojem mezi těmito elektrodami. Plynové výbojka má nevýhodu v čase potřebném k dosažení plné svítivosti. U halogenové žárovky je dosaženo plné svítivosti po 0,2 s, plynová výbojka k tomu však potřebuje cca 5 s. To je však eliminováno zvýšením proudu během rozběhové fáze výbojky. Další vlastnosti výbojek představují jen výhody oproti halogenovým žárovkám. Jsou energeticky méně náročné, vytvářejí až 2x tolik světla, barevná teplota světla odpovídá dennímu světlu, čímž přispívá k lepší koncentraci a menšímu namáhání zraku řidiče a také mají zhruba 5x delší životnost. Ve světlometech automobilů se v dnešní době setkáváme především s xenonovými výbojkami (*obr. 4.6*)



Obr. 4.6 Xenonová výbojka²⁸

Světelné diody LED (Light-Emitting Diode) fungují na principu polovodičových destiček, které přetvářejí elektrický proud přímo na světlo. Jejich výhodou je vysoká efektivita, tím dosažená nízká energetická náročnost kdy z 1 wattu vydá LED světlomet světelný tok 100 lumenů. Pro porovnání, u klasické žárovky vychází poměr 10 lumenů na jeden watt. Tím emituje malé parazitní teplo, a dalším kladem je velice dlouhá životnost. Nezanedbatelnou výhodou v porovnání s ostatními zdroji světla je také jejich libovolné barevné spektrum a malé rozměry. Díky tomu mají návrháři daleko volnější ruce při návrhu designu světlometů a automobilu jako celku. Tato technologie zažívá poslední dobou obrovský rozmach, stala se mnohem dostupnější a výkonnější. A tak se LED diody stávají stále oblíbenějšími a objevují se i v autech nižších tříd, jak můžeme vidět v případě Seatu Leon (*obr. 5.8*), který jako první zástupce segmentu nižší střední třídy využívá osvětlení sležené výhradně z LED diod.



Obr. 4.7 Hlavní světlomet složený výhradně z LED diod (Seat Leon)²⁹

Laserové světlometry³⁰ zatím žádný výrobce do sériově vyráběných aut nemontuje, zdá se však, že je to jen otázkou času. BMW intenzivně pracuje na návrhu laserových světlometů, které by chtěl do sériové podoby přivést do dvou až tří let. Tento typ světla

²⁸ www.skoda-dily.cz

²⁹ www.autoforum.cz

³⁰ www.gizmag.com, www.auto.cz, www.autoforum.cz

má velmi malou rozbíhavost a od rovnoběžné osy se odchyluje jen minimálně, a tudíž jej lze snadno zaměřit, a čím více jej zaostříte do menší stopy, tím vyšší bude energie na dopadu. Laser je zdrojem monochromatického a koherentního světla, má tedy jednu barvu, je tvořeno jedinou vlnovou délkou a jeho vlnová délka má konstantní fázový rozdíl. Výsledkem je to, že laser vyzařuje téměř paralelní paprsek s intenzitou tisíckrát větší než u běžných LED diod. Světlo laseru konstruktéři BMW upravují tak, aby bylo vhodné pro použití v silničním provozu. V každém světlometu, vytvářejí tři malé diody modré laserové paprsky široké pouhých 10 mikronů. Ty jsou zaměřeny na malá zrcadla, která je odrážejí do čočky. Uvnitř čočky je žlutý fosfor, který po aktivaci laserem vydává intenzivní bílé světlo, které se z reflektoru odráží na silnici před vozem. Výsledné osvětlení je tedy bílé světlo z čočky, ne laserové paprsky. Intenzita laserového světla tak není nebezpečná pro oči ostatních účastníků silničního provozu a zvířat. Podle automobilky má být toto světlo dokonce pro oči příjemné. Světelná účinnost laserových světel je 170 lumenů z jednoho wattu. Tím je docíleno ještě větší efektivity v porovnání s LED. Podstatným kladem je i 100x menší rozměr, ale zároveň 1000x větší intenzita světelného toku. Další předností je snadná možnost využívat automatické přepínání na různé funkce osvětlení. Laser tak může poskytnout lepší svítivost a přizpůsobivost, která povede k větší bezpečnosti aut.

Před použitím laserových hlavních světlometů v sériových vozech však musí konstruktéři vyřešit ještě několik problémů. Laserové generátory jsou totiž citlivé na teplo a vibrace. Je tedy potřeba pro ně vyvinout nový systém chlazení a uložení. Velmi podstatným problémem je také zatím příliš vysoká cena.



Obr. 4.8 Laserový světlomet představený na konceptu BMW i8³⁰

4.2.2 Druhy konstrukce reflektorů³¹

Před podrobným popisem jednotlivých konstrukcí si nejprve vysvětlíme základní pojmy, které budou v následujícím textu použity.

³¹ Gscheidle R.: Příručka pro automechanika, Škoda-Auto: Vývoj a konstrukce světlometu, Vlk F.: Automobilová elektronika 2, Vaník F.: Světlometry a elektronika světlometů

Dálkové světlo – úkolem dálkového světla je maximalizovat osvětlení vozovky při jízdě v noci. Tok jejich paprsků není nijak legislativně upraven, a proto je může dojít k oslnění ostatních účastníků provozu. Ze stejného důvodu není vhodné jejich použití vhodné při dešti, mlze či hustém sněžení, kdy může docházet ke zpětnému odrazu od kapek, či vloček a následným oslněním řidiče.

Tlumené světlo – jeho úkolem je dostatečně osvětlit jízdní dráhu tak, aby nedocházelo k oslnění protijedoucích účastníků silničního provozu. Toho je docíleno usměrněním paprsků a přizpůsobením světelného kužele. U tlumených světel je žádoucí asymetrické rozdělení světla, aby pravá strana jízdní dráhy byla osvětlena dále a silněji, než levá. Tím je zamezeno oslnění protijedoucích vozidel, ale zaručeno dostatečné osvětlení jízdní dráhy.

Mlhové světlo – zlepšují viditelnost při mlze, popřípadě sněžení či zvířeném prachu na vozovce. Nejvýhodnější umístění mlhových světel je v dolní části předního nárazníku, protože tak se eliminuje zpětná reflexe světla a okraj vozovky je lépe osvětlen. Vyhláškou je však nařízeno umístění nejméně 250 mm nad vozovkou. Jejich použití je možné pouze za zhoršených klimatických podmínek. Zadní mlhová světla jsou vybavena výkonnějším zdrojem světla s vyšší svítivostí, aby bylo možné zaregistrovat vozidlo na velkou vzdálenost i při špatném počasí.

Denní světla – nebo také světla pro denní svícení. Jejich rozkvět odstartovala povinnost celoročního svícení, kterou uzákonili skandinávské země v sedmdesátých letech minulého století a od května roku 2012 jsou povinná pro všechna vozidla prodávaná na území Evropské unie. Toto nařízení s sebou neslo povinnost svícení tlumenými světly. Denní světla tuto funkci přebírají a šetří tím spotřebu paliva, potažmo emise až o 90 %. Proto jsou dnes nejčastěji tvořeny z LED diod. Jejich funkcí je pouze snadnější identifikace vozidla v běžném provozu, a tak na ně nejsou kladeny žádné specifické požadavky. Proto se dnes můžeme setkat s různě tvarovanými denními světly, kdy o nich lze v mnoha případech hovořit jako o módním doplňku automobilu, či rozpoznávacím znamením dané automobilky. To je patrné v případě prémiových výrobců jakými jsou např. Audi, či BMW.

Dálková a tlumená světla mají dvě hlavní části:

- těleso – uchycuje reflektor s rozptylovým stínidlem, zdroj světla a nastavovací zařízení světlometu;
- reflektor – odráží a usměrňuje světlo žárovky, nebo výbojky.

V motorových vozidlech se používají tři druhy reflektorů:

- paraboloidní;
- volné reflektory;
- elipsoidní.

Paraboloidní reflektory – tvar reflektoru vzniká rotací paraboloidu kolem vlastní osy. Mají jedno ohnisko a v jeho těsné blízkosti je umístěn zdroj světla. Paprsky vedoucí z ohniska se odrážejí od reflektoru a tvoří spojitá světelný svazek. Ten je následně usměrněn v rozptylném krycím skle tak, aby vystupující světelný kužel neoslňoval protijedoucí řidiče. Pro dosažení vyššího světelného výtěžku existují modifikace tohoto světloometu složením několika částečných paraboloidních reflektorů s různou ohniskovou vzdáleností v jeden. Tyto reflektory nazýváme stupňovité (*obr. 4.9*) U nově vyráběných vozidel se paraboloidní reflektory prakticky nepoužívají.



Obr. 4.9 Stupňovitý paraboloidní reflektor (Škoda Octavia 1998)³²

Volné reflektory (free-form reflektory) – tento typ má obecnou odrazovou plochu. V podstatě se jedná o komplexně tvarovanou odrazovou plochu, která je tvořena z mnoha malých, počítačem vypočtených ploch. Těmi je dán tvar a intenzita světelného kuželu. Jednotlivé segmenty (fazety) osvětlují různé části vozovky a mají exaktně definovanou funkci: rozptylovou, shromažďovací, koncentrační apod. To umožňuje preciznější směřování světla a také vyšší účinnost světloometu, nemluvě o líbivějším modernějším vzhledu (*obr. 4.10*). V tomto provedení již není třeba docilovat rozdělení světla pomocí optických forem a u moderních vozidel se tak setkáváme s hladkým čirým krytem z materiálu polykarbonátu, případně skloviny. Světelným zdrojem mohou být jak klasické halogenové žárovky, tak plynové výbojky.

Tento typ reflektorů je znám pod dvěma obchodními označeními:

- FF - reflektor s volnými plochami;
- VF - reflektor s variabilním ohniskem.

Elipsoidní reflektory – tvar reflektoru vzniká rotací elipsy kolem vlastní osy. Na rozdíl od paraboloidního reflektoru zde existují dvě ohniska. Paprsky světla tak putují z jednoho ohniska, ve kterém je umístěn zdroj světla, reflektorem jsou odražena do clony, která způsobí ostrou hranici světlo - tma a následně ve spojce, která jej spojí do

³² www.autoalles.eu

téměř rovnoběžného pásu světla. Oproti výše popsaným reflektorům dosahují vyšší světelné účinnosti.

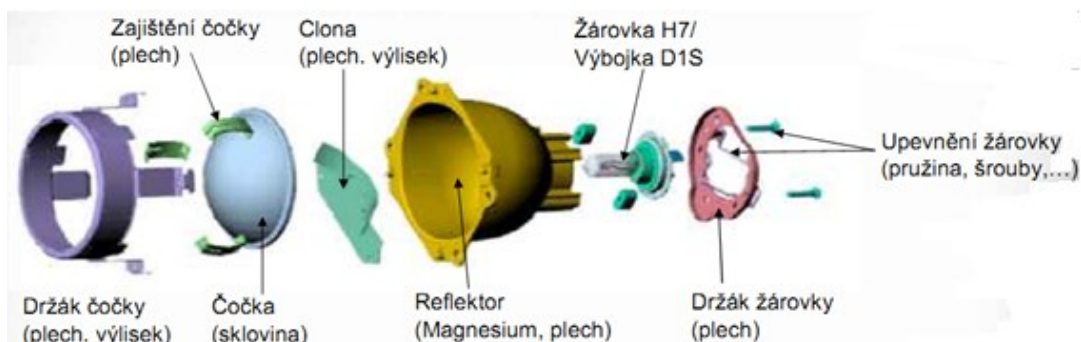
Víceosý elipsoidní reflektor (projekční optika) – v dnešní produkci běžně používané reflektory. Jeho základní tvar tvoří dvě elipsy se společným vrcholem a rozdílnými vedlejšími osami. Známe jsou pod obchodním označením DE tříosý elipsoidní reflektor, popřípadě PES – polyelipsoidní reflektor. Mezi reflektorem a spojkou (tzv. čočkou) je clonka, jejíž obrys je spojkou projektován na jízdní dráhu. Pro jeho komplikovaný tvar, je reflektor vyroben z plastu. Pomocí elektromagnetického stínítka umístěného mezi výstupní čočkou a zdrojem světla je možné tento reflektor použít jak pro tlumená, tak dálková světla. V případě nepohyblivého stínítka je pro zajištění funkce tlumených a dálkových světel užitě dvoukomorového systému (*obr. 4.11*), kdy je správná funkce světlometu docíleno kombinací více druhů reflektorů.



Obr. 4.10 Světlomet kombinující 1) projekční optiku, 2) reflektor s volnými plochami (Škoda Octavia 2001)³³

Projekční optika je uspořádána jako jeden celek. Tento celek nazýváme DE modul a rozlišujeme tři druhy:

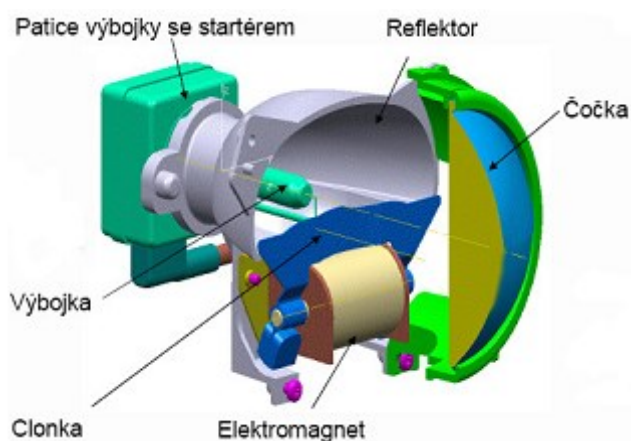
monofunkční – modul obstarává pouze jednu funkci (např. tlumená světla), (*obr. 4.11*).



Obr. 4.11 Prvky monofunkčního DE modulu³⁴

³³ www.automarg.cz

bi-funkční – pomocí elektromagneticky naklápěcí clonky může modul zastávat funkci pro tlumená i dálková světla jedním zdrojem světla. Toho je docíleno elektromagneticky natáčecí clonkou. V případě, že je clonka v pozici nahoře (*obr. 4.12*), je vystupující světelný kužel zastíněný pro tlumená světla. V dolní pozici clonky je docíleno plného svícení pro dálková světla. Bi-funkční modul tak kombinuje tlumená i dálková světla. Díky kombinaci dálkových i tlumených světel v jednom modulu je dosaženo úspory prostoru potřebného pro montáž dálkových a tlumených světlometů, delší životnosti zdroje světla a v automobilovém průmyslu jeden z nejsledovanějších faktorů, k úspoře nákladů.



Obr. 4.12 Bi-funkční modul DE modul³⁴

multifunkční modul – díky tomuto modulu dochází v posledních letech k rozmachu natáčecích a inteligentních systémů osvětlení, tzv. adaptivních světlometů (*obr. 4.13*). Celý modul je složen z několika optických jednotek, jejichž vhodnou kombinací docílíme potřebného světelného efektu v závislosti na daném jízdním režimu. Činnost celého systému je řízena pomocí elektronické jednotky, která je začleněna do elektronické datové sítě vozu, z níž v reálném čase dostává průběžné informace o úhlu natočení volantu, rychlosti jízdy, zatížení náprav vozidla, naklánění vozidla, popřípadě signálů z navigačního systému vozidla či kamer ve vnitřním zpětném zrcátku, které sledují intenzitu světla před autem. Díky těmto signálům dochází k automatickému natáčení světlometů do zatáčky, přepínáním dálkových a potkávacích světel a různým režimům osvětlení pro městský, nebo dálniční provoz, atp.

³⁴ Škoda-Auto: Vývoj a konstrukce světlometu



Obr. 4.13: Základní módy adaptivních světlometů³⁵

Adaptivní dálkové světlometry AHS³⁶

Zatím posledním příspěvkem na poli aktivní bezpečnosti v oblasti osvětlení vozidla představují adaptivní dálkové světlometry (AHS – Adaptive High-beam System) (**obr. 4.14**). Systém AHS za jízdy v noci automaticky přepíná mezi režimem potkávacích světel, dálkových světel a částečně zacloněným kuželem světel. Systém pomocí kamery umístěné v horní části čelního skla detekuje protijedoucí vozidla a automaticky aktivuje clony ve světlometech, aby částečně zastínil kužel světla v místech, kde se bude vyskytovat protijedoucí vůz. Po aktivaci zacloněného kuželu světla pak světlomet automaticky mění úhel, aby se rozsah osvětlení vozovky automaticky přizpůsoboval situaci, např. při jízdě na jednoproudé či víceproudé vozovce, resp. při průjezdu zatáčkami. Zastiňování kuželu světla systémem AHS místo přepínání mezi dálkovými a potkávacími světly dokáže zvýšit průměrnou dobu jízdy s osvětlením vozovky pomocí dálkových světel, čímž se zlepšuje viditelnost za jízdy v noci, nejen pro řidiče, ale i pro protijedoucí vozidla.

³⁵ www.opel.com.tr

³⁶ www.news.autoroad.cz



Obr. 4.14 Adaptivní dálkové světlomety AHS³⁷

4.2.3 Systémy nočního vidění³⁸

Pro aktivní bezpečnost velmi důležitým prvkem, který se rychle rozšiřuje do sériové produkce mnoha automobilek, jsou systémy nočního vidění. Tento systém má za úkol řidiče informovat při jízdě v noci a za zhoršených klimatických podmínek o překážkách mnohem dříve, než je tyto objekty schopen zaregistrovat pouhým okem. Statistiky uvádějí, že více jak 50 % všech vážných dopravních nehod se stane právě za takových podmínek. To má za následek také fakt, že jen asi v 15 procentech všech ujetých kilometrů jsou v činnosti dálková světla. V ostatních případech jsou v činnosti pouze tlumená světla, která však osvětlují prostor před vozidlem na vzdálenost 40 metrů a poskytují tak značně omezené podmínky pro vidění. Ovšem podobné statistiky mohou být ovlivněny i mnohými dalšími faktory, jako je únava řidiče, vyšší počet opilých řidičů při jízdě v noci a celkově jiné složení řidičů.

Na trhu se setkáváme se dvěma typy systémů pro noční vidění:

- NIR (near infra red, blízká infračervená oblast)
- FIR (far infra red, vzdálená infračervená oblast)

Kamery s nočním (infračerveným) viděním využívají neviditelného infračerveného světla. Světlo je druh záření o určité vlnové délce, které existuje ve spektru. Lidské oko není schopné vidět všechna spektra, ale pouze jeho část.

³⁷ www.phys.org

³⁸ Källhammer J.E.: Night Vision: Requirements and possible road map for NIR and FIR systems, www.autoliv.com, Vlček F.: Automobilová elektronika 1



Obr. 4.15 Systémy nočního vidění s detekcí chodců NIR (nahore, Mercedes-Benz třídy E), FIR (dolní obrázek, BMW řady 7)³⁹

Člověk vidí pouze modré světlo. Pod tímto světlem je spektrum ultrafialového světlo a nad ním je spektrum světla infračerveného. Toto světlo vyzařují všechny objekty, přičemž objekty s vyšší teplotou mají světlejší barvu, takže živé objekty jako chodci a zvířata jsou zobrazeny nejjasněji. Prvním vozidlem, které bylo vybaveno systémem nočního vidění (FIR) byl Cadillac DeVille modelového roku 2000. Následovala Toyota/Lexus se systémem NIR v roce 2002. V roce 2004 se přidala Honda s modelem Legend (NIR), následovaná BMW řady 7 (FIR) a Mercedesem třídou S (NIR)

NIR – speciální laserové světlomety osvětlují prostor před vozidlem infračerveným světlem. Toto světlo se odráží od objektů, silnice a osob a je snímáno infračervenou kamerou. Takto snímáný obraz je dále v procesoru upraven na černobílý obraz a znázorněn na obrazovce uvnitř vozidla. Dosah tohoto systému je 150 m. V praxi je však systém podle různých výzkumů schopen detekce chodce pouze do vzdálenosti 50 m.

FIR – U tohoto systému je využito bezkontaktní termografické metody, tzv. termovize. Ta na základě detekce infračerveného záření a použití videotechniky zviditelňuje rozložení teplot na zkoumaném povrchu. Lidský organismus i jiné předměty jsou zdrojem tepelné energie, která je vyzařována přímo na jejich povrchu. Měření pomocí

³⁹ www.adose-eu.org

termovize umožňuje získat informaci o rozložení těchto teplot. Systém FIR je vybaven termovizní kamerou, která rozpoznává vyzařované teplo objektů a osob. Dosah takového systému je až 300 m. Dle výzkumů z praxe detekuje systém FIR chodce až do vzdálenosti 150 m.

Hlavní výhodou systému NIR je jeho nižší cena v porovnání se systémem FIR. Další výhodou lze spatřit v použití hardwaru tohoto systému pro další podpůrné systémy, jako například asistent pro jízdu v pružích. Rozlišení senzorů je vysoké, je však ovlivněno oslněním od světlometů protijedoucích aut a pouličního osvětlení, popřípadě reflexními prvky na dopravních značkách apod. Infračervená kamera může být namontována na dobře chráněné místo za čelním sklem v oblasti vnitřního zpětného zrcátka. Zobrazovací rozsah je však velmi ovlivněn schopností odrážet oblečení a jednotlivé materiály infračervené paprsky.

FIR systém má mnohem lepší dosah a detekci chodců v porovnání s technologií NIR. Systém není náchylný na oslnění od protijedoucích vozidel ani pouličního osvětlení. Kamera je umístěna v předním nárazníku, což zvyšuje náchylnost na poškození a nároky na její čištění a odmrazování při nízkých teplotách. Musí tak být vybaveny ostřikovači a skleněný kryt musí být navíc vyhříván. Výsledné informace ze snímačů jsou však mnohem náročnější na výpočetní techniku pro převedení na jednoduchý černobílý obraz.

Posledním vývojovým trendem v systémech nočního vidění je systém FNIR. Jedná se v zásadě o spojení obou systémů do jednoho s cílem využití jen nejlepších vlastností obou systémů.

5 Bezpečnost jízdy

V této kategorii je kladen důraz na snížení jízdních nedostatků. V první řadě to jsou kvalitní brzdy, které musí zpomalit vozidlo s co největší razancí, aniž by došlo k zablokování kol (ABS). K bezpečné jízdě dále přispívá neutrální jízdní chování vozidla v zatáčkách, přesné řízení s lehkým chodem, správné sladění pérování a tlumení a s tím související dobré jízdní vlastnosti vozidla a v neposlední řadě také systémy zabráňující prokluzu kol (ASR, ESP).

V této kapitole si podrobněji popíšeme především moderní asistenční systémy regulace a řízení podvozku, které zvyšují aktivní bezpečnost vozidla bez zásahu řidiče. Mezi takové systémy například patří:

- protiblokovací systém ABS;
- protiprokluzový systém ASR;
- elektronický stabilizační program ESP;
- brzdové asistenční systémy;
- systémy pro udržení vozidla v jízdních pružích.

5.1 Jízdní dynamika vozidel

Dříve, než si popíšeme funkci a současný stav jednotlivých prvků aktivní bezpečnosti mající vliv na bezpečnost jízdy, je třeba si nejprve vysvětlit základní pojmy v oblasti jízdní dynamiky vozidel, na kterých jsou všechny tyto prvky založeny.

5.1.1 Přenos sil mezi pneumatikou a vozovkou⁴⁰, skluz, smyk a adheze

Brzdná síla – síla vyvozená brzdovou soustavou vozidla, jež působí na obvodu brzděných kol ve stopě kol mezi pneumatikou a vozovkou v podélném směru pohybu vozidla. Zajišťuje zpomalení nebo ustálení vozidla na určité rychlosti při pohybu ze svahu či jeho úplné zastavení.

Hnací síla – síla působící ve stopě kola v podélném směru pohybu vozidla v opačném smyslu než brzdná síla. Zajišťuje pohyb vozidla.

Boční vodící síla – síla působící ve stopě kola v příčném směru k pohybu vozidla (tj. ve vodorovné rovině vozovky kolmá k brzdné či hnací síle), generovaná vlivem odstředivé síly, která působí na vozidlo např. při průjezdu zatáčkou.

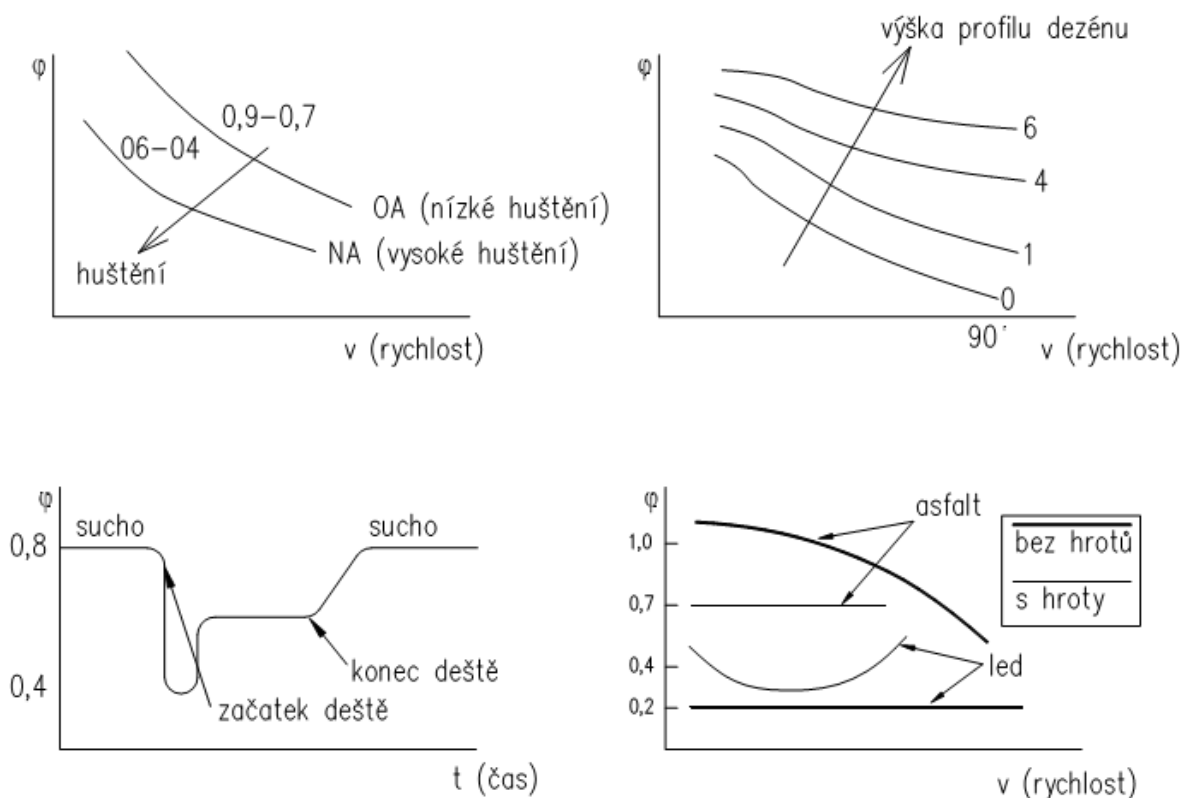
Adhezní síla A_D - maximální tečná síla, kterou lze přenést ve stopě kol s vozovkou při daném zatížení a určitém technickém stavu povrchu vozovky, pneumatiky a jejich vlastnostech. Adhezní síla je dána vztahem $A_D = G_{AD} \cdot \varphi$

Adhezní tíha G_{AD} - tíha připadající na kola vozidla, jež působí na vozovku a zahrnuje aktuální stav vozidla (např. dynamické klonění či klopení, geometrické parametry vozovky, atd.). Závisí tedy na okamžitých provozních podmínkách.

Součinitel adheze φ ⁴¹ - poměr adhezní síly k adhezní tíze při daných provozních podmínkách. Je to charakteristická veličina pro styk pneumatiky s daným druhem a stavem povrchu vozovky. Je dán vztahem $\varphi = \frac{A_D}{G_{AD}}$. Součinitel adheze ovlivňuje především materiál pneumatiky, výška a tvar vzorku běhounu a vlastnosti povrchu vozovky a rychlosti jízdy.

⁴⁰ Panáček V. : Zkoušení vozidel str. 10

⁴¹ Součinitel adheze se v literatuře část označuje také jako μ , či f



Obr. 5.1 Závislost součinitele adheze na různých faktorech⁴²

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty součinitele adheze φ pro různé povrchy.

Povrch vozovky		μ	Povrch vozovky		μ
beton	suchý	0,8 - 1,0	polní cesta	suchý	0,4 - 0,6
	mokrý	0,5 - 0,8		mokrý	0,3 - 0,4
asfalt	suchý	0,6 - 0,9	tráva	suchý	0,4 - 0,6
	mokrý	0,3 - 0,8		mokrý	0,2 - 0,5
dlažba	suchý	0,6 - 0,9	ujetý sníh		0,2 - 0,4
	mokrý	0,3 - 0,5			
makadam	suchý	0,6 - 0,8	náledí	- 0°C	0,05 - 0,1
				- 10°C	0,08 - 0,15
				- 20°C	0,15 - 0,20

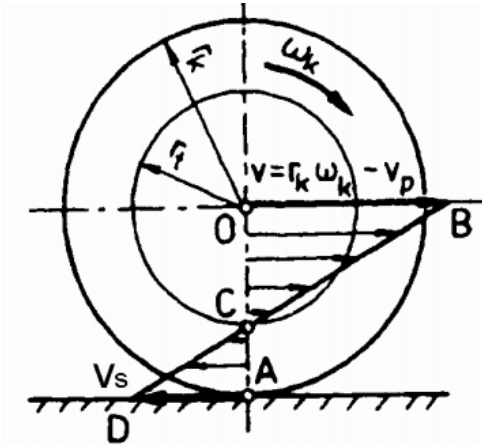
Tab. 5.2 Součinitel adheze na různém povrchu⁴³

V ideálním případě by při valení kola po vozovce nedocházelo ve stykové ploše mezi pneumatikou a vozovkou ke vzájemnému pohybu. Obvodová rychlost v pólu relativního pohybu by tak byla stejná, jako rychlost vozidla. V reálném provozu se však kola ideálně neodvalují a mezi kolem a vozovkou dochází ke skluzu.

⁴² TUL: Katedra vozidel a motorů: Jízdní ústrojí

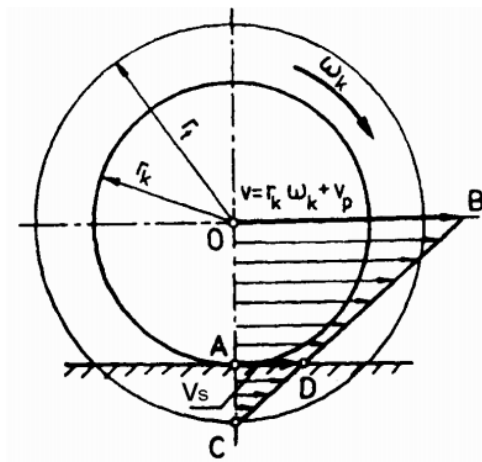
⁴³ Bradáč: Soudní inženýrství, s. 357

prokluzování kola – k prokluzování kola dochází v případě, kdy je obvodová rychlost kola větší, než rychlost jeho postupného pohybu. Při odvalování dochází k relativnímu pohybu mezi pneumatikou a vozovkou ke vzniku skluzové rychlosti v_s . Pól relativního pohybu C leží nad rovinou vozovky (*obr. 5.3*).



Obr. 5.3 Prokluzování kola⁴⁴

smýkání kola – ke smýkání kola dochází v případě, kdy je obvodová rychlost kola menší, než rychlost jeho postupného pohybu. Při odvalování dochází k relativnímu pohybu mezi pneumatikou a vozovkou ke vzniku skluzové rychlosti v_s . Pól relativního pohybu C leží pod rovinou vozovky (*obr. 5.4*).



Obr. 5.4 Smýkání kola⁴⁴

5.1.2 Stabilita jízdy vozidla⁴⁵

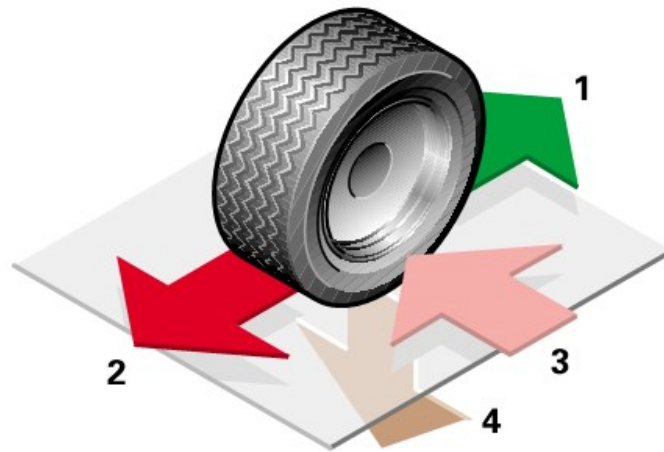
Jízdní stabilita a dobrá ovladatelnost vozidla je jedním ze základních kamenů aktivní bezpečnosti vozidel. Základní podmínkou stability jízdy je dostatečná adheze

⁴⁴ Sztwiertnia Č.: Stabilita vozidla při jízdě v zatáčce

⁴⁵ TUL: Katedra vozidel a motorů: Jízdní ústrojí, Škoda –Auto – Příručka ESP,

mezi kolem a vozovkou. Ztráta stability vozidla bývá nejčastější příčinou vzniku většiny dopravních nehod.

Pro stabilitu jízdy jsou kromě adheze rozhodující i síly mezi kolem a vozovkou. Základní síly jsou popsány na následujícím obrázku.

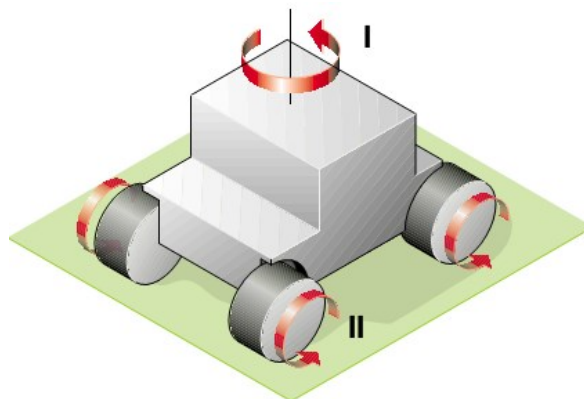


Obr. 5.5 Síly působící ve stopě pneumatiky⁴⁶

1 - hnací síla, 2 - brzdná síla, 3 - boční síla, 4 - tíha

Kromě toho na vozidlo ještě působí:

- momenty, které mají tendenci vozidlem otáčet kolem svislé, příčné i podélné osy; např. rotační moment setrvačnosti **I**;
- momenty setrvačnosti kol **II**, které se snaží udržet vozidlo ve stávajícím směru;
- další síly, jako např. odpor vzduchu, boční vítr, odstředivá síla.

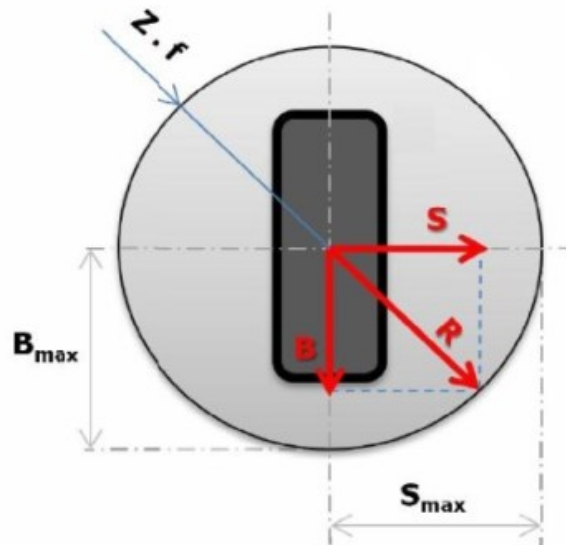


Obr. 5.6: Momenty působící na vozidlo⁴⁶

Ke znázornění okamžitých adhezních vlastností lze využít takzvaná Kammova kružnice, jejíž průměr je úměrný mezi přilnavostí pneumatiky k vozovce (čím lepší adheze, tím větší průměr kružnice). Kammova kružnice (**obr. 5.7**) ohraničuje oblast stability jednotlivého kola vozidla od sil v podélném (brzdící nebo hnací) B, bočním směru (setrvačná v zatáčce, od bočního větru nebo od příčného sklonu) S. Jedná se

⁴⁶ Škoda –Auto – Příručka ESP

o síly mezi kolem a vozovkou ve vodorovné rovině, které se při současném působení skládají. V reálu však mají pneumatiky větší přilnavost v podélném směru, takže skutečná Kammova kružnice má spíše tvar elipsy.



Obr. 5.7 Kammova kružnice přilnavosti⁴⁷

Pokud je brzdná síla B rovna maximální přenesené síle R , pak musí být podle horního obrázku boční síla S rovna nule. V tom případě má kolo nulové boční vedení. Je-li brzdná síla B dokonce větší než maximální možná brzdná síla B_{\max} , pak dochází k zablokování kola a pneumatika se dostává do smyku. Jsou-li kola řídící nápravy ve smyku bez bočního vedení, vozidlo se stává neovladatelné. Pokud je přilnavost v obou směrech stejná, pak výslednice sil $R = \sqrt{B^2 + S^2} \leq Z \cdot f$, kde B je brzdná síla kola, S boční síla kola, Z radiální reakce kola a f součinitel adheze.

Směrová stabilita je schopnost udržet stanovený směr pohybu vozidla daný řízením a požadavkem řidiče a to i při působení vnějších sil, či momentů.

Směrová stabilitu dále charakterizují vlivy chování vozidla při průjezdu zatáčkou, kdy se může vozidlo projevovat jako *neutrální*, *nedotáčivé*, nebo *přetáčivé*. Na chování vozidla má vliv zatížení vozidla a s ním spojená poloha těžiště vozidla, nahuštění a boční tuhost pneumatik, nebo změna hnací síly vozidla v zatáčce.

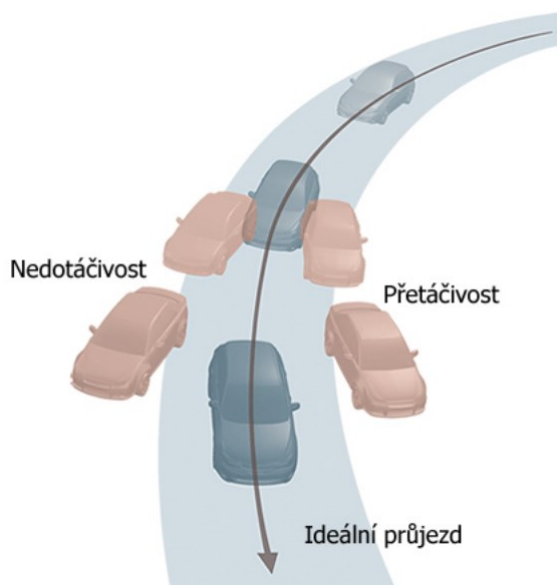
neutrální chování - vozidlo se chová v zatáčce tak, jak je řízeno a jak požaduje a očekává řidič. Automobil je konstruován tak, aby se při rovnoměrné jízdě a s předepsaným zatížením choval stabilně, tedy neutrálně.

nedotáčivé chování – vozidlo zatáčí méně, než je řízeno. Osa vozidla při průjezdu zatáčkou opisuje oblouk s větším poloměrem, než má zatáčka a vozidlo tak má tendenci jet po tečně oblouku. Přímoou příčinou nedotáčivosti je ztráta adheze přední na přední

⁴⁷ www.autolexicon.net, Vlk: Dynamika motorových vozidel, s. 129

nápravě. K nedotáčivému smyku většinou dojde při kombinaci zatáčení vozu a změně momentu působícího na přední kola.

přetáčivé chování - vozidlo zatáčí více, než je řízeno. Osa vozidla při průjezdu zatáčkou opisuje oblouk s menším poloměrem, než má zatáčka a vozidlo tak má tendenci opustit stopu po tečně v místě ztráty adheze a otáčet se kolem vlastní osy. Přímoou příčinou přetáčivosti je ztráta adheze na zadní nápravě.



Obr. 5.8 Neutrální chování, nedotáčivost, přetáčivost⁴⁸

5.1.3 Brzdy, brzdění⁴⁹

Brzdy slouží v motorovém vozidle ke zpomalování, přibrzdňování až do zastavení a zajišťování proti rozjetí.

Podle účelu lze u osobních vozidel rozdělit čtyři základní typy brzdění: provozní, nouzové, parkovací, odlehčovací.

Provozní brzdění, někdy též nazývané jako nožní, musí umožnit výbornou ovladatelnost při zpomalování nebo zastavení vozidla a to při jakémkoliv zatížení vozidla, rychlosti, součiniteli adheze či sklonu vozovky.

Nouzové brzdění by mělo splňovat úkoly provozního brzdění a zajistit zastavení vozidla v případě poruchy provozního brzdění.

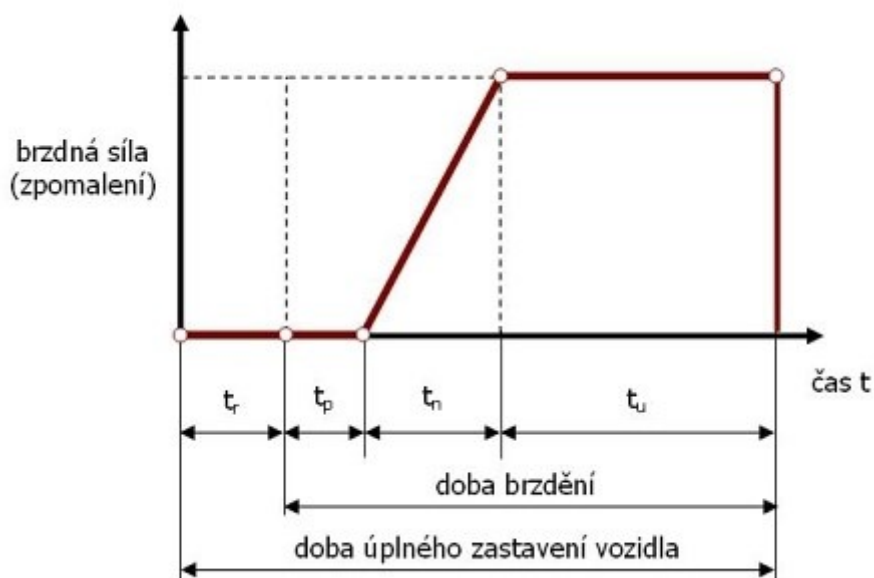
Parkovací brzdění, někdy též nazývané jako ruční, musí zajistit udržení vozidla ve svahu a zamezit jeho rozjetí.

Odlehčovací brzdění slouží k omezení rychlosti vozidla, popřípadě udržení této rychlosti na předepsané hodnotě při sjíždění z kopce.

⁴⁸ <http://www.subaru.cz/VDC.html>

⁴⁹ Gscheidle: Příručka pro automechanika, s. 478, Vlk: Dynamika motorových vozidel, s. 120-121, Vlk: Automobilová technická příručka, s. 11

Celý časový průběh brzdění (*obr. 5.9*) je složen z několika fází. První fáze je dána reakční dobou t_r , ve kterém se projevuje řidičova reakční doba od zpozorování překážky a čas potřebný pro přemístění nohy a vyvození dostatečného tlaku na pedál brzdy. Druhou fází je doba t_p od okamžiku, kdy řidič působí plnou silou na pedál brzdy po moment, kdy se začne projevovat účinek brzdění. Dobu t_p nazýváme dobou prodlevy brzd. V této fázi také dochází k překonání vůlí v uložení kloubů a ložisek a dosednutí brzdného obložení na třecí segmenty brzdového mechanismu. Do této fáze jede vozidlo při zanedbání jízdních odporů stále stejnou rychlostí, jako na počátku brzdění. Poslední fází, která předchází plnému brzdnému účinku, se nazývá doba náběhu brzd t_n . Tato doba uplyne od okamžiku působení brzdného účinku po moment, kdy dosáhne maximálního brzdného účinku.



Obr. 5.9 Časový průběh brzdění⁵⁰

Brzdná dráha vozidla je definovaná jako vzdálenost, na které se jedoucí vozidlo s určitou rychlostí úplně zastaví. Brzdná dráha se skládá ze dvou faktorů, z reakční dráhy, a vlastní brzdné dráhy. Reakční dráha je přímo závislá na osobnosti a zkušenosti řidiče. Záleží totiž pouze na něm, jak rychle dokáže rozeznat kritickou situaci, vyhodnotit ji a začít brzdit. Přímou úměrnou rychlosti řidičovy reakce je reakční brzdná dráha.

5.2 Protiblokovací systém ABS⁵¹

Jak již název napovídá, systém ABS (Anti-lock Brake System) zabraňuje zablokování kol při brzdění a tím ztráty adheze mezi kolem a vozovkou. ABS bylo vynalezeno v roce 1929 původně pro letadla. Jedná se o nejstarší a nejúspěšnější

⁵⁰ <http://cs.autolexicon.net/articles/brzdna-draha/>

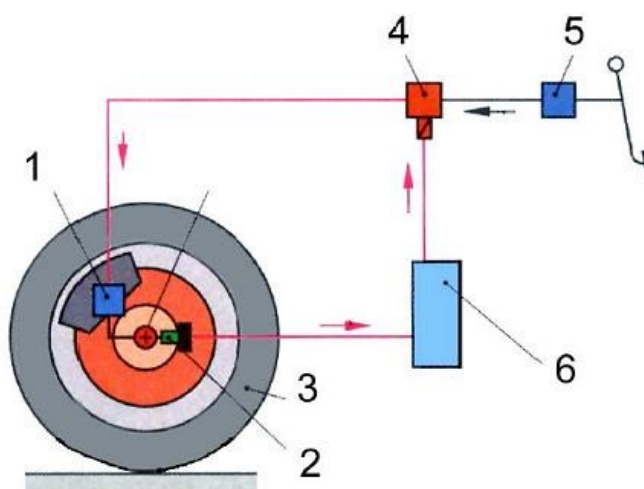
⁵¹ Gscheidle R.: Příručka pro automechanika, Just-Auto: Active and Passive safety systems intelligence services, Vlk F.: Elektronické systémy motorových vozidel

elektronický systém zlepšující aktivní bezpečnost, který byl kdy do aut montován.

Prvním vozem, který mohl být na přání tímto systémem vybaven, byl Mercedes-Benz S v roce 1978. K zablokování kol může docházet převážně v kritických situacích, kdy řidič vyvozuje nožní silou co možná nejvyšší tlak na brzdový pedál ve snaze nejkratší brzdné vzdálenosti. Při zablokovaných kolech auto ztrácí směrovou stabilitu a stává se tak v podstatě neovladatelným a neřiditelným. Může se tak dostat do smyku nebo sjet z jízdní dráhy. V těchto situacích začne fungovat ABS, které zabrání blokování kol a zabezpečuje tak říditelnost vozidla a snižuje riziko smyku. U posledních generací ABS už prakticky nedochází k prodloužení brzdné dráhy za dobrých adhezních podmínek, tak jak tomu docházelo u prvních generací. Za snížených adhezních podmínek je pak brzdná dráha s ABS vždy kratší.

Na *obr. 5.10* je schéma regulačního obvodu ABS pro jedno kolo. Regulační obvod se skládá ze tří základních prvků:

- čidla upevněného na kole snímající okamžitou rychlost otáčení kola;
- elektronické řídicí jednotky;
- akční člen (regulační elektromagnetický ventil), který v závislosti na; elektronických signálech mění tlak v brzdovém okruhu a mění brzdný moment kola.



Obr. 5.10: Schéma regulačního obvodu protiblokovacího zařízení⁵²: 1 – brzdový váleček; 2 – snímač; 3 – pneumatika; 4 – magnetický ventil; 5 – hlavní váleček; 6 – elektronická řídicí jednotka.

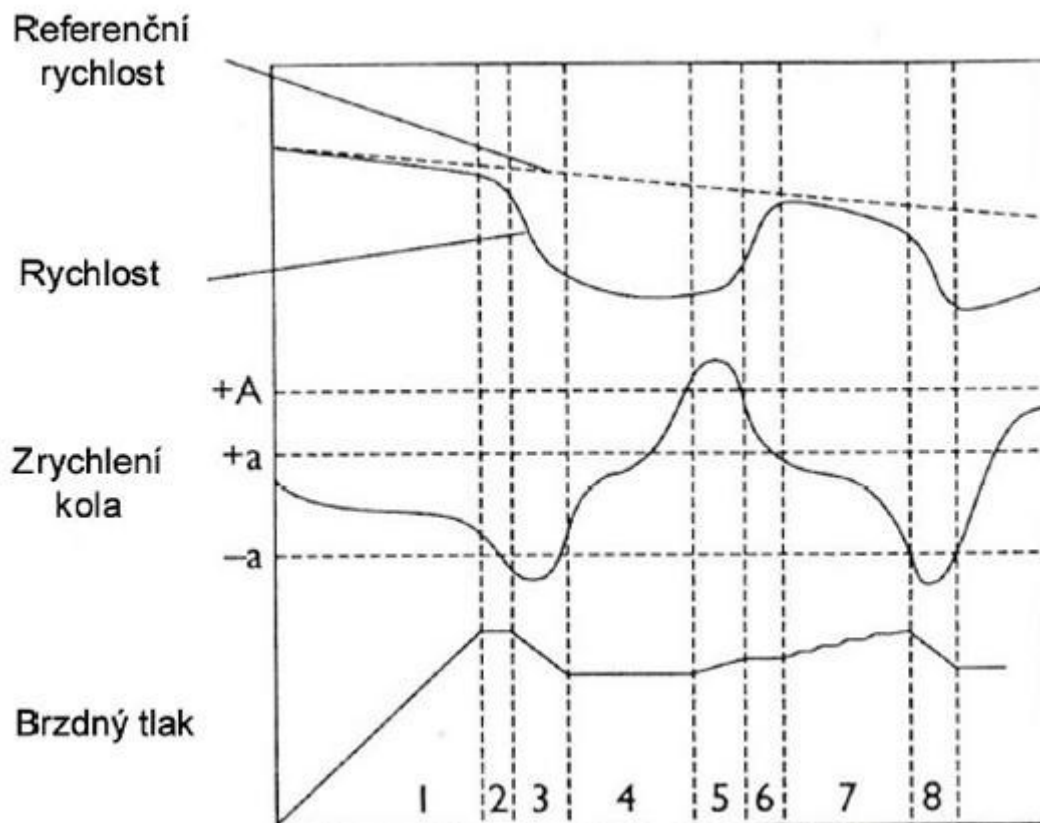
Základem celé regulace předcházející zablokování kol, jsou signály snímačů otáček kol. Z těch následně elektronická řídicí jednotka vypočítává:

- zpomalení vozidla;

⁵² <http://www.autoklinika.cz/glossary/abs-anti-lock-braking-system.html>

- skluz kola;
- referenční rychlost;
- obvodové zpomalení, nebo zrychlení kola.

Při jízdě snímače zaznamenávají na všech kolech jejich otáčky. Tyto signály analyzuje řídicí jednotka, která v hydraulické jednotce aktivuje příslušné elektromagnetické ventily, pokud rozezná možnost zablokování kola. Ze signálů přijímaných od jednotlivých snímačů vypočítá mikropočítač všechny veličiny nutné pro regulaci. Z vypočítaných rychlostí jednotlivých kol je vytvořen skluz kol, který je úměrný referenční rychlosti vozidla. Tato rychlost leží v ideálním případě v blízkosti skluzu s maximální možnou adhezí. Z rychlosti otáčení nerychlejšího kola, je získaná pomocná referenční rychlost. Výsledné zpomalení vozidla je vypočítáno derivací pomocné referenční rychlosti podle času.



Obr. 5.11 Regulační cyklus ABS⁵³

Celý regulační cyklus je rozdělen na 8 fází:

1) řidič zvyšuje brzdny tlak a vzrůstá úhlové zpoždění kola a v důsledku skluzu klesá obvodová rychlost kola rychleji, než referenční rychlost vozidla.

⁵³ <http://www.autoklinika.cz/glossary/abs-anti-lock-braking-system.html>

- 2) zpoždění kola překračuje prahovou hodnotu $-a$, která je charakteristická pro maximální přilnavost, brzdný tlak je udržován na konstantní hodnotě. Na konci této fáze překročí rychlost kola prahovou hodnotu skluzu.
- 3) proto dochází ke snížení brzdného tlaku do doby, než dojde k poklesu zpoždění kola nad prahovou hodnotu $(-a)$.
- 4) V této fázi je udržován konstantní brzdý tlak a rychlost kola roste. Na konci fáze dochází k překročení prahové hodnoty zrychlení kola $(+a)$.
- 5) Brzdý tlak se tak začne zvyšovat a stoupá tak dlouho, dokud není úhlové zrychlení kola menší, než mez $(+A)$
- 6) Tlak je opět udržován na konstantní hodnotě, dokud není dosaženo prahové hodnoty $(+a)$. Na konci této fáze je kolo opět ve stabilní části charakteristiky, pod hodnotou $(+a)$.
- 7) Brzdý tlak je stupňovitě zvyšován, až je opět překročena prahová hodnota zrychlení $(-a)$
- 8) Dochází ke snižování brzdného tlaku do doby, než se opět dosáhne menšího zpomalení, než prahového $(-a)$.

Tento opakovaný cyklus proběhne velmi rychle, s minimálním zpožděním jen několika milisekund. Za jednu sekundu dojde podle adheze a celkové povahy jízdní dráhy až k šestnácti regulačním cyklům, aniž by snížil řidič tlak na brzdový pedál. ABS tak automaticky přerušuje brzdění s mnohem větší frekvencí a účinností, než kterou je schopen vykonat sebelepší řidič.

Elektromagnetické ventily jsou řídicí jednotkou spínány do tří různých poloh:

- 1) **zvýšení tlaku** – ventil je bez přívodu proudu a spojuje hlavní brzdový válec na přímo s kolovým brzdovým válečkem, tlak v brzdě kola tak může vzrůstat
- 2) **udržování tlaku** – vinutím ventilu prochází polovina maximálního proudu, díky tomu je ventil v činnosti a odděluje brzdu kola od hlavního brzdového válce, tlak v brzdě zůstává na konstantní hodnotě
- 3) **snížení tlaku** – vinutím ventilu prochází maximální proud, ventil odděluje hlavní brzdový válec a spojuje kolový brzdový váleček se zpětným tokem. Takto je docíleno snížení brzdného tlaku příslušného kola. Brzdová kapalina proudí nejdříve do zásobníku tlaku, odkud je čerpadlem přečerpána přes zpětné ventily zpátky do brzdového okruhu. V této poloze je ventil až do doby, než se začne kolo pohybovat opět určitým zrychlením nad prahovou hodnotu $(-a)$. Následně se ventil pomocí proudu opět přesune do polohy, ve které dochází k udržování tlaku a celý cyklus se tak opakuje.



Obr. 5.12 Vlevo hydraulický generátor a elektronická řídicí jednotka u první generace ABS, vpravo poslední generace ABS od firmy Bosch⁵⁴

U první generace ABS 2S byl hydraulický agregát a řídicí jednotka konstrukčně odděleny. Za posledních 35 let od prvního sériového namontování ABS do osobního vozidla, bylo firmou Bosch vyvinuto 9 generací tohoto systému. Postupem času dochází ke stálému zdokonalování systému, zvláště pak k zmenšování jeho rozměrů a váhy. Zatímco původní první generace vážila 6,7 kg a byla prostorově velmi náročná, poslední 9. generace váží celkově jen asi 1,1 kg a oproti předchozí 8. generaci je zhruba o 30% lehčí a kompaktnější.

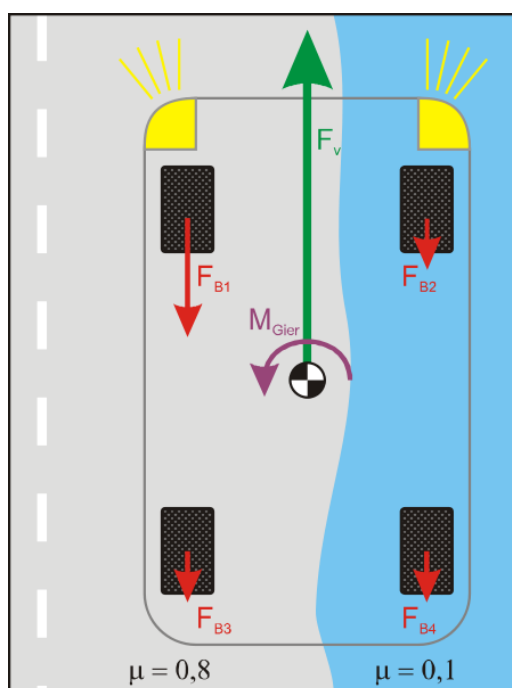
Snímač otáček kol je umístěn na hlavě kola a impulzní kotouč se otáčí s vozidlovým kolem. Snímač může být umístěn buď axiálně, nebo radiálně. Dříve používané indukční snímače otáček kol, byly postupně nahrazeny magnetorezistenčními, tzv. aktivními snímači. Jejich předností oproti indukčně pracujícím snímačům, je jejich schopnost snímat otáčky už od nulové rychlosti, což je využíváno u protiprokluzových regulačních systémů ASR.

Zavedení ABS do sériové výroby dalo vzniknout dalším nadstavbovým programům, které by bez protiblokovacího systému nemohly fungovat. Mezi ně můžeme počítat protiprokluzovou regulaci ASR, elektronické rozdělení brzdné síly EBD, elektronickou uzávěrku diferenciálu EDS apod.

⁵⁴ Just-Auto: Active and Passive safety systems intelligence services

5.2.1 Regulace stáčivého momentu GMA

Pokud při brzdění spočínou pneumatiky levé a pravé strany vozidla na površích s rozdílnou adhezí, vznikají tím i velmi rozdílné brzdné síly na jednotlivých kolech (*obr. 5.13*). Není-li k dispozici GMA, brzdí každé kolo okamžitě vždy s maximálním možným tlakem, který dovoluje adheze mezi vozovkou a pneumatikou přenést. To však vede ke vzniku stáčivého momentu M_{Gier} , který nepříznivě roztáčí vozidlo podél osy souměrnosti vozidla. U velkých vozidel s velkým rozchodem a vysokou hmotností, která mají menší kritické poměry, dochází k tomuto stáčení podél osy souměrnosti pomalu, a proto lze při brzdění za použití ABS toto stáčení korigovat pouhým natočením volantu. U těchto vozidel byl zaveden systém GMA 1.



Obr. 5.13 Vznik momentu M_{Gier} při brzdění na povrchu s rozdílnou adhezí μ ⁵⁵

U vozidel malých osobních vozidel s malou hmotností a s malým rozchodem kol, které mají obzvláště kritické jízdní poměry, byl zaveden systém GMA 2. Tento systém opožďuje nárůst stáčivého momentu M_{Gier} tak, že posouvá nárůst maximálního tlaku u kol s větší adhezí. Účinek stáčivého momentu na ovladatelnost vozidla je kritičtější s rostoucí rychlostí pohybu vozidla. Vzhledem k časovému prodloužení nárůstu maximálního tlaku a kol s vyšší adhezí, dochází k mírnému prodloužení brzdné dráhy. Ideální opožďení nárůstu stáčivého momentu je kompromisem mezi dobrou a bezpečnou ovladatelností vozidla a co nejkratší brzdnou dráhou. Dalším podstatným prvkem zavedení GMA do výroby je chování vozidla při brzdění v zatáčce.

⁵⁵ www.commonswikimedia.org

Při brzdění v zatáčce dochází k dynamickému přetížení přední a dynamickému odlehčení zadní nápravy. To velmi negativně ovlivňuje ovladatelnost vozidla a zvyšuje vrozenou nedotáčivost, nebo přetáčivost, danou koncepcí pohonu, která se již velmi obtížně vyrovnává pouhým natočením volantu. Tato kritická situace je řešena pomocí snímače příčného zrychlení, který GMA vypíná při příčném přetížení vyšším, jak 0,4 g. Touto deaktivací vzniká na vnějším předním kole vyšší brzdná síla, která vytváří otáčivý moment směřující do vnější strany zatáčky. Tento moment se vyrovnává s momentem bočních sil směřujících do vnitřní strany zatáčky. Díky tomu zůstává vozidlo bezpečně ovladatelné.⁵⁶

5.2.2 Elektronická uzávěrka diferenciálu EDS

Pokud dochází k prokluzu hnacích kol, systém EDS rozděljuje hnací moment nerovnoměrně na poháněná kola pomocí řízeného brzdění těchto kol. Celý systém v podstatě nahrazuje diferenciál se zvýšenou svorností a pomáhá tak při rozjezdu, pokud stojí každé kolo na podkladu s rozdílnými adhezními, či při výjezdu ze zatáček, kdy dochází u vozidel s předním pohonem k přibrzdování vnitřního kola. Tím jde větší hnací moment na vnější kolo a dochází tak k lepšímu záběru a eliminaci celkové nedotáčivosti vozidla a snižuje opotřebování pneumatik.

Systém EDS využívá řídicí jednotku systému ABS, funguje však opačným způsobem. Místo povolování blokujícího kola dochází k přibrzdování prokluzujícího hnacího kola.

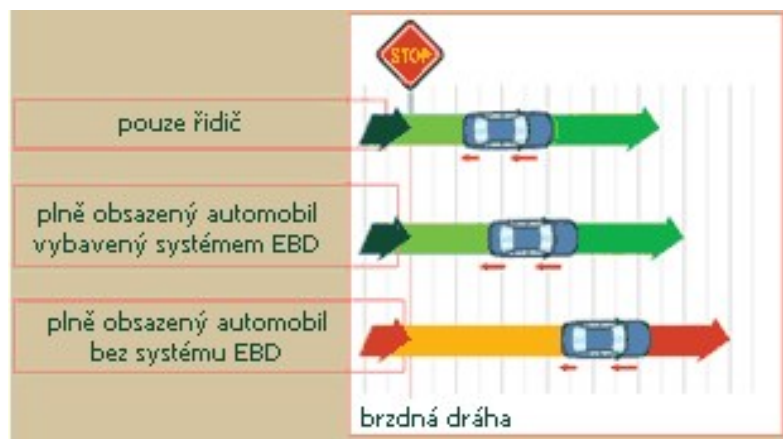
5.2.3 Elektronické rozdělování brzdné síly EBD

Systém EBD, která je další dodatečný softwarový program k ABS, umožňuje rozdělit brzdné síly na jednotlivá kola podle aktuálních rozložení hmotnosti automobilu a tím i jeho polohy těžiště.

V důsledku různého naložení vozidla, průjezdu zatáčkou, či přetížení přední nápravy při brzdění, dochází v důsledku působících sil ke změnám zatížení náprav. To může vést k nedostatečnému, nebo naopak příliš velkému brzdnému účinku na jednotlivých kolech. Systém sleduje jednotlivá zatížení náprav při brzdění a skluz jednotlivých kol a na základě těchto měření řídicí jednotka upravuje brzdné tlaky na jednotlivých kolech, aby bylo brzdění co nejefektivnější. Tím se zvyšuje jízdní stabilita a zkracuje brzdná dráha vozidla. Brzdná síla je regulována pomocí elektromagnetických ventilů systému ABS.

Na **obr. 5.14** vidíme porovnání délky brzdné dráhy u různě naloženého vozidla s funkcí EBD a bez této funkce.

⁵⁶ Vlk F.: Elektronické systémy motorových vozidel 2



Obr. 5.14 Porovnání brzdných drah se systémem EBD a bez tohoto systému⁵⁷

5.2.4 Brzdový asistent

Brzdový asistent pomáhá zkracovat brzdnou dráhu při kritickém brzdění, kdy méně zkušený řidič nesešlápne brzdový pedál s dostatečnou razancí. Pod brzdovým pedálem je umístěn snímač ovládací síly a rychlosti stlačení pedálu. Každý automobil vybavený tímto systémem, má definovanou určitou prahovou hodnotu maximálních hodnot těchto sil a rychlostí. Dojde-li k překročení těchto hodnot, vstoupí v činnost brzdový asistent, který urychlí náběh brzd a zvýší brzdný tlak na maximální možnou mez ve spolupráci s ABS až po dobu, než dojde k uvolnění pedálu. Provedené zkoušky tohoto systému prokázali zkrácení brzdné dráhy o 15 až 20 % **obr. 5.15**. Tato hodnota je velmi závislá na zkušenosti řidiče. V kritické situaci totiž méně zkušený řidič sešlápne brzdový pedál buď příliš pomalu a velkou silou, nebo rychle a malou silou. V obou případech tak v kritické situaci nevyužije naplno potenciál brzd. Zkušený řidič sešlapuje brzdový pedál dostatečně rychle s dostatečnou silou a využívá tak maximálně celý brzdový systém v součinnosti s ABS. Tento systém je povinný pro všechna v EU prodávána auto od února 2011.



Obr. 5.15 Brzdné dráhy bez použití a s použitím brzdového asistenta⁵⁷

⁵⁷ <http://cs.autolexicon.net/articles/brzdovy-asistent/>

5.3 Protiprokluzová regulace ASR⁵⁸

Podobně nebezpečné situace, jaké vznikají při zablokování kola při překročení meze adheze při brzdění, mohou vznikat taky při prudké akceleraci. V takovém případě tak prokluzující kolo nemůže přenášet žádnou boční sílu. Tím dochází při působení bočních sil (průjezd zatáčkou, sklon vozovky, boční vítr) ke smyku vozidla. V 80. letech minulého století se tak zrodila myšlenka protiprokluzového zařízení, které by omezovalo hnací moment přiváděný na kola. Prvenství v zavedení ASR do sériově vyráběného vozidla patří firmě Volvo, které v roce 1982 představila systém ETC (elektronická kontrola trakce) na voze Volvo 760.

Systém regulace prokluzu ASR (Anti Skid Regulation) obchodně nazývaný také ASC, TCS, apod. má především za úkol zabránit protočení kol při rozjezdu nebo zrychlení a zajistit tak stabilitu a říditelnost vozidla. Ve své podstatě se jedná o rozšíření systému ABS a vývojovým trendem je společná regulace ABS/ASR.

Protiprokluzová regulace je řízena elektronicky a má za úkol snížit prokluz hnacích kol během zlomku sekundy na nejlepší možnou hodnotu. Jestliže elektronická řídicí jednotka na základě snímání otáček hnacích kol zjistí, že některé z nich začíná prokluzovat, zasahuje regulace ASR. Tato regulace může probíhat několika způsoby, nebo jejich kombinací:

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

5.3.1 Motorová regulace

U zážehových motorů probíhá úpravou vstřikování paliva, zapalováním (změnou předstihu, potlačením jednotlivých zapalovacích impulsů) a polohou škrtkové klapky. U vznětových motorů probíhá pomocí omezení vstřikovaného množství nafty.

Aby mohl systém ASR zasáhnout bez ohledu na to, jak řidič šlape na pedál, musí být použito místo mechanické vazby mezi pedálem a škrtkové klapkou, popřípadě regulační tyčí u vstřikovacího čerpadla vznětového motoru, elektronického řízení výkonu motoru EMS. To je vyřešeno díky elektronickému akceleračnímu pedálu *Drive by Wire*. Poloha pedálu je pomocí snímače polohy (potenciometru) převedena na elektrický signál, který řídicí jednotka EMS převede s ohledem na signály z jiných snímačů (např. teplota, otáčky motoru) na řídicí napětí pro elektromotor nastavovače škrtkové klapky nebo regulační tyče čerpadla.

⁵⁸ Vlk F.: Automobilová elektronika 1,2

5.3.2 Brzdová regulace

Je výhodná zvláště díky dosažení nejkratší možné reakční doby. Nárůstem brzdného tlaku je bezprostředně ovlivňován skluz hnacího kola. Z důvodu komfortu však nemůže docházet k maximální možné rychlosti nárůstu brzdného tlaku. Jedná se tak spíše o rychlý doplněk k motorové regulaci. Další úlohou brzdové regulace je její působení jako uzávěr diferenciálu, která příznivě pomáhá při rozjezdu s nestejnými adhezními podmínkami pod hnacími koly.

5.3.3 Regulace brzdného momentu motoru MSR

Systém ASR je možno přidavně doplnit o MSR. Při řazení nižšího rychlostního stupně, nebo při prudkém uvolnění akceleračního pedálu na hladké vozovce mohou hnací kola vlivem brzdného momentu vykazovat vysoký brzdový skluz. Regulace brzdného momentu motoru MSR při intenzivním brzdění motorem spojeném s prokluzováním kol lehkou akcelerací nepatrně zvýší točivý moment motoru tak, aby se brzdění kol snížilo na hodnotu zaručující jízdní stabilitu.

5.4 Elektronický stabilizační systém ESP⁵⁹

Dalším rozšířením systémů ABS a ASR, který významně ovlivňuje ovladatelnost vozidla při průjezdu zatáčkou, či při akceleraci a brzdění, je stabilizační systém. Nejznámějším systémem stabilizace je systém ESP (Electronic Stability Program), vyvinutý firmou Bosch. Mezi další významné výrobce stabilizačních programů patří firmy Continental a TRW. Vesměs většina automobilových výrobců používá pro označení stabilizačního programu různé zkratky, jak je popsáno v tabulce 5.16.

Zatímco systémy ABS a ASR umožňují regulaci skluzu, nebo prokluzu pneumatiky pouze v podélném směru, ESP reguluje skluz i ve směru příčném. Při nadměrném příčném skluzu např. při průjezdu zatáčkou dochází ke ztrátě bočního vedení vozidla a tím k jeho celkové nestabilitě. Tomu se snaží zabránit ESP.

Systém stabilizuje vozidlo samočinnými zásahy do brzd jednotlivých kol a hnacího momentu motoru. Pomocí snímačů systém kontroluje dynamický stav vozidla. Pokud stoupne jeho hodnota na kritickou mez, dochází k přibrzdění příslušných kol. Tím se vytvoří točivý moment kolem svislé osy vozidla, který kompenzuje nežádoucí neotáčivý, nebo naopak přetáčivý moment vozidla. Současně se zásahem do brzdové soustavy, vydá řídicí jednotka povel ke snížení točivého momentu motoru na hodnotu odpovídající dané situaci.

⁵⁹ Vlk F.: Automobilová elektronika 1,2

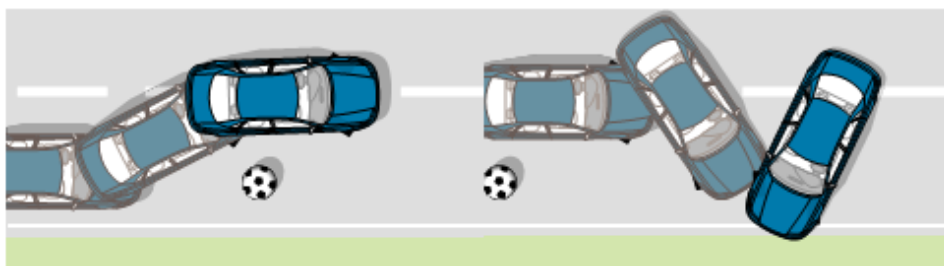
<i>Zkratka systému</i>	<i>Celý název systému</i>	<i>Automobilky používající systém</i>
ESP	Electronic Stability Program	VW, Škoda, Seat, Audi, Ford, Hyundai, KIA, Opel, Suzuki, Peugeot, Saab, Renault
ESC	Electronic Stability Control	Současné modely koncernu VW, Honda
VDC	Vehicle Dynamic Control	Fiat, Alfa Romeo, Hyundai, Nissan, Infinity
DSC	Dynamic Stability Control	BMW, Ford, Jaguar, Rover, Mazda, Mini
VSC	Vehicle Stability Control	Toyota, Lexus
VDCS	Vehicle Dynamic Control system	Subaru
DSTC	Dynamic Stability and Traction Control	Volvo
StabiliTrak	StabiliTrak	General Motors
MSP	Maserati Stability Program	Maserati
PSM	Porsche Stability Management	Porsche
AdvanceTrac	AdvanceTrac	Lincoln, Mercury
RSC	Roll Stability Control	Ford
VSA	Vehicle Stability Assist	Hyundai, Acura, Honda
M-ASTC	Active Skid and Traction Control	Mitsubishi
CST	Controllo Stabilita	Ferrari
PCS	Precision Control System	Oldsmobile

Tab. 5.16 Různá označení ESP⁶⁰

Na **obr. 5.17** si představíme modelovou situaci, kdy dojde vlivem náhlého směru jízdy bez zásahu ESP ke smyku.

Vozidlo se musí vyhnout předmětu, který se náhle objevil na vozovce. Řidič nejprve trhne volantem doleva a hned nato zase doprava. Vozidlo se po tomto manévru dostává do smyku, jeho zadní část se pohybuje rychleji. Otáčením vozidla kolem svislé osy se vozidlo stává pro řidiče neovladatelné.

⁶⁰ Vlk F.:Automobilová elektronika 1



Obr. 5.17 Vznik smyku u vozidla bez zásahu ESP⁶¹

Sledujme nyní stejnou situaci u vozidla s ESP.

Vozidlo se snaží překážce vyhnout. Díky údajům, které přicházejí z čidel, rozpozná ESP, že se vozidlo dostává do nestabilního stavu. Systém vypočítává opatření, jak tomu zabránit: ESP přibrzdí levé zadní kolo. Tím podpoří zatočení vozidla doleva. Stranová vodící síla na předních kolech zůstává zachována. Zatímco vůz ještě zatáčí doleva, strhává řidič volant doprava. Aby se podpořilo zatočení doprava, přibrzdí ESP přední pravé kolo.

Zadní kola se otáčejí volně, a tím zajišťují vytvoření optimální stranové vodící síly.

Prováděný manévr může vést ke smyku a k otáčení vozidla kolem jeho svislé osy. Aby se zabránilo vybočení zadní části vozu, přibrzdí ESP levé přední kolo. Ve zvláště kritických situacích je možno kolo přibrzdit nebo dokonce i krátce zablokovat, aby došlo k omezení stranové vodící síly na přední nápravě. Po ukončení korekcí všech nestabilních stavů ukončuje ESP svoji činnost.



Obr. 5.18 Eliminace smyku pomocí ESP⁶¹

Positivní přínos ESP na aktivní bezpečnost vozidla se tak projevuje především:

- ve snížení nebezpečí smyku či ztráty adheze mezi pneumatikou a vozovkou;
- v aktivní podpoře řidiče při kritických situacích, což vede k lepší ovladatelnosti vozidla automobilu při krizových situacích;
- ve vyšší stabilitě vozidla na limitu;
- v optimalizaci brzdné dráhy.

⁶¹ Škoda-Auto: Příručka ESP

Regulace jízdní dynamiky ESP je systém, který využívá brzdové soustavy pro „řízení“ vozidla. Pomocí přibrzdění jednotlivých kol přispívá k tomu, aby bylo vozidlo za všech okolností stabilní a udržovalo požadovaný jízdní směr. Na **obr. 5.19** je schematicky znázorněn regulační obvod ESP.

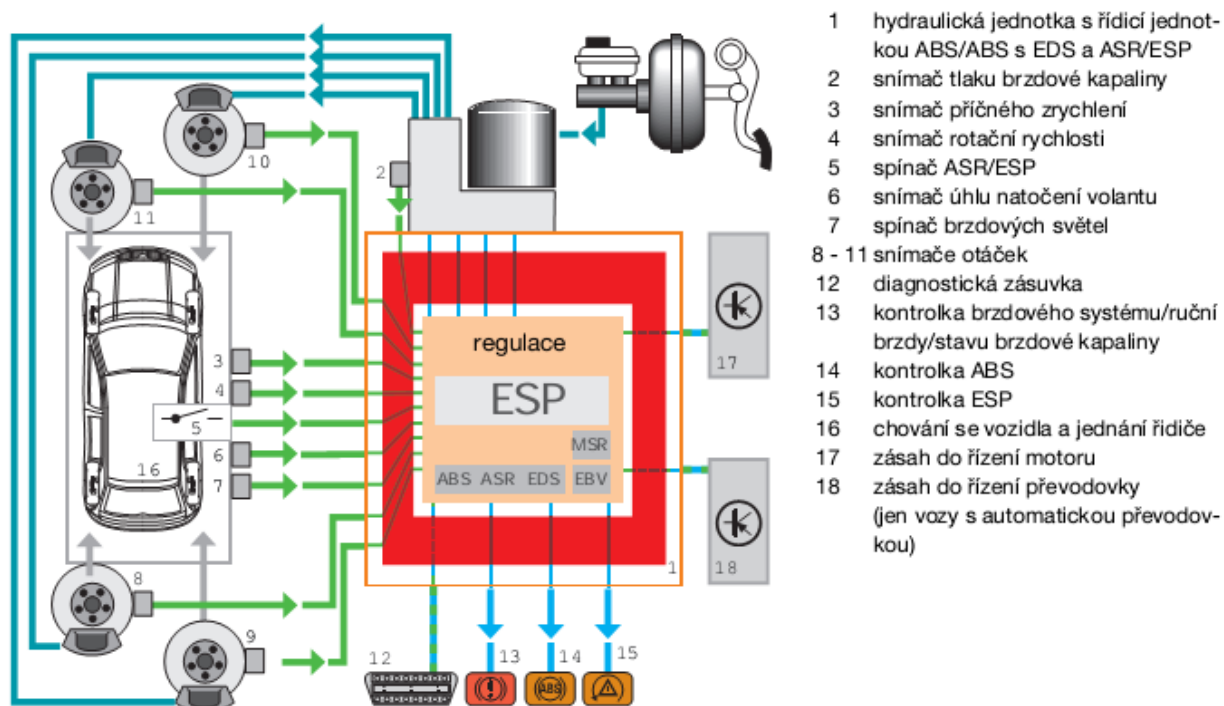
K určení požadovaného chování se vyhodnocují signály následujících součástí, které registrují požadavek řidiče:

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

Požadavek řidiče je definován jako požadovaná hodnota. Do výpočtu požadovaného chování navíc vstupují hodnoty součinitele přilnavosti a rychlost vozidla, které se odhadují ze snímačů:

- otáček kol;
- bočního zrychlení;
- brzdných tlaků;
- stáčivé rychlosti.

Úlohou regulace je zjistit skutečné chování vozidla a co nejvíce toto chování přiblížit chování vozidla v normálním stavu.



Obr. 5.19 Regulační okruh ESP⁶²

Regulace může ovlivňovat skluz pneumatiky a tím také nepřímo podélné a boční síly pneumatik, aby se vytvořil potřebný stáčivý moment. Pro vytvoření správné hodnoty

⁶² Škoda-Auto: Příručka ESP

tohoto momentu, se v regulátoru určují požadované hodnoty změn skluzu na vhodných kolech.

Regulační obvod ESP má k dispozici následující veličiny:

- stáčivá rychlost (měřená veličina);
- úhel natočení volantu (měřená veličina);
- boční zrychlení (měřená veličina);
- podélná rychlost vozidla (odhadovaná veličina);
- podélné síly pneumatik a hodnoty skluzu pneumatik (odhadované veličiny);

z hodnot těchto veličin se určují:

- boční síly na kole;
- úhly směrových úchylek kol;
- úhel směrové úchylnosti těžiště;
- příčnou rychlost vozidla.

Požadované hodnoty pro úhel směrové úchylnosti těžiště a pro stáčivou rychlost se určují z veličin, který řidič zadává, nebo které řidiče mohou ovlivňovat:

- úhel natočení volantu;
- součinitel přilnavosti, který se určuje z odhadované hodnoty podélného zrychlení a měřené hodnoty bočního zrychlení;
- odhadnutá rychlost vozidla;
- poloha akceleračního pedálu, nebo síla na brzdový pedál.

Odchylnosti mezi požadovanými a skutečnými hodnotami se porovnávají s uloženými daty v daném vozidle. Tato data byla pro každé vozidlo zjištěna při zkoušce, kdy vozidlo jezdilo ustálenou jízdou v kruhu. Zjištěná souvislost mezi úhlem natočení volantu a stáčivou rychlostí tvoří základ pro požadovaný pohyb vozidla pro jízdu konstantní rychlostí i pro zrychlování a brzdění.

Z toho vypočítává řídicí jednotka ESP potřebné korektury, kterých docílí zmenšení odchylek a k tomu potřebné akční veličiny pro ovladače. Korekce probíhá tak dlouho, dokud se nevyskytuje žádná významná odchylka skutečné a požadované hodnoty.

Od 1. listopadu 2011 musí mít podle nařízení Evropské komise každý nově homologovaný automobil povinně instalovaný elektronický stabilizační program. Od roku 2014 pak bude muset být tento systém v každém nově prodaném voze, tedy i v tom, který byl homologován před uvedeným termínem.

5.4.1 DSR (Driver Steering Recommendation)⁶³

Systém DSR zvyšuje účinnost stabilizujícího systému ESP. Toho je dosaženo plným využitím vlastností elektromechanického posilovače řízení. Má-li vozidlo

⁶³www.forum.skodahome.cz

vzhledem k vlastnostem vozovky nebo příliš vysoké rychlosti sklon vybočit přetáčivým nebo nedotáčivým smykem, je dosaženo směrové stability v nejkratším čase nejen cíleným brzděním jednotlivých kol, ale i aktivním zásahem do řízení. Tak se mohou řidiči až v 65 % vyhnout nebezpečným nehodám s bočním nárazem. DSR zasahuje především v případech, dojde-li k intenzivnímu brzdění (aktivuje se systém ABS) za velmi rozdílných adhezních podmínek na levém a pravém kole vozu (např. jedno kolo na sněhu a druhé na suché silnici). Standardní systém ESP zasáhne tak, aby nedošlo ke smyku a řidič byl schopen udržet vozidlo na vozovce a vyhnout se případné překážce. Zásah systému ESP se provede příslušným rozdělením brzdě síly na jednotlivá kola – některá kola budou brzdit více a některá méně tak, aby vozidlo udržovalo řidičem požadovaný směr. A zde právě spočívá omezení klasického systému ESP: v případě, že největší brzdňý účinek je potřebný na kole s nejmenší adhezí (kolo na sněhu), je nutné snížit brzdňou sílu i na ostatních kolech vozu podle tohoto kola – tím není využit maximální brzdňý potenciál za daných podmínek. V případě zvýšení brzdě síly na kole s lepší adhezí (na suché vozovce) by bez korekce směru volantem došlo ke stáčení vozu směrem k povrchu s vyšší adhezí. Systém DSR prostřednictvím malého momentu do volantu doporučí řidiči, aby sám intuitivně provedl tuto korekci proti stáčení vozu, čímž umožní zvýšit brzdňou sílu na kole s vyšší adhezí. V extrémních případech tak může dojít ke zkrácení brzdě dráhy až o 10 % oproti vozům se standardním systémem ESP.

5.5 Elektronické brzdové soustavy⁶⁴

Konvenční brzdové soustavy osobních automobilů používají na ovládání provozního a nouzového brzdění výhradně kapalinové ovládací soustavy. Tlakem vyvíjeným na brzdový pedál je přenášen impuls přes podtlakový posilovač brzd až k samotným brzdám. Do určitého okamžiku je tento tlak tím větší, čím větší, čím větší je vyvíjený tlak na brzdový pedál.

Moderní vývojové trendy v oblasti brzd, však využívají elektronické brzdové systémy, které jsou ovládány tzv. *Brake by Wire* (brzdění po drátě). Mezi tyto systémy patří:

- Elektrohydraulická brzdová soustava EHB
- Elektromechanická brzdová soustava EMB

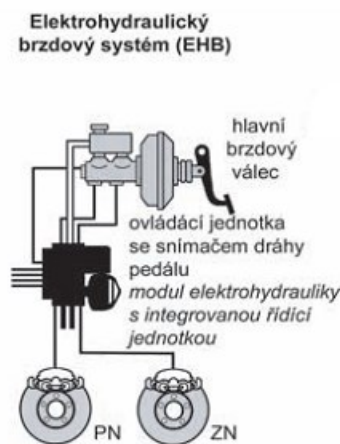
5.5.1 Elektrohydraulická brzdová soustava EHB

U tohoto systému jsou zachovány standardní hydraulické brzdy kol (*obr. 5.20*). Ty však již nejsou přímo mechanicky propojeny s pedálem brzd. Podle síly, jakou vyvíjí řidič na brzdový pedál, vypočítá řídicí jednotka potřebný brzdňý tlak. O brzdňý tlak se v tomto případě stará elektrohydraulická jednotka, složená z hydraulické řídicí jednotky s ventily pro jednotlivé okruhy brzd, a z agregátu motor-čerpadlo-zásobník. V tomto agregátu se vyvíjí a udržuje tlak, podle příkazů elektronické řídicí jednotky. Z něj je

⁶⁴ Vlk F.: Automobilová elektronika 2, s. 365-376

přes regulační prvky kapalina přiváděna do samostatných hydraulických okruhů jednotlivých kol. Pokud by došlo k výpadku energie ve vozidla, popřípadě k výpadku celého systému EHB, ovládá řidič brzdy stejným způsobem, jako klasické mechanicko-hydraulické brzdy, tedy přes hydraulický válec na brzdy.

Elektronická řídicí jednotka však nevypočítává potřebné brzdné tlaky pouze z přání řidiče, který vytváří tlak na brzdový pedál. Jednotka bere v úvahu i vnější signály, které přicházejí například od ABS, ESP, nebo i z adaptivního tempomatu. Spojování všech těchto signálů dost vytváří řídicí jednotka přesný obrázek o brzdných tlacích zaručujících optimální chování a stabilitu vozidla při brzdění.



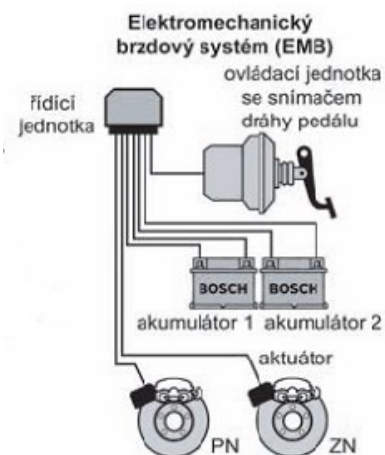
Obr. 5.20 Elektrohydraulická brzdová soustava EHB⁶⁵

5.5.2 Elektromechanická brzdová soustava EMB

U této brzdové soustavy již zcela odpadá hydraulicko-pneumatický okruh a veškeré impulzy z pohybu brzdového pedálu jsou přes elektrický okruh přenášeny přímo do výkonové jednotky na každém kole, tzv. aktuátoru (**obr. 5.21**). O potřebnou brzdnu sílu jednotlivých kol se starají elektromotory vestavěné do jednotlivých kol, které jsou napájené přímo z palubní sítě vozidla. Na elektromotory jsou však kladeny protichůdné požadavky. Musí být lehké a kompaktní, aby je bylo možné nainstalovat do ráfku kola. Na druhou stranu však vyžadují robustní konstrukční provedení, neboť jsou na ně kladeny extrémní teplotní a mechanická zatížení. Aktuátory jsou umístěny jako běžné třmeny přímo na disku kotoučové brzdy kola a jsou řízeny samostatnou elektronickou jednotkou.

Problémem u tohoto řešení je však nemožnost hydraulického přenosu sil při výpadku systému a proto jsou u tohoto systému vyžadovány dva nezávislé elektronické brzdové okruhy.

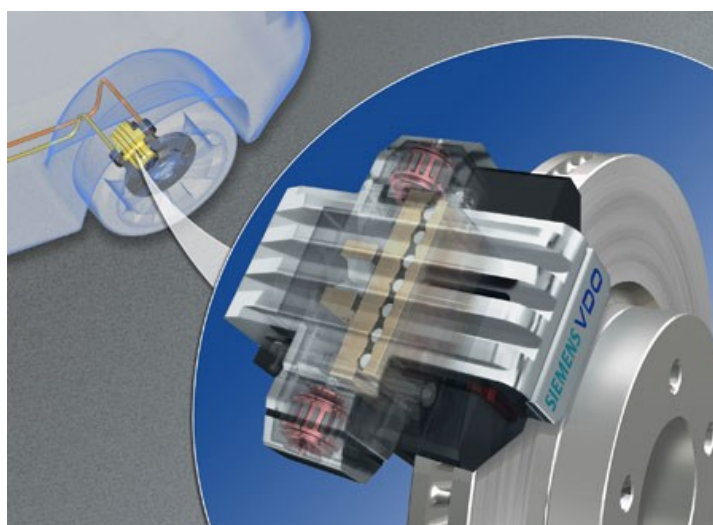
⁶⁵ Vlk: Elektronické systémy motorových vozidel, s. 365



Obr. 5.21 Elektromechanická brzdová soustava EHB⁶⁵

5.5.3 Elektronická klínová brzda EWB⁶⁶

Elektronická klínová brzda EWB (Electronic Wedge Brake) je brzda určená pro elektronický brzdový systém Brake-by-wire. Je výsledkem několikaletého vývoje společnosti Siemens VDO, která věří, že tato klínová brzda nahradí dosavadní hydraulické systémy.



Obr. 5.22 Elektronická klínová brzda EWB⁶⁷

Při brzdění jsou u EWB vtlačovány ocelové klíny pomocí elektromotoru mezi třecí segmenty a brzdový kotouč. Díky třecí síle, která vzniká mezi kotoučem a třecími segmenty, je klínový účinek samočinně zesilován. Čím rychleji se kolo točí, tím více se zvyšuje přítlačná síla na kotouč. Díky tomu je možné docílit libovolně vysokou brzdnu

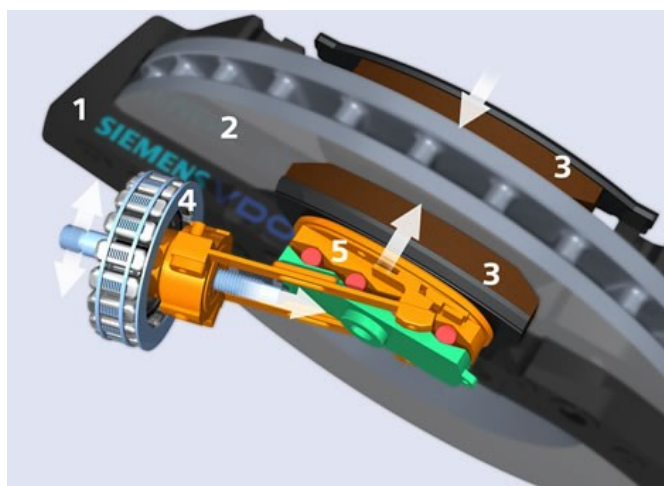
⁶⁶Vlk: Automobilová elektronika 2 str. 143, www.seminarprojects.com, www.technik.ihned.cz, <http://cs.autolexicon.net>

⁶⁷ <http://cs.autolexicon.net/articles/ewb-electronic-wedge-brake/>

sílu pomocí malého vyvíjecího tlaku. Proto EWB potřebuje mnohem méně energie (až o 90%), než stávající hydraulické systémy brzd.

Vozidla vybavená těmito brzdami mají na každém kole osazeno jedním modulem EWB. Tento modul je složen z třecího segmentu a klínu ve spojení s klínovým uložením a mechanickým přenosem síly mezi oběma namontovanými elektromotory a sensorikou ke snímání vznikajících pohybů a sil. Snímače měří asi sto krát za sekundu okamžitou rychlost kola a ještě přesněji síly panující na brzdách a polohy klínu. Jakmile řidič stlačí brzdový pedál, přenáší se brzdový signál v elektronické podobě na navzájem propojené brzdové moduly. K ovládání klínových prvků brzdy slouží rychlé krokové motorky, z nichž jeden funguje pro přitahování klínu, druhý pro jeho uvolňování, a to i během brzdění. První elektromotorek desku s klíny postupně vytlačuje, a jakmile se deska dotkne kotouče, jeho setrvačnost jí ještě více přitlačí na protilehlé klíny a zvýší brzdný účinek. Druhý motorek tlačí desku zpátky, čímž reguluje brzdnu sílu a zabraňuje tak okamžitému zablokování kola. O elektrickou energii pro pohon elektromotorů se stará palubní síť vozidla a pro případ výpadku proudu v palubní síti, jsou pro každý modul připraveny záložní akumulátory. Elektronickou klínovou brzdu lze také použít jako automatickou parkovací brzdu a může tak samočinně podržet vozidlo při rozjezdu do kopce.

Oproti konvenčním hydraulickým brzdám s ABS, které potřebují na plný brzdný účinek 140 ms až 170 ms, si vystačí EWB pouze se 100 ms. Dochází tak ke zkrácení brzdění dráhy v řádech desítek procent. Při použití EWB odpadají veškerá hydraulická vedení a brzdové válce, posilovač brzd i ABS. Díky tomu dochází k úspoře nejen prostoru, ale především odpružené i neodpružené hmotnosti, v porovnání s konvenčními brzdami.



Obr. 5.23 Elektronická klínová brzda EWB⁶⁷

1- brzdový třmen, 2- brzdový kotouč, 3- třecí segmenty, 4- krokový elektromotor,
5- mechanismus klínu

5.6 Elektronické systémy řízení odpružení⁶⁸

Na rozdíl od konvenčních mechanických systémů odpružení vozidla, je možné u elektronicky řízených systémů odpružení měnit charakteristiku odpružení a tlumení v závislosti na stylu jízdy, povrchu vozovky, naložení vozidla, apod.

Podle druhu konstrukce a principu fungování, lze elektronické systémy odpružení dělit:

- adaptivní, semiaktivní – reguluje se buď tlumič, nebo pružina;
- aktivní (pomalé, rychlé)- reguluje se jak tlumič, tak i pružicí vlastnosti.

5.6.1 Adaptivní, semiaktivní systémy odpružení

Tyto systémy mají variabilní tlumení svislého kmitání. Účinek tlumení může být nastavován podle jízdní potřeby manuálně, nebo elektronicky. U adaptivních systémů je frekvenční oblast menší, než vlastní frekvence nástavby. Proto jsou klasické adaptivní systémy nazývány jako pomalé.

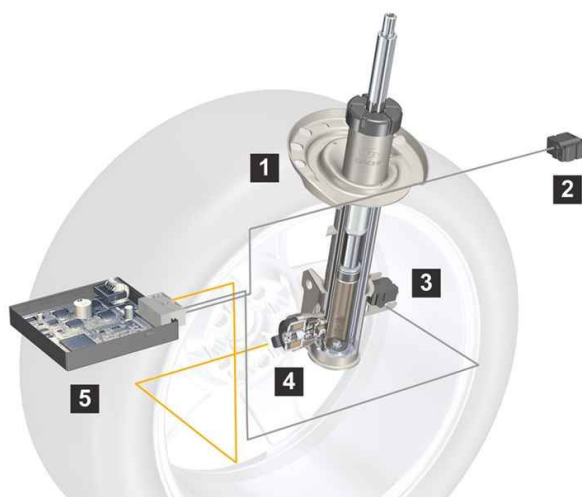
Semiaktivní adaptivní pružicí soustava má také tlumič s variabilním účinkem. Ten je však regulovaný pomocí elektronicky nastavitelných ventilů, kterými může ovlivňovat průtok mezi oběma pracovními prostory tlumiče. To zajišťuje velmi rychlé nastavení tvrdosti odpružení podle různých parametrů. Elektronická řídicí jednotka na základě vyhodnocení pohybu automobilu nastavuje optimální míru tlumení. Jízdní chování vozidla je zjišťováno měřením úhlu natočení volantu, rychlostí jízdy a tlakovým spínačem v brzdě soustavě. U vozidel s manuální převodovkou je navíc kontrolované podélné kmitání způsobované akcelerací vozidla. Zvýšené zatížení vozidla je rozpoznáno tlakovým spínačem v zařízení pro regulaci výškové polohy vozidla a následuje přepnutí na tvrdší charakteristiku tlumičů.

Na rozdíl od adaptivních nejsou semiaktivní tlumiče omezeny pouze několika charakteristikami a existuje u nich prakticky nekonečně mnoho charakteristik. Těch je navíc dosaženo v řádu desetin sekundy. Díky tomu je možné pracovat jak v oblasti frekvence nástavby, tak v oblasti frekvence nápravy.

Příkladem elektronicky řízeného semiaktivního tlumiče je tlumič CDC⁶⁹ s plynulým řízením tlumení (Continuous Damping Control) (**obr. 5.24**). Nejdůležitější částí samotného aktivního tlumiče je řídicí ventil. Elektromagneticky nastavitelný pohyblivý člen uzavírá nebo otevírá průtočné kanály a tím zmenšuje či zvětšuje průtok kapaliny skrz planžety zpětného ventilu. Tlumič je plynule nastavitelný od měkkého naladění až po tvrdou charakteristiku, řídicí jednotka zjišťuje každé 2 milisekundy aktuální potřebu tlumení a následně upravuje až 20x za sekundu proud, který ovládá pohyb pístku.

⁶⁸ Vlk F.: Automobilová elektronika 2, Vlk F.: Podvozky motorových vozidel, www.auto.cz,

⁶⁹ <http://www.auto.cz/cdc-aktivni-tlumice-letos-nasly-cestu-do-beznych-aut-16717>



Obr. 5.24 Systém CDC⁶⁹

1 – tlumič, 2 – snímač zrychlení karoserie, 3 – snímač zrychlení kola, 4 – elektromagnetický CDC ventil, 5 – řídicí jednotka

ZF Sachs vyvinul nejprve aktivní tlumič s proporčním ventilem zabudovaným do pístu tlumiče. Funkce této verze (označované CDCi) by se dala přirovnat k dvouplášťovému tlumiči s plynule proměnlivými průtočnými ventily. Prostorově úspornější řešení CDCe (external valve), má proporční elektromagnetický ventil mimo těleso tlumiče, v samostatném bypassu. Obě verze vyžadují velmi nízký příkon pro ovládání změny průtočných průřezů. Proud se pohybuje v rozmezí 0 až 1,8 A, je-li zařízení v činnosti, potřebuje příkon asi 15 W. V případě výpadku palubního napětí, ztrácí systém adaptivní funkci a pružina odsune řídicí ventil do sportovní (tvrdé) polohy, která preferuje bezpečnost před komfortem.

Informace tří senzorů zrychlení na karosérii (tvoří jednu rovinu, podle které se řídicí jednotka „orientuje“), dvou senzorů zrychlení na kolech vozidla a dalších signálů (rychlost, poloha pedálu akcelérátoru, boční zrychlení, stáčivá rychlost apod.) slouží jako podklady pro rychlé rozhodování počítače. Ten umí dávkovat tlumicí síly samostatně na každé z kol. Tím lze efektivně ovlivňovat chování automobilu v zatáčkách (minimalizace bočních náklonů), ale i při běžném brzdění nebo akceleraci (omezení předklánění/zaklánění).

Elektronická regulace je výhodná také z hlediska propojení s dalšími systémy prostřednictvím sběrnice CAN, takže pak s aktivními tlumiči spolupracuje ABS, ESP, elektrický posilovač řízení, elektronický pedál plynu nebo řazení automatické převodovky.

5.6.2 Aktivní systémy odpružení

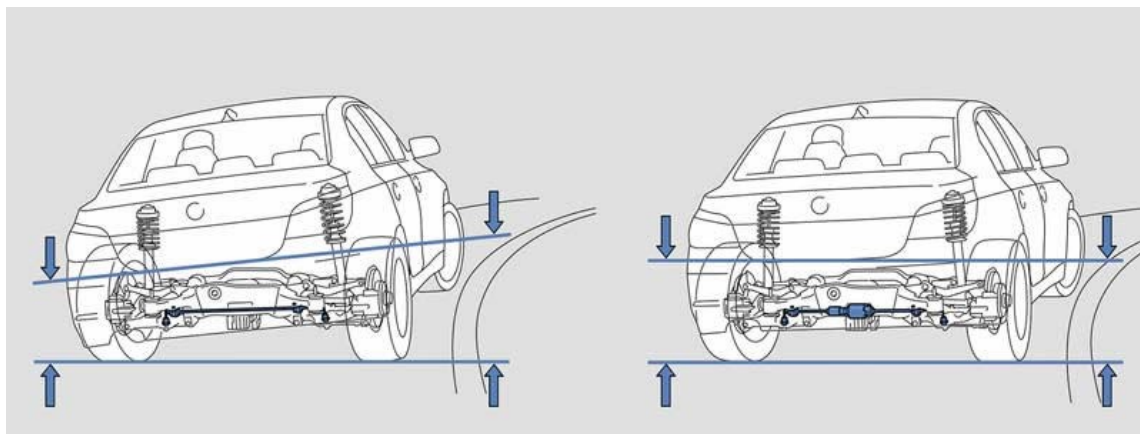
Adaptivní pružicí soustavy pracují pouze v prvním a třetím kvadrantu, tzn. síla je ve fázi s relativní rychlostí. Aby byly síly akčního prvku vyvozovány podle relativní dráhy, musí být provozován ve čtyřech kvadrantech. Mezi karosérií a nápravou není síla

závislá jen na relativní dráze a rychlosti, ale také například na svislých výchylkách odpružených a neodpružených částech, jejich derivacích, vazbách či frekvenčních funkcích⁷⁰. Aktivní systémy odpružení tak nemění pouze charakteristiku tlumení a pružení, ale aktivně se zapojují do vyrovnání náklonů karoserie.

Prvním sériově vyráběným osobním automobilem s aktivním podvozkem se stal v roce 1999 Mercedes-Benz CL, s aktivním systémem odpružení označovaným zkratkou ABC (Active Body Control). Celý systém je složen z pěti senzorů, jež hlídají pohyby karoserie ve všech směrech, dále klasickou vinutou pružinu, tlumič a aktivní hydraulický válec. Ten v závislosti na jízdních podmínkách zvyšuje, či snižuje v tlumičích tlak. Další čidlo monitoruje momentální pozici celého odpružení. Celý systém je řízen pomocí mikropočítačů a vysokotlakého hydraulického čerpadla, které dodává potřebnou kapalinu pro tlumiče. ABC díky tomu dokáže měnit konfiguraci předního i zadního zavěšení v podstatě reálném čase, za méně než 10 milisekund.

Aktivní podvozkový systém dnes do svých vozidel montují i další výrobci.

Systém Dynamic Drive (*obr. 5.25*) ve vozech BMW zajišťuje maximální příčnou stabilizaci vozidla při průjezdu zatáček. Systém využívá aktivních stabilizátorů na přední i zadní nápravě. Akční členy na stabilizátorech zajišťují přes dva elektronické tlakové ventily nezávislý stabilizační moment, který redukuje klopení vozidla při průjezdu zatáčkou na nejmenší možnou míru. Díky tomu se chová vozidlo při průjezdu zatáček mnohem agilněji a stabilněji.



Obr. 5.25 Porovnání náklonů karoserie bez a se systémem Dynamic Drive⁷¹

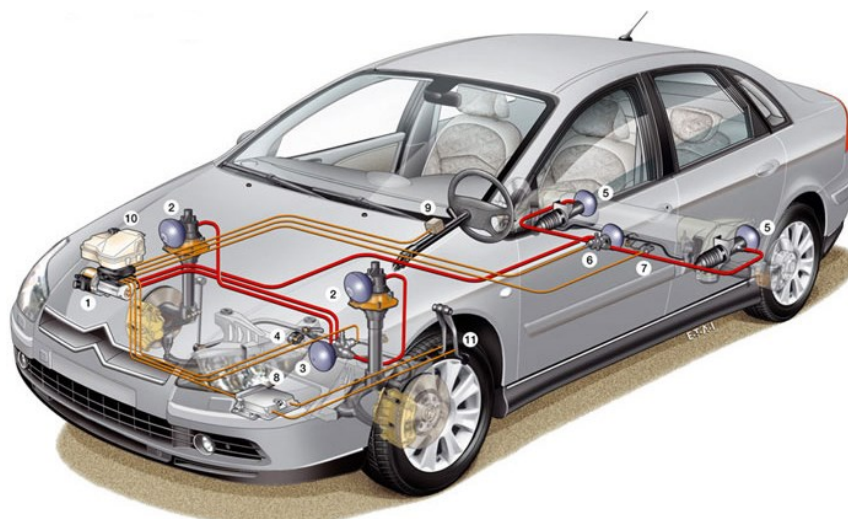
Systém Hydractive III+ (*obr. 5.26*) je zatím poslední vývojový stupeň hydropneumatického odpružení vozidla, které firma Citroen poprvé představila v 60tých letech na vozidle Citroen DS. Hydractive III+ udržuje konstantní světlou výšku bez ohledu na zatížení vozidla a dále ji automaticky mění v závislosti na rychlosti a stavu vozovky. Počítač celého systému dále přijímá informace od snímače úhlové

⁷⁰ <http://www.automobilove-systemy.wz.cz/>

⁷¹ <http://cs.autolexicon.net/articles/dynamic-drive/>

rychlosti volantu, snímače polohy pedálu akcelérátoru a brzdy, snímače podélné a příčné akcelerace vozidla a od počítače, který vyhodnocuje stav vozovky a styl řídicí jízdy. Díky tomu okamžitě nastavuje podvozek tak, aby byl zajištěn co nejvyšší komfort odpružení a zároveň i bezpečnost jízdy a naklápění karoserie při akceleraci, deceleraci a průjezdu zatáčkami bylo citelně omezeno.

Již několik let se Mercedes snaží systém aktivního podvozku ABC zdokonalit pomocí systému PRE-SCAN⁷². Základem tohoto systému jsou radary LIDAR umístěné v předních světlometech vozidla. LIDAR (Light Detection and Ranging sensors) je metoda dálkového průzkumu měření vzdálenosti na základě výpočtu rychlosti odraženého pulsu infračerveného laserového paprsku od snímaného objektu. Výsledkem je mráčko bodů, které se po zpracování může interpolovat do podoby digitálního modelu povrchu či 3D modelů budov a jiných objektů. Po aplikaci filtrů je možné z velkého počtu bodů získat digitální model terénu. V systému PRE-SCAN tyto senzory neustále sledují povrch silnice před vozidlem ve vzdálenosti od jednoho do sedmi metrů a to do rychlosti až 160 km/h. Mikro počítač bude takto získaná data dále zpracovávat a porovnávat s daty získanými z řízení, polohy pedálu akcelérátoru a brzd apod.



Obr. 5.26 Jednotlivé komponenty systému Hydractive III+⁷³

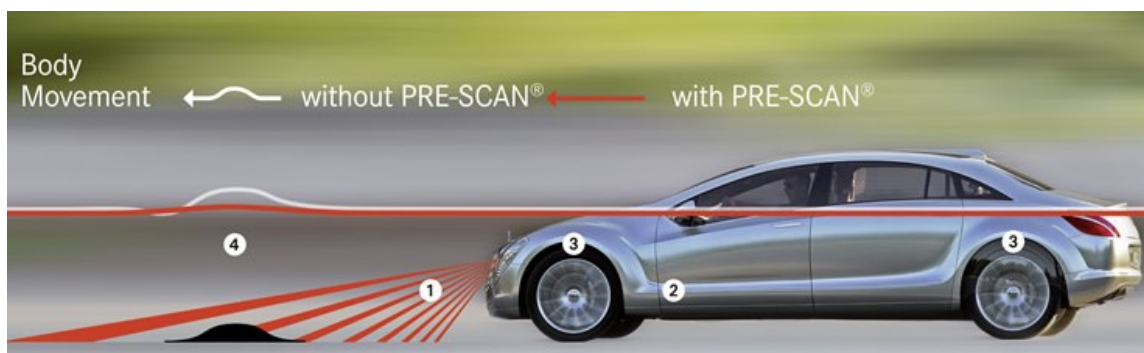
1 – hydro-elektrická jednotka BHI, 2 – přední vzpěra pérování s hydropneumatickou pérovací jednotkou, 3 – hydropneumatický regulátor pružení přední nápravy, 4 – snímač polohy přední nápravy, 5 – zadní válec pérování s hydropneumatickou pružící jednotkou, 6 - hydropneumatický regulátor pružení zadní nápravy, 7 – snímač polohy zadní nápravy, 8 – elektronická řídicí jednotka BSI, 9 – snímač polohy volantu, 10 – zásobník hydraulické kapaliny, 11 – snímač pohybu brzdového a plynového pedálu

Díky tomu systém upravuje nastavená tlumičů ještě dříve, než se vozidlo s danou nerovností dostane do kontaktu. Díky tomu vozidlo aktivně tlumí rázy i hluk až na

⁷² ATZ worldwide eMagazines 05/2008: Active Preview Suspension System – ABC Prescan in the F700

⁷³ <http://www.bxclub.cz/clanky/c5-technical-info/hydractive/citroen-c5-hydractive-3>

polovinu. Pneumatiky kopírují povrch vozovky, avšak karoserie vozidla zůstává vždy ve stejné konstantní rovině, bez ohledu na nerovnosti, po kterých auto jede **obr. 5.27**



Obr. 5.27 Systém PRE-SCAN na prototypu Mercedes-Benz F 700⁷⁴

1 – senzory v předních světlometech vysílají infračervené laserové paprsky (přibližně 70 bodů na paprsek, které snímají povrch vozovky, 2 – nerovnosti vozovky jsou zpracovány v řídicí jednotce systému a nastavení podvozku je operativně přizpůsobováno nerovnostem, 3 – hydraulické aktuátory přizpůsobují zdvih tlumičů na každém kole nezávisle, 4 – pneumatiky kopírují povrch nerovnosti, karoserie se však zdánlivě vznáší neovlivněně touto nerovností

Do sériové výroby tento systém přichází v těchto dnech s novým modelem třídy S (W222), kde je nabízen jako příplatková výbava pro nejvyšší verze pod označením Magic Body Control.

5.7 Drive By Wire

Pod tímto názvem se skrývají systémy, které vypouští mechanickou vazbu mezi při ovládání vozidla a jsou nahrazeny čistě elektronickými signály. Tím dochází ke snížení hmotnosti daných celků, zrychlení reakcí na řidičovy pokyny, lepší spolupráci ostatních souvisejících elektronických systému a také ke zvýšení bezpečnosti. V současné době je tento systém užíván u plynových pedálů, kdy mechanickou vazbu mezi pedálem a škrticí klapkou nahradila elektronika. U některých hybridních vozů, jako např. u Toyoty Prius je řízení Drive By Wire aplikováno i u pedálu brzdy. Řidič tak při sešlápnutí brzdového pedálu nevyvíjí tlak přímo na hydraulický brzdový systém, ale pouze dává pokyny řídicí jednotce o jeho brzdných úmyslech. Ta následně vyhodnotí intenzitu, jakou je třeba brzdit. Podle toho užije buď pouze rekuperačního brzdění k napájení akumulátorů, nebo do hry zapojí i klasický hydraulický brzdový systém.

Automobilka Nissan příští rok uvede do sériové výroby elektronické řízení, kde již částečně odpadne mechanická vazba mezi volantem a koly (**obr. 5.28**). Na přední nápravě jsou dva elektromotory, které hýbou tyčemi řízení mezi koly, a vedle snímače

⁷⁴ <http://500sec.com/prescan-suspension/>

otáček volantu je tu ještě kamera, která hlídá jízdní pruhy a umí v nich auto udržet. V případě situace, kdyby selhaly všechny počítače najednou, je tu ale stále ještě jednoduchá tyč řízení. Ta je ale normálně odpojena pomocí rozepnuté spojky a je tu jen pro případ nouze, kdyby náhodou došlo k totálnímu selhání elektroniky celého vozu. Vedle funkcí jako parkovací asistent má pomoci například s bočním větrem na dálnici, kdy automaticky mírně natočí kola, aniž by musel řidič točit volantem. A podle Nissanu má systém poskytovat lepší zpětnou vazbu než některé současné systémy, neboť bude programovatelná a řidič si sám nastaví, jakou odezvu chce. První vlašťovka s tímto systémem pojmenovaným Direct Adaptive Steering byla představená na Detroitském autosalonu 2013 v modelu Infinity Q50.



Obr. 5.28 Schéma elektronického řízení Nissan⁷⁵

5.8 Adaptivní tempomat ACC⁷⁶, Před-nárazové bezpečnostní systémy

Adaptivní tempomat byl vyvinut pro zvýšení řidičova komfortu především při jízdě v hustějším provozu. Tento systém funguje na základním principu klasického tempomatu, tzn., že umí udržovat navolenou rychlost jízdy. Přitom však sleduje dění před vozem a nedovolí, aby se vozidlo nebezpečně přiblížilo ke vpředu jedoucímu vozidlu.

První komerční využití tohoto systému bylo představeno v roce 1998 společností Daimler-Chrysler na vozidle Mercedes-Benz třídy S se systémem od firmy Siemens obchodně označovaným Distronic. Hned po něm další výrobci usilovně vyvíjeli svůj vlastní systém ACC. Firma Delphi představila svůj první obdobný systém na vozidle Jaguar XKR v roce 1999.

⁷⁵ <http://www.gizmag.com/nissan-infiniti-drive-by-wire/24605/>

⁷⁶ Just-Auto: Active and Passive safety systems intelligence services, Vlk F.: Automobilová elektronika 1, <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-03-153-156.pdf>

Základní princip adaptivní regulace rychlosti jízdy a bezpečné vzdálenosti ACC (Adaptive Cruise Control) slouží v konstantní regulaci rychlosti, kterou si řidič navolí a udržování bezpečného odstupu mezi vozidly. Systém tak hlídá za řidiče, který jede předvolenou rychlostí, bezpečný odstup od vpředu jedoucího vozidla a přizpůsobuje rychlost aktuálním situacím před vozidlem. Dokáže přizpůsobit rychlost samočinným zrychlením, ubráním plynu, nebo brzděním. Základ systému je postaven na komponentech elektronických systému brzd (ABS, ASR, ESP) a dále jej tvoří dálková radarová čidla, která sledují dění v oblasti před vozidlem a jednotka regulátoru.

Obecně má systém ACC tyto výhody:

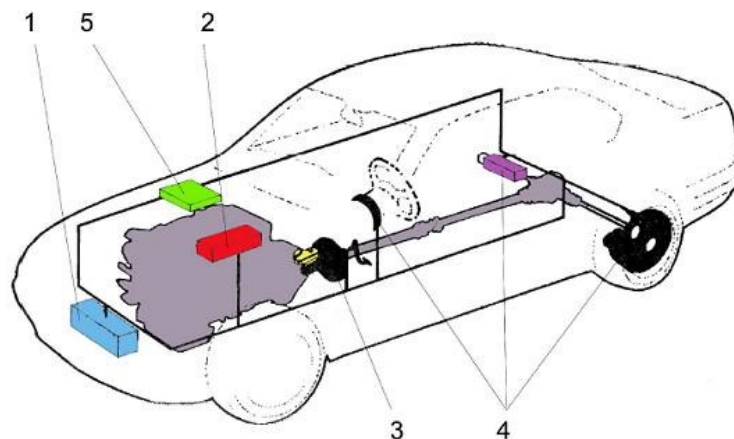
- poskytuje řidiči zvýšený přehled o situaci;
- funguje automaticky a zvyšuje připravenost řidiče;
- udržuje bezpečnou vzdálenost mezi vozidly;
- pracuje dobře v podmínkách špatné viditelnosti;
- samočinně brzdí bez zásahu řidiče;
- poskytne řidiči delší čas k reakci.

Systém ACC měří pomocí vozidlem vysílaného a odrazem přijímaného signálu vzdálenost s a rozdíl rychlostí mezi vozidly v_r . Při známé vlastní rychlosti v_2 může být určena rychlost vpředu jedoucího vozidla $v_1 = v_2 + v_r$. Počítač vypočítá z rychlosti v_1 a v_2 brzděného zpomalení vozidel a_{1max} a a_{2max} při uvažování reakční doby řidiče t_r bezpečný odstup s_b . Jestliže je vzdálenost mezi s mezi vozidly menší, než bezpečný odstup s_b , následuje akustické a optické varování řidiči, popřípadě je vydán pokyn k brzdění.

Citlivé senzory radarového systému předávají řídicí jednotce neustále informace o odstupu vpředu jedoucích vozidel, nebo o jiných překážkách před vozem. Pokud výkonný procesor systému automatického brzdění vyhodnotí, že by vzhledem k rychlosti jízdy a odstupu od překážky mohlo dojít ke kolizi, zaručí zařízení maximálně rychlý nárůst tlaku v brzdové soustavě. Díky tomu automatický brzdový asistent systému ACC uspoří zlomky sekund, díky nimž se zkrátí brzdná dráha, která může zásadním způsobem zmírnit následky případného nárazu.

Asistenční systém ACC obsahuje:

- snímač vzdálenosti;
- elektronické řízení hydraulického brzdového systému;
- snímače stáčivé rychlosti, otáček kol a úhlu natočení volantu;
- regulátor ACC.



Obr. 5.29 Prvky systému ACC⁷⁷

(1 – snímač vzdálenosti, 2 – řídicí jednotka motoru, 3 – elektronické řízení brzd, 4 – snímače stáčivé rychlosti, příčného zrychlení, otáček kol a úhlu řízení, 5 – regulátor ACC)

Snímač vzdálenosti je radarový snímač s dlouhým dosahem, který bývá namontován v přední části vozidla, nejčastěji v nárazníku, nebo v mřížce chladiče. Čočka, která bývá často vyhřívána, činí systém nezávislým na povětrnostních vlivech. Radarový senzor Long-Range (LRR) pracuje na frekvenci 77 GHz (tato frekvence byla vymezena pro automobily v Japonsku, USA a Evropě) v úhlové výšce kolem 10° a dosahuje až vzdálenosti 200 m. Čtyři překrývající se radarové kužele (**obr. 5.30**) testují prostor před vozidlem vysláním cíleně modulovaných frekvencí a odpovídajících vyhodnocovacích algoritmů zajišťuje systém vzdálenosti a rychlosti zachycených vozidel.

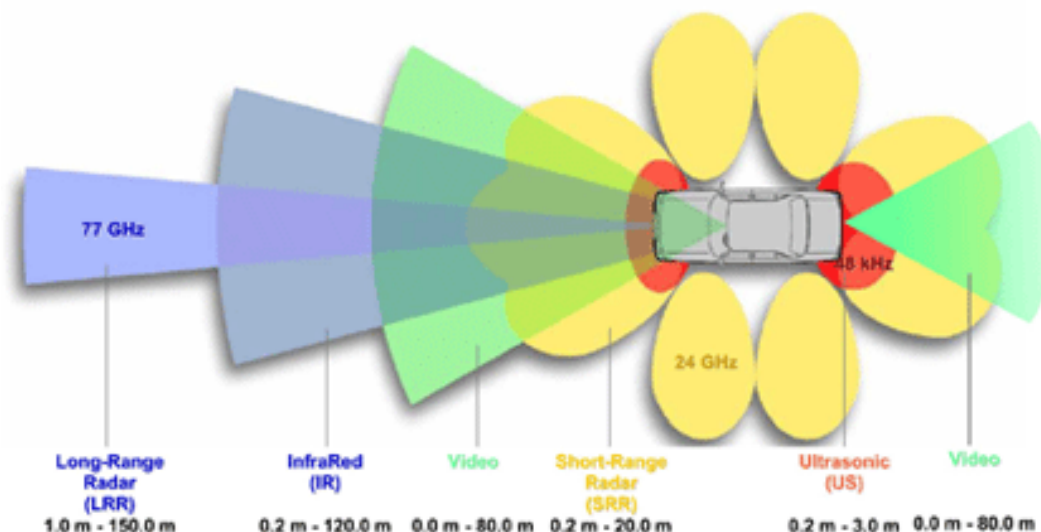


Obr. 5.30 Radarový snímač systému ACC (Bosch)⁷⁸

⁷⁷ <http://www.autoklinika.cz/glossary/acc-adaptive-cruise-control.html>

⁷⁸ www.carpages.co.uk/bmw/bmw-3-series-18-05-05.asp

V současné době je v automobilovém průmyslu využíván systém ACCplus, který reguluje vzdálenost od vozidla jedoucího vpředu podle rychlosti do úplného zastavení a pomáhá tak řidiči zejména v hustém provozu v dopravních zácpách. Dodatečně k signálům radaru LRR zpracovává systém informace z videokamery a další eventuální sensoriky blízké vzdálenosti.



Obr. 5.31 Souhrn snímačů pro vozidlové asistenční systémy⁷⁹

(LRR – radar s dlouhým dosahem, IR – infračervená kamera, Ultrasonic – ultrazvuk, SRR – radar s krátkým dosahem)

Další systémy, které dokážou zabránit srážkám nejen s vozidly vpředu, ale také s chodci, či cyklisty v hustém městském provozu jsou stále vyvíjeny a zdokonalovány.

Většina výrobců má pro systémy, které mají zabránit případnému střetu svá vlastní obchodní označení, která jsou uvedena v tabulce 5.32.

V roce 2008 uvedla automobilka Volvo první sériový model (XC60), který využíval sensor CV (Closing Velocity) od společnosti Continental. Systém zvaný **City Safety** je vytvořen tak, aby pomohl řidiči zabránit kolizi s pomalu jedoucím vozem před ním v hustém městském provozu. Technici automobilky Volvo vycházeli při konstrukci tohoto systému ze skutečnosti, že zhruba tři čtvrtiny všech dopravních nehod se stávají v rychlostech do 30 km/h. V polovině z těchto případů přitom řidič před kolizí ani nesešlápně brzdu, neboť se jedná o důsledek jeho nepozornosti. Pokud vozidlo jedoucí před vozem vybaveným systémem City Safety náhle zastaví a systém zjistí, že kolize je nevyhnutelná, připraví brzdy a upozorní řidiče na nebezpečí. Pokud nezareagujete, začne auto samo brzdit. V rychlostech do 15 km/h umí systém srážce zcela zabránit, při

⁷⁹ www.eetimes.com

rychlostech vyšších alespoň minimalizuje riziko střetu a následky situace, kdy ke střetu dojde. Významně tím přispívá k ochraně osob a majetku.

Výrobce	Název systému
Acura	<i>Collision mitigation brake system (auto braking)</i>
Audi	<i>Braking guard /Pre Sense (auto braking), Braking guard</i>
BMW	<i>Collision warning system (auto braking)</i>
Cadillac	<i>Forward collision alert</i>
Chrysler, Dodge, Jeep, Porsche, Rolls – Royce, Infinity	<i>Forward collision warning</i>
Ford, Lincoln	<i>Collision warning with brake support</i>
Hyundai	<i>Pre-collision warning</i>
Jaguar, Land Rover,	<i>Forward alert</i>
Lexus, Toyota	<i>Pre-collision system, advanced pre-collision (auto braking for both)</i>
Mercedes - Benz	<i>Distronic Plus (auto braking), Distronic PRE-SAFE</i>
Volvo	<i>Collision warning with auto brake (auto braking)</i>

Tab. 5.32 *Názvy před-nárazových systémů vybraných výrobců⁸⁰*

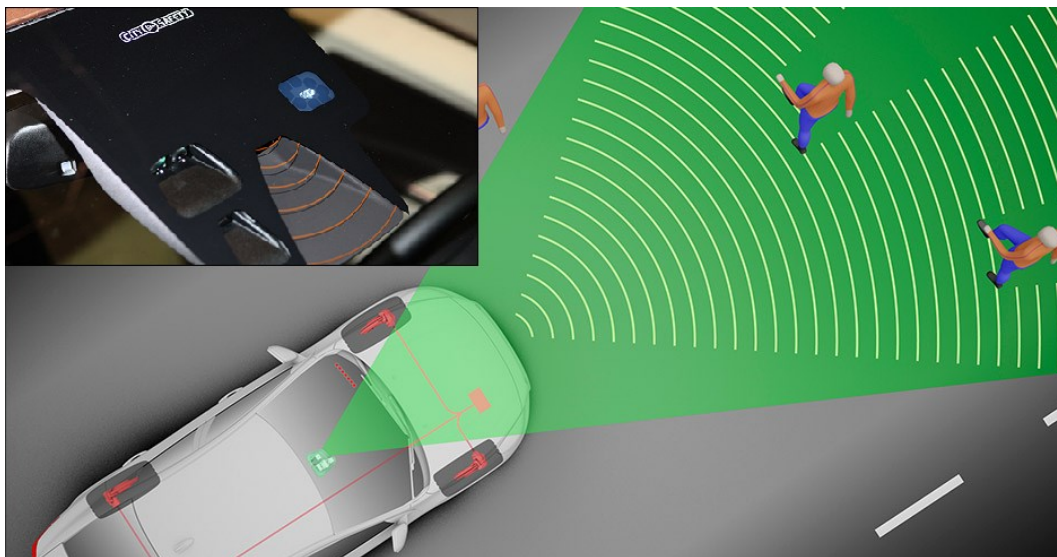
Systém využívá radar s dlouhým dosahem LRR a aktivní infračervený laserový senzor (LIDAR), integrovaného do horní části čelního skla ve výšce vnitřního zpětného zrcátka, jehož tři paprsky (pro levou a pravou stranu a pro přímý směr) sledují prostor ve vzdálenosti do 6 m před vozidlem a centrální řídicí jednotku. Úkolem radaru je detekovat chodce, nebo automobily před vozidlem a určovat jejich vzdálenost. Pokud je rozdíl rychlostí mezi vozidly 15km/h a méně, City Safety (**obr. 5.33**) je schopno zastavit vozidlo bez řidičovy pomoci. Pokud je rychlostní rozdíl mezi vozidly mezi 15km/h a 50km/h, tento systém nebude schopen předejít srážce zcela, ale alespoň částečně zmírní její následky.

Další nadstavbou tohoto systému je systém rozpoznání chodců a cyklistů (Pedestrian and Cyclist Detection)⁸¹, který je doplněn o kameru umístěnou v blízkosti laserového

⁸⁰<http://www.extremetech.com/extreme/90470-technology-1-distracted-drivers-0-volvo-city-safety-cuts-accidents-by-27>

⁸¹ <https://www.media.volvocars.com/global/enhanced/en-gb/media/preview.aspx?mediaid=48219>

senzoru. Zatímco radar zjišťuje vzdálenost od objektů před vozidlem, kamera rozpoznává jejich tvar a porovnává je s daty uložených v systému vozidla. Podle toho umí rozeznat i chodce, či cyklisty. Je schopná detekovat až 64 chodců a v případě nutnosti automaticky zabrzdít. Poslední evoluce tohoto systému navíc funguje již do rychlostí 50km/h, což přispívá k mnohem vyšší efektivitě.



Obr. 5.33 *Systém Volvo City Safety*⁸²

S podobnými systémy přicházejí i jiní výrobci. Díky Continentalu, který vyvinul jednoduchý a levný systém s infračerveným senzorem, snadno adaptovatelný pro vozy všech tvarů a velikostí není problém tento systém montovat i do nejlevnějších městských aut. Škoda tento systém nazývá **City Safe Drive** (sám výrobce, firma Continental tento systém nazývá Emergency Brake Assist) a montuje ho do své nejmenší modelové řady Citigo. Citigo s automatickými brzdami sleduje v rychlostech od 5 do 30 kilometrů v hodině situaci před sebou, a pokud zaregistruje překážku, dokáže samočinně zastavit, nebo alespoň zpomalit. Systém by měl zachránit bezpočet narázníků a chránit měkké tkáně cestujících, které tak často přijdou k úhoně v dopravních zácpách. City Safe Drive využívá aktivní infračervený laserový senzor (LIDAR), který sleduje situaci 10 m před autem. Hledá překážky, které se nehýbou, nebo jedou stejným směrem jako vůz se senzorem a funguje do 30 kilometrů v hodině. Dolní hranice se pohybuje kolem pěti kilometrů v hodině.⁸³

5.9 Systémy udržující vozidlo v jízdním pruhu

Velmi častou příčinou dopravních nehod na silnicích a dálnicích jsou zapříčiněné únavou řidiče. Ta může zapříčinit nepozornost, nebo tzv. mikrospánek⁸⁴, kdy řidič na

⁸² www.auto123.com

⁸³ <http://www.autoweb.cz/skoda-citigo-city-safety-drive/>

⁸⁴ Mikrospánek je pro řidiče nebezpečný stav mezi bdělostí a spánkem, trvá 3 až 15 sekund. Po uplynutí této doby dojde k usnutí, nebo probuzení

krátkou dobu usne za volantem, což může mít fatální následky zvláště ve vysokých rychlostech, kdy vozidlo může velmi rychle očistit svůj jízdní pruh.

V současnosti již většina výrobců tak nabízí do svých vozidel systémy, které řidiče upozorní na nechtěné opuštění jízdního pruhu, nebo systémy, které udržují vozidlo pomocí zásahů do brzd či řízení v daném jízdním pruhu. Podobný systém byl poprvé představen na konci 90. let na nákladním voze Mercedes-Benz Actros. Řidič byl upozorněn na nechtěné opuštění jízdního pruhu pomocí zvukové signalizace na té straně, kde došlo k opuštění jízdního pruhu. Pokud řidič dal znamení o změně směru jízdy, systém žádný varovný signál nevydával. Krátce na to začalo mnoho výrobců osobních aut montovat podobné systémy i do svých produkčních osobních aut.

Firma Citroen tento systém označuje zkratkou AFIL. Pod předním nárazníkem je umístěno šest infračervených snímačů, tři na každé straně, které se skládají z infračervené diody a detekční buňky. Ty detekují jízdní pruhy na vozovce a dojde-li při rychlostech nad 80 km/h k přejetí dělicí čáry bez sepnutých směrových světel, řidič je pomocí vibrací do sedadla na té straně, na které došlo k přejetí čáry, o této skutečnosti informován (*obr. 5.34*).



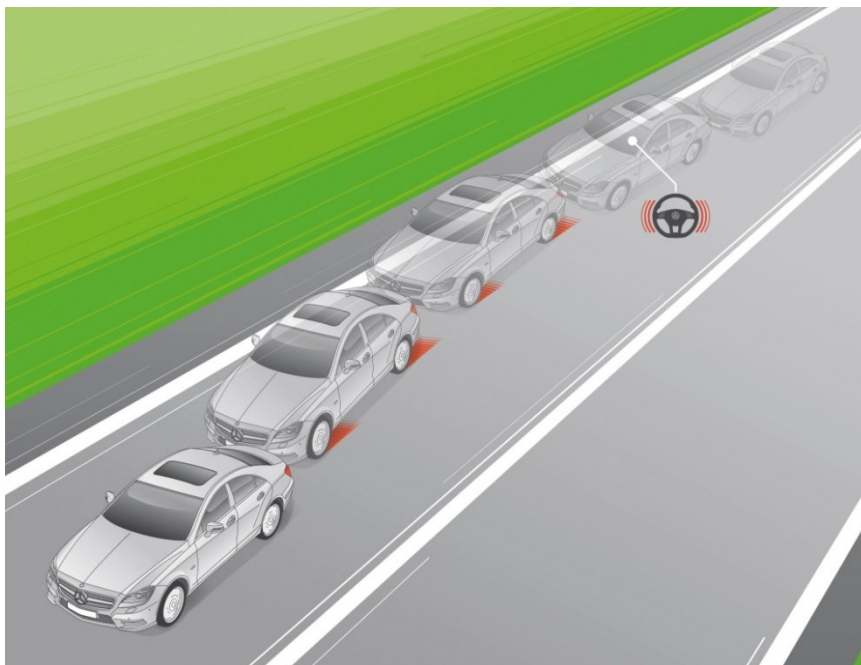
Obr. 5.34 Systém udržení v jízdním pruhu Citroen⁸⁵

Převážná většina výrobců tento systém v současné době řeší pomocí kamery umístěné na čelním sklu, o které byla řeč již v předchozí kapitole. Kamera dokáže identifikovat čáry vodorovného značení na vozovce.

Honda tento systém označuje zkratkou LKAS. Pokud se vozidlo vybavené systémem LKAS dostane příliš blízko k okraji jízdního pruhu, na multifunkčním displeji se zobrazí varování a zazní zvuková signalizace. Systém za pomoci alespoň částečné řidičovy síly vrátí vozidlo zpět doprostřed jízdního pruhu, vypne upozornění na přístrojové desce a přestane působit silou na řízení. Podobně dnes pracují i systémy ve vozidlech koncernu Volkswagen.

⁸⁵ <http://www.citroen.cz/technologie/>

Mercedes varuje před nechtěným opuštěním jízdního pruhu vibracemi do volantu a následně zvukovými a vizuálními upozorněními na přístrojovém štítu. Současně se snaží vozidlo udržet v jízdním pruhu pomocí zásahu do brzdové soustavy tak, že přibrzdí kola na opačné straně, než na které došlo k přejetí jízdního pruhu (*obr. 5.35*).



Obr. 4.35 Systém udržení v jízdním pruhu Mercedes-Benz⁸⁶

5.10 Systémy sledování únavy řidiče

Všechny dosud i dále zmíněné systémy jsou navrhovány jako velmi spolehlivé a jejich činnost je průběžně sledována a testována. Výsledkem je, že nejméně spolehlivou součástí celého systému řízení vozidla se stává samotný řidič. Ten sice funguje jako velmi univerzální regulátor se schopnostmi se učit, plánovat svou činnost dopředu, improvizovat ve složitých dopravních situacích, pro které neexistují předem daná pravidla atd. Naproti tomu řidič podléhá únavě, snižující jeho pozornost a schopnost rychle reagovat, jeho pozornost ovlivňují různé emocionální stavy a může být i pod vlivem alkoholu nebo drog. Proto je nutné sledovat i stav řidiče a při poklesu jeho schopností pod určitou mez ho varovat a popř. mu i zamezit pokračovat v jízdě (např. pod vlivem alkoholu). To je problém velmi intenzivně sledovaný.⁸⁷

Zpravidla dochází nejčastěji k nehodám způsobených mikrosnávkami:

- Na dlouhých cestách po monotónních komunikacích dálničního typu;
- Mezi druhou a šestou hodinou ranní;

⁸⁶ <http://www.autoevolution.com/news-image/lane-keeping-assist-systems-explained-25459-2.html>

⁸⁷ www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30855

- Mezi čtrnáctou a šestnáctou hodinou (zejména po jídle nebo po konzumaci alkoholického nápoje);
- Pokud řidič spal předcházející noc méně než obvykle;
- Po konzumaci alkoholu;
- Při užívání léků způsobujících otupělost;
- Při návratech z nočních směn.

Rizikové skupiny:

- Mladí muži, především do 26 let;
- Lidé pracující na směny, nebo lidé pracující více jak 60 hodin týdně;
- Profesionální řidiči a obchodní zástupci;
- Lidé s neléčenými poruchami spánku;
- Lidé užívající léky způsobujících otupělost.

Podle provedených studií jsou následky únavy exponenciálně rostoucí.⁸⁸

V dnešní době existuje několik komerčních systémů, které zjišťují řidičovu únavu. Volvo vyvinulo systém, který nazývá Drive Alert Control. Pracuje od rychlosti vyšší, jak 65 km/h a využívá digitální kamery monitorující vozovku před vozem a získaných dat ze snímače natočení volantu. Systém je schopný rozeznat normální způsob řízení od neklidného. Kontrolka řidiče informuje o stupni jeho bdělosti a případně upozorní řidiče zvukovým signálem.

Na podobném principu pracuje i systém varování únavy řidiče automobilky Ford. Základní princip systému využívá toho, že unavený řidič upadající do mikrospánku se vychyluje z požadovaného směru jízdy, který následně prudce koriguje pohyby volantem. Systém měří rychlosti stáčení kolem podélné osy vozidla a na základě těchto informací prudké zásahy do řízení analyzuje. Dále je systém vybaven kamerou, která sleduje vodorovné dopravní značení a analyzuje aktuální směr jízdy vzhledem k čarám vyznačujícím jízdní pruhy. Pokud systém vyhodnotí nějaký možný rozpor, vydá upozornění a varovnou zprávu pro řidiče.

Systém od automobilky Volkswagen sleduje úhel natočení volantu, spolu s dalšími parametry, jako je příčné zrychlení, či používání pedálů. Hned na začátku každé jízdy analyzuje systém charakteristické chování řidiče za volantem. Systém sledování únavy řidiče pak za jízdy průběžně vyhodnocuje jednotlivé signály. Jakmile parametry naznačují odchylku od chování řidiče na začátku jízdy, zazní akustický signál a objeví se grafické upozornění. Tento systém nedává výstrahu v akutních případech mikrospánku. Systém rozpoznávání únavy řidiče se soustředí na rozpoznávání prvních

⁸⁸ www.mikrospanek.cz/mikrospanek-unava-a-ospalost-za-volantem

příznaků ztráty koncentrace. Při rozpoznání příznaků únavy upozorní systém řidiče symbolem kouřícího šálku kávy s doporučením, aby si řidič udělal přestávku.⁸⁹

Mercedes označuje podobný systém jako asistent sledování bdělosti. Systém zpracovává obraz vozovky a její značení. Spolu se sledováním reakcí řidiče, zda je opuštění jízdního pruhu úmyslné. Asistent sledování bdělosti nepřetržitě vyhodnocuje více než 70 parametrů, podle kterých je detekována únava. Kromě rychlosti, podélného a příčného zrychlení vozu, mapuje systém například také zapojení směrových blikáčů, pedálů, dobu řízení a dalších funkcí. Dále bere v potaz boční vítr nebo nerovnosti na vozovce. Během prvních minut každé jízdy vytváří individuální profil řidiče, který se v elektronické řídicí jednotce vozidla porovnává s aktuálními daty senzorů a danou jízdní situací.

⁸⁹ [www.autokaleidoskop.cz/Novinky/VW-Tiguan-asistencni-systemy-\(II\)](http://www.autokaleidoskop.cz/Novinky/VW-Tiguan-asistencni-systemy-(II))

6 Dotazník hodnotící subjektivní dojmy a pocity z interiéru vozidel

Při příležitosti konání mezinárodního veletrhu osobních automobilů Autosalon Brno 2013, který se konal ve dnech 4. - 8. 4. 2013, byl v rámci diplomové práce vypracován dotazník. Smyslem dotazníku bylo zjistit subjektivní dojmy a pocity široké veřejnosti z interiérů různých vozidel. Dotazník se skládal z pěti jednoduchých otázek mající souvislost s aktivní bezpečností vozidel. Návštěvníci autosalonu odpovídali na kladené otázky bodovým hodnocením v rozmezí 1 – 10 bodů. Nejnižší dosažitelné skóre byl 1 bod, nejvyšší pak 10 bodů. Vzor dotazníku je uveden v příloze.

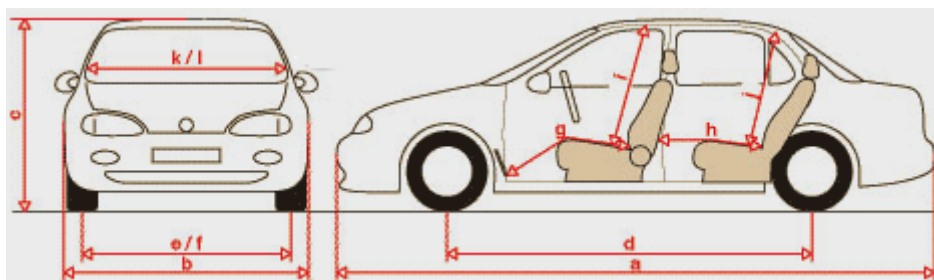
Vypracování dotazníku probíhalo ve dnech 5. a 6. 4. 2013. Pro objektivnost dotazníku bylo třeba získat odpovědi od pokud možno největšího počtu respondentů. Na každé vozidlo jsem se tak dotazoval šedesáti návštěvníků autosalonu. Jednotliví účastníci dotazníku si museli upravit pozici sedadla a volantu do takové polohy, aby jim byla přirozená a pohodlná na obsluhu jednotlivých ovládacích prvků a byla tak pokud možno totožná s pozicí, při které by dané vozidlo obsluhovali v reálném provozu.

6.1 Dotazované otázky

- **Výhled všemi směry** – hodnocen byl výhled z vozidla do všech směrů včetně výhledu přes vnitřní a vnější zpětná zrcátka;
- **Dosažitelnost ovládacích prvků a tlačítek** – respondenti hodnotili umístění jednotlivých ovladačů a tlačítek a jejich dosažitelnost;
- **Přehlednost, intuitivnost a logika ovládání** – v této otázce byl kladen důraz na obsluhu ovládání. Dotazovaní hodnotili především to, jak na ně působí rozmístění jednotlivých tlačítek a ovladačů, jejich tvar, popisky a celková přehlednost, grafika a intuitivnost všech hodnocených prvků;
- **Sedění, pozice za volantem** – hodnoceny byly dojmy a pocity ze sedění v daném vozidle. Jednalo se tak hlavně o tvar sedadla a o možnost jeho seřízení pro nalezení ideální pozice za volantem;
- **Celkový dojem z interiéru** – tato otázka shrnovala veškeré pocity z estetiky a dizajnu interiéru, které jsou tolik důležité pro simulaci psychické pohody na palubě vozidla.

6.2 Hodnocená vozidla

Pro potřeby dotazníku byla vybrána pětice modelů různých výrobců s podobnými vnějšími a vnitřními rozměry (*tab. 6.2*).



Obr. 6.1 Nákres rozměrů vozidel⁹⁰

ROZMĚRY DLE NÁKRESU	BMW	VOLVO	HYUNDAI	FORD	MINI
a) délka (mm)	4324	4369	4300	4380	4110
b) šířka (mm)	1765	1857	1780	1858	1789
c) výška (mm)	1421	1445	1470	1484	1561
d) rozvor (mm)	2690	2647	2650	2648	2595
e) rozchod vpředu (mm)	1535	1559	1555	1544	1525
f) rozchod vzadu (mm)	1569	1549	1563	1534	1551
g) podélný prostor vpředu min/max (mm)	890/1120	850/1070	830/1060	840/1050	870/1060
g) podélný prostor vzadu min/max (mm)	540/780	590/850	570/860	630/880	670/880
i) výška nad sedadlem - vpředu (mm)	1015	1000	1015	1050	950
i) výška nad sedadlem - vzadu (mm)	950	900	940	930	930
k) šířka vpředu (mm)	1450	1490	1470	1475	1380
i) šířka vpředu (mm)	1410	1460	1470	1470	1350
délka sedáku vpředu (mm)	520	520	500	510	520
výška opěradla vpřed (mm)	625	630	660	640	600

Tab. 6.2 Porovnání rozměrů jednotlivých vozidel⁹⁰

⁹⁰ www.auto.cz

Prvním dotazovaným vozidlem bylo **Mini Countryman** (*obr. 6.3*).



Obr. 6.3 Mini Countryman⁹¹

Mini jako jediné z dotazovaného výběru nespadá do kategorie nižší střední třídy, ale do dnes tolik populární kategorie malých SUV crossoverů. Bylo vybráno pro podobné vnější rozměry jako ostatní vozidla a pro svůj poměrně netradiční a neotřelý design interiéru. Při sběru odpovědí, byly patrné větší sympatie ženské části populace k interiéru Countrymana. V dotazníku bylo hodnoceno jako druhé nejhorší z hodnocené pětky. Hned ve třech otázkách získal nejméně bodů v celém dotazníku. Vůbec nejhorší bodové hodnocení si Countryman odnesl za otázku týkající se výhledu všemi směry. Celkově druhý nejhorší výsledek v dotazníku obdržel za přehlednost, intuitivnost a logika ovládání.

Dalším vozidlem byl typický představitel nižší střední třídy, **Ford Focus** (*obr. 6.4*). Tento automobil se v prodejnosti umísťuje na čelních příčkách ve všech státech Evropy. I přes to však skončil v dotazníku na nejhorším pátém místě. Neexceloval v žádné z hodnocených kategorií, nejlepšího výsledku dosáhl pouze v dosažitelnosti všech ovládacích prvků a tlačítek. I zde však jen těsně porazil Mini Countryman. Nejvíce kritiky dostal za velký počet, malé rozměry a celkovou nepřehlednost a neintuitivnost rozmístění jednotlivých ovládacích tlačítek na středovém panelu.

⁹¹ rumors.automobilemag.com



Obr. 6.4 Ford Focus⁹²

Třetím hodnoceným vozidlem bylo **Volvo V40 CrossCountry** (*obr. 6.5*). Čerstvá novinka dnes již švédsko-čínského výrobce si odnesla prvenství v otázce celkového dojmu z interiéru, kde dosáhla nejlepšího skóre ze všech vozidel. Při získávání odpovědí, však byla u mnohých respondentů cítit jistá loajalita a patriotismus k značce Volvo. Velmi dobře bylo Volvo hodnoceno také za sedění a pozici za volantem. Naopak nejvíce kritizovaným na tomto autě byla přehlednost, intuitivnost a logika ovládání, kde dotazovaní nejvíce kritizovali velké množství celkem malých tlačítek na středovém tunelu. V celkovém pořadí dosáhl na třetí příčku.

Předposledním vozidlem v dotazníku bylo v České republice vyráběné a v dnešní době velice populární **Hyundai i30** (*obr. 6.6*). Vůz byl nejlépe hodnocen v kategorii dosažitelnosti ovládacích prvků a tlačítek, kde těsně porazil BMW. Nejméně bodů si odnesl za výhled všemi směry. Často kritizovanými prvky v interiéru byla také přemíra tlačítek na volantu. V celkovém pořadí se umístil na druhém místě.

⁹² firm-guide.com



Obr. 6.5 Volvo V40 CrossCountry⁹³



Obr. 6.6 Hyundai i30⁹⁴

Posledním vozidlem v dotazníku bylo BMW 116i (*obr. 6.7*). U tohoto vozidla byly patrná loajalita a patriotismus k dané značce ještě více, než v případě Volva. Možná, nebo právě díky tomu, BMW skončilo jako nejlépe hodnocené vozidlo v dotazníku. Vyhrálo hned ve třech kategoriích. Vůbec nejlepší hodnocení si odneslo za sedění a pozici za volantem. Dotazovaní byli velice spokojení i s výhledem všemi směry a přehledností ovládání.

⁹³ news.drive.com.au

⁹⁴ www.autoforum.cz



Obr. 6.7 BMW 116i⁹⁵

6.3 Vyhodnocení dotazníku

Jednotlivé výsledky všech vozidel v daných kategoriích jsou přehledně zobrazeny v následující tabulce.

Vozidlo	Výhled všemi směry	Dosažitelnost ovládacích prvků a tlačítek	Přehlednost, intuitivnost a logika ovládání	Sedění, pozice za volantem	Celkový dojem z interiéru	Průměrné hodnocení
Mini	6.82	8.13	6.92	8.52	7.9	7.66
Ford	7.63	8.19	7.13	7.72	7.53	7.64
Volvo	7.3	8.23	7.22	8.82	9	8.11
Hyundai	7.88	8.79	8.3	8.63	8.74	8.47
BMW	8.12	8.77	8.72	9.19	8.49	8.66
Celkové výsledky						Celkové pořadí
1.místo	BMW	Hyundai	BMW	BMW	Volvo	BMW
2.místo	Hyundai	BMW	Hyundai	Volvo	Hyundai	Hyundai
3.místo	Ford	Volvo	Volvo	Hyundai	BMW	Volvo
4.místo	Volvo	Ford	Ford	Mini	Mini	Mini
5.místo	Mini	Mini	Mini	Ford	Ford	Ford

Tab. 6.8 Výsledky dotazníku⁹⁶

Z uvedené tabulky je patrné, že rozdíly mezi jednotlivými vozy nejsou nijak propastné. Bodový rozdíl mezi nejlépe hodnoceným BMW a nejhůře hodnoceným Fordem Focus je pouze 1,02 bodu. Z výsledků lze usuzovat, že interiéry současně vyráběných vozidel nadprůměrně splňují jednotlivá kritéria důležitá pro aktivní bezpečnost a běžný spotřebitel je s interiéry současně vyráběných vozidel spokojen. I když mají

⁹⁵ www.autopruvodce.cz

⁹⁶ Vlastní galerie autora

automobilky různé přístupy při návrhu interiéru a tvaru karoserie související s výhledem z vozidla, jednotlivé rozdíly mezi nimi jsou pro koncového zákazníka téměř zanedbatelné.

7 Praktické jízdní zkoušky

Pro ověření vlivu prvků aktivní bezpečnosti na prevenci dopravních nehod byly provedeny reálné jízdní zkoušky na apronu E Brněnského letiště v Tuřanech. Při jízdních zkouškách byl zkoumán vliv systému ESP při brzdění v zatáčce a při náhlém vyhýbacím manévru.

7.1 Zkušební dráha

Pro jízdní zkoušky bylo třeba vybrat vhodnou plochu, která by splňovala několik základních podmínek:

- dostatečné rozměry pro provedení jednotlivých jízdních testů s přihlédnutím na jejich bezpečné provedení;
- pokud možno homogenní povrch bez povrchových vad a výmolů;
- vodorovný povrch.

Jednotlivé jízdní zkoušky probíhaly na volné betonové ploše letiště Brno Tuřany označované jako APRON E (*obr. 7.1*).



Obr. 7.1 Část plánu letiště Brno Tuřany⁹⁷

Rozměry dané plochy jsou 500 x 50 m. Povrch je betonový s příčným drážkováním.

7.2 Měřený objekt

Pro provedení experimentu bylo použito vozidlo Mini John Cooper Works Cabrio. Na začátku měření byla na počítadle ujetých kilometrů indikovaná hodnota 62 km. Vozidlo tak bylo obuto do zcela nových pneumatik.

Základní technické údaje jsou uvedeny v následující tabulce.

⁹⁷ http://cs.wikipedia.org/wiki/Letište_Brno-Tuřany

Motor	obsah	1598 cm
	vrtání/zdvih	85.8/77
	maximální výkon	155 kW
	maximální točivý moment	280 Nm při 2000 - 5500 ot/min
	palivo	natrual 95
	kompresní poměr	10.5:1
	přepínání	turbodmychadlo Twin-Scroll
Jízdní výkony	maximální rychlost	233 km/h
	zrychlení 0-100 km/h	7.1 s
	zrychlení 80-120 km/h	5.7/6.8 s (4./5. převod. stupeň)
Rozměry	délka	3758 mm
	šířka	1683 mm
	výška	1414 mm
	přední/zadní převis	720/571 mm
	rozvor náprav	2467 mm
	rozchod kol vpředu	1453 mm
	rozchod kol vzadu	1461 mm
Hmotnosti	pohotovostní	1340 kg
	maximální přípustná	1695 kg
Pneumatiky, ráfky	typ	Dunlop SP Sport
	rozměry	205/45 R 17 84 W RSC
	rozměry ráfků	7.0 J x 17''

Tab. 7.2 Technická data vozidla⁹⁸



Obr. 7.3 Testované vozidlo Mini John Cooper Works Cabrio⁹⁹

⁹⁸ http://www.mini.com.cz/mini_cabrio/john_cooper_works/information/index.html

U vozidel značky MINI je stabilizační systém označován zkratkou DSC, proto již nebude nadále v textu označován zkratkou ESP, nýbrž jako DSC.

7.3 Měřicí a záznamová technika

Pro měření experimentu bylo použito několika měřících přístrojů, které si blíže popíšeme v této kapitole.

7.3.1 XL Meter™ Pro Gamma

XL Meter™ (*obr. 7.4*) od maďarské firmy Inventure je bateriově napájený akcelerometr s alfanumerickým LCD displejem, který měří zrychlení či zpomalení ve dvou osách. K přístroji je dodáváno CD obsahující software pro vyhodnocení velikosti zpomalení provozní brzdy nebo velikosti akcelerace.

Z technického hlediska se XL Meter™ skládá ze tří hlavních částí: jednotky obsahující elektronickou část, vakuové přísavky a kloubového ramena, umožňujícího přizpůsobitelné upevnění⁹³.

Měření zrychlení - Celý měřicí systém přístroje XL Meter™ je integrován na jednom akcelerometrickém čipu. XL Meter™ je schopen měření pozitivního i negativního zrychlení až do úrovně ± 2 g. XL Meter™ využívá rozdílový kapacitní senzor zrychlení. Ten se skládá z nezávisle upevněných destiček a centrálních destiček připojených k základně, které pohybem reagují na působení zrychlení.

Sběr dat - XL Meter™ je navržen pro měření zrychlení ve dvou osách (podélné a příčné) Režim měření lze spustit pouze z Režimu zobrazení stiskem červeného tlačítka. Od okamžiku započetí měření jsou data ukládána do paměti. Nezáleží na době jízdy v Režimu měření před samotným brzděním. Vždy je k dispozici přinejmenším 40 sekund záznamu pro uložení do paměti.



Obr. 7.4 XL Meter™¹⁰⁰

⁹⁹ Vlastní galerie autora

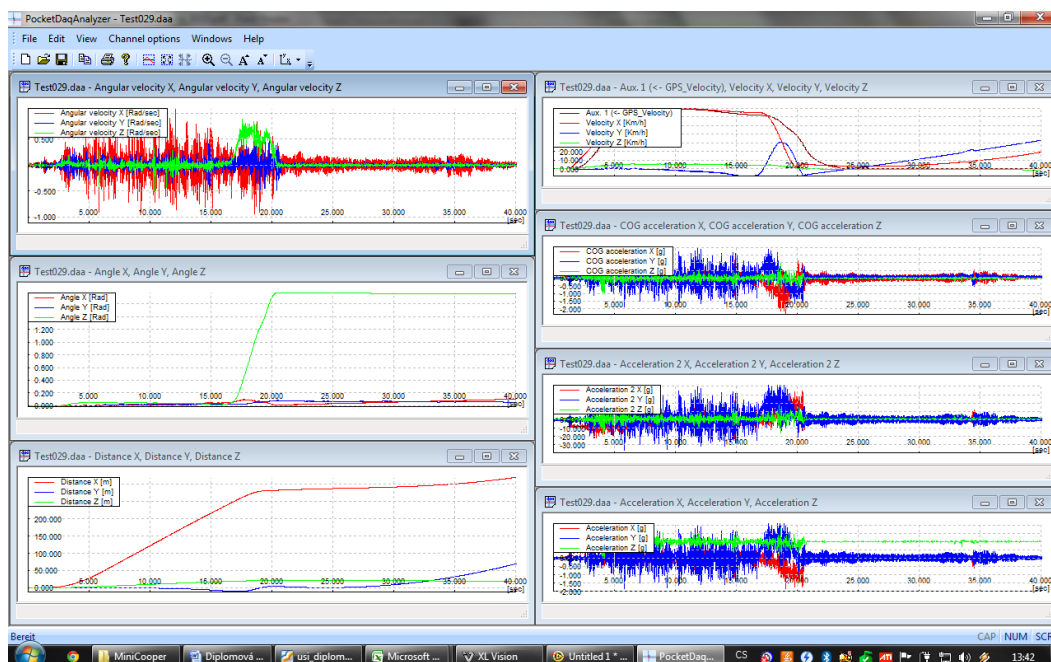
¹⁰⁰ <http://www.nehodar.cz/docs/XLMPUSRCZ.pdf>

7.3.2 Pocket DAQ

Výrobek Rakouské firmy DSD Pocket DAQ (*obr. 7.5*) dokáže měřit zrychlení a úhlovou rychlost ve všech třech ortogonálních osách. Přístroj může nahrávat měřená data při nejvyšší vzorkovací frekvenci 1 kHz až po dobu 300 s na jeden kanál. Je-li vzorkovací frekvence kanálu snížena, může přístroj data nahrávat po delší dobu. Zaznamenaná data lze přenést přímo z přístroje pomocí USB kabelu, nebo z SD karty, na kterou se měřená data ukládají. K vyhodnocení dat slouží software PocketDaqAnalyzer (*obr. 7.6*). Zaznamenané údaje jsou také k dispozici jako textový soubor ACSII, které lze dále zpracovávat v MS Excel, či LabVIEW atd.



Obr. 7.5 Pocket DAQ¹⁰¹



Obr. 7.6 Prostředí programu Pocket DAQ Analyzer¹⁰²

¹⁰¹ http://80.123.144.74/DSD/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=26&lang=de

7.3.3 Infračervený teploměr CEM DT-9860

Profesionální infračervený teploměr (*obr. 7.7*) vybavený 2,2 palcovým TFT displejem, který dokáže bezkontaktně (infračerveně) měřit teploty s pomocí vizuální kamery. Teploměr je vybaven laserovým ukazovátkem, které zvyšuje přesnost měření. Přístrojem je možné měřit tepotu a vlhkost vzduchu, teplotu rosného bodu a teplotu vlhkého teploměru. Přístroj umožňuje získávání fotografií (JPEG) nebo natáčení videa (3GP) během měření. Tato data jsou ukládána na microSD paměťovou kartu.



Obr. 7.7 Infračervený teploměr CEM DT-9860¹⁰³

7.3.4 Videokamery a fotoaparáty

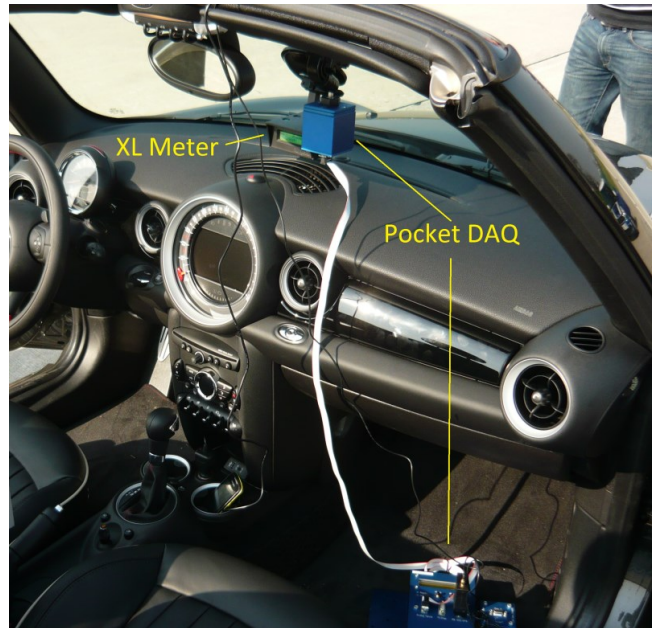
Pro veškeré záznamy z jízdních testů bylo použito celkem šesti kamer a fotoaparátů s možností video záznamu. Jedna kamera byla umístěna na řidičově bočním okénku a snímala pohyby volantu a dění před vozem. Na kapotě vozidla byla umístěna širokoúhlá kamera (úhel snímání 170°) snímající pohyb před vozem. Ostatní kamery byly rozmístěny v průběhu zkoušek na různých místech tak, aby co nejlépe zaznamenávaly pohyb vozidla na zkušební trati.

7.3.5 Umístění měřicí a záznamové techniky

Rozmístění jednotlivých měřících přístrojů ve vozidle je patrné z *obr. 7.8*. XL Meter a snímač zrychlení a úhlové rychlosti přístroje Pocket DAQ byly umístěny na přísavce na čelním skle. Ostatní komponenty přístroje Pocket DAQ byly umístěny v prostoru u nohou spolujezdce na podlaze vozidla.

¹⁰² Vlastní galerie autora

¹⁰³ <http://www.cem-instruments.com/en/UploadFile/20101111113911573.jpg>



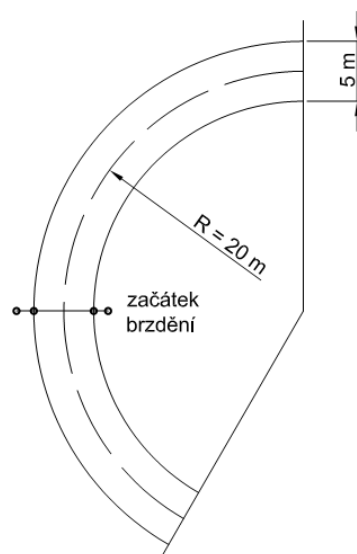
Obr. 7.8 Rozmístění jednotlivých měřicích zařízení ve vozidle¹⁰⁴

7.4 Testovací manévry

Pro zjištění vlivu systému DSC na případné zabránění dopravní nehodě byly vybrány dva typy testů. Prvním z nich bylo brzdění v zatáčce a druhým testem byl vyhýbací manévr.

7.4.1 Brzdění v zatáčce

Brzdění v zatáčce je pro aktivní bezpečnost vozidel jedním z nejdůležitějších jízdních testů. I proto byl tento test vybrán pro reálné testy v této práci.



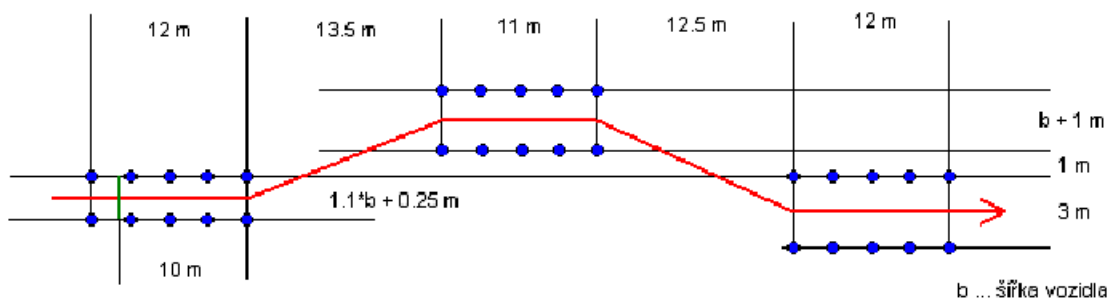
Obr. 7.9 Rozměrový náčrtek jízdní dráhy pro zkoušku “brzdění v zatáčce”¹⁰⁵

¹⁰⁴ Vlastní galerie autora

Chování vozidla při brzdění v zatáčce úzce souvisí s chováním při brzdění v přímé jízdě. Pro provedení manévru při různých rychlostech byla na letištní ploše postavena jízdní dráha podle *obr. 7.9*.

7.4.2 Vyhýbací manévr

Pro podmínky našeho testování byl vybrán manévr dle normy ISO 3888-2 (*obr. 7.10*). Metodika této zkoušky byla vypracována německou asociací výrobců automobilů VDA na základě starší zkoušky používané při novinářských a spotřebitelských testech – tzv. losího testu. Tímto byl vytvořen standard VDA Spurwechseltest, který byl následně přejet do mezinárodní normy ISO 3888-2. Losí test se poprvé dostal do podvědomí široké veřejnosti v roce 1997, kdy při tomto manévru došlo k převrácení automobilu Mercedes-Benz třídy A. Následně byl Mercedes donucen zavést stabilizační systém ESP do základní výbavy třídy A. Norma ISO definuje pouze zkušební koridor. Pro provedení zkoušky norma uvádí pouze doporučující znění o průjezdu zkušebním koridorem.



Obr. 7.10 Rozměrový náčrtek koridoru dle normy ISO 3888-2¹⁰⁶

7.5 Podmínky měření

Měření probíhalo dne 18. 4. 2013 v dopoledních hodinách na letišti v Brně Tuřanech.

- teplota vzduchu: 12 ÷ 20 °C;
- teplota a stav betonu: 10 ÷ 24 °C, suchý;
- maximální rychlost větru: 16,4 km/h.¹⁰⁷

Posádka vozidla:

- Šimon Franc;
- Tomáš Coufal.

¹⁰⁵ Vlastní galerie autora

¹⁰⁶ ÚVMV, Zkoušky na vozidle Škoda Felicia v předjížděcím manévru pro ověření počítačového modelu

¹⁰⁷ <http://freemeteo.com/default.asp?pid=155&la=12&gid=3078610&monthFrom=4&yearFrom=2013&sid=117230>

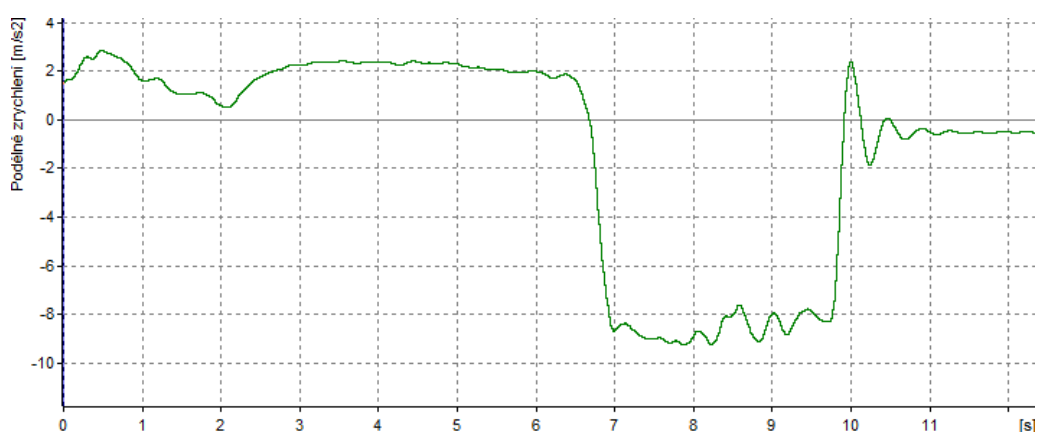
8 Vyhodnocení jízdních testů

Pro vyhodnocení naměřených údajů bylo použito programů XL Vison, LabView SignalExpress, Microsoft Excel 2010 a záznamy z kamer a fotoaparátů. Celkově bylo provedeno 50 jízdních zkoušek. Pro zjištění součinitele adheze betonového povrchu na letišti, byly nejprve realizovány brzdné zkoušky s vypnutým systémem ABS. Systém ABS byl vyřazen z provozu po vytažení spínacího relé, které je umístěno v pojistkové skříni v motorovém prostoru vozidla.

Vzhledem ke struktuře drážkování povrchu (*obr. 8.1*), které je jiné v příčném a podélném směru, byly brzdné zkoušky prováděny přes letištní plochu diagonálně. Brzdný manévr byl prováděn z počáteční rychlosti cca 50 km/h. Po těchto měřeních byla naměřena průměrná velikost brzdného zpomalení $a = 8,27 m \cdot s^{-2}$. Součinitel adheze povrchu testovací dráhy tedy byl $\mu = 0,843$.



Obr. 8.1 Detail povrchu betonové plochy¹⁰⁸



Graf 8.2 Zobrazený průběh podélného zrychlení při brzdné zkoušce programu XL Vision

¹⁰⁸ Vlastní galerie autora

Mezní rychlost pro průjezd oblouku byla spočítána ze vztahu $v_{mez} = \sqrt{r \cdot \mu \cdot g}$. Ze zjištěných hodnot součinitele adheze a poloměru testovaného oblouku byla pro tento manévru spočítána mezní rychlost $v_{mez} = 46,3 \text{ km/h}$.

Během instalace měřících přístrojů na vozidle a brzdných zkoušek byla kužely vytyčena jízdní dráha po provádění manévru “brzdění v zatáčce” **obr. 9.3** a rozmístěny kamery pro snímání průběhu zkoušky.



Obr. 8.3 Vyznačená dráha pro test “brzdění v zatáčce”¹⁰⁹

První test probíhal při rychlosti cca 45 km/h. Při této rychlosti nebyl řidičem, ani spolujezdcem zaznamenán zásah systému DSC při průjezdu zatáčkou.

Následovaly tak jízdní testy při rychlostech cca 55, 60, 65 a 70 km/h. Rychlost 70 km/h v hodině již nebylo vozidlo schopné projet, aniž by nesrazilo kužely. A to i se zapnutým ESP, proto se jím nadále nebudeme zabývat. Pro největší objektivnost jednotlivých měření, bylo měření opakováno pro každou rychlost 3x. Pro názornost jsou v této práci vybrány vždy dvě rychlosti (jedna nižší, bez velkých zásahů systému DSC a jedna vyšší se zřetelnějším zásahem DSC) z každého manévru, které nejlépe reprezentují zásahy DSC a změny průběhů bočních zrychlení a stáčivých rychlostí, při průjezdu různými rychlostmi se zapnutým nebo vypnutým DSC.

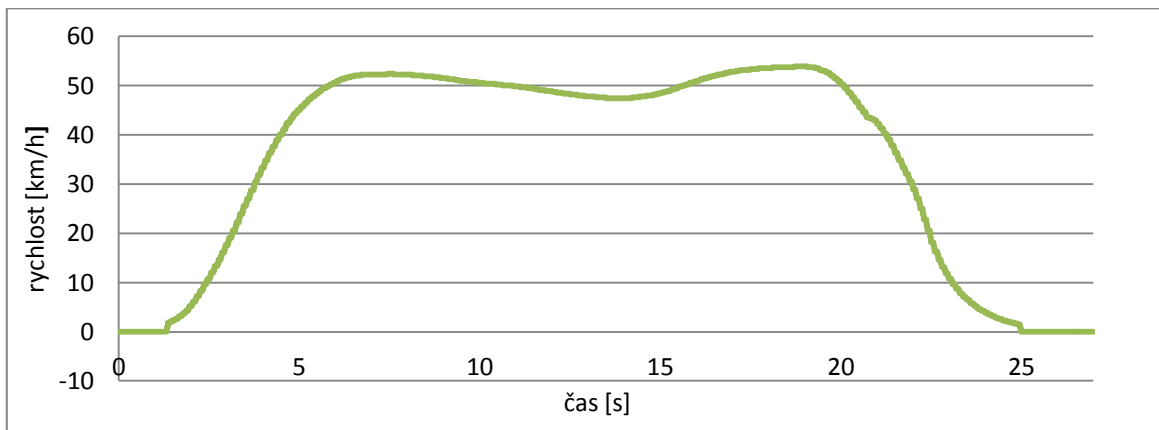
Testované vozidlo zobrazovalo informace o okamžité rychlosti nejen na analogovém rychloměru, ale také na lépe přehledném, digitálním rychloměru. Jednotlivé rychlosti pro průjezd testovací dráhou byly nastaveny pomocí tempomatu na rychlost udávanou digitálním rychloměrem.

¹⁰⁹ Vlastní galerie autora

8.1 Průjezd zatáčkou rychlostí 55 km/h

V následujících řádcích jsou zobrazeny grafy (8.5 a 8.6) s průběhy bočního zrychlení při průjezdu zatáčkou rychlostí 55 km/h se zapnutým systémem DSC. V prvním grafu je zobrazen průběh zaznamenaný pomocí přístroje Pocket DAQ, druhý graf zobrazuje průběh bočního zrychlení zaznamenaný pomocí XL meteru.

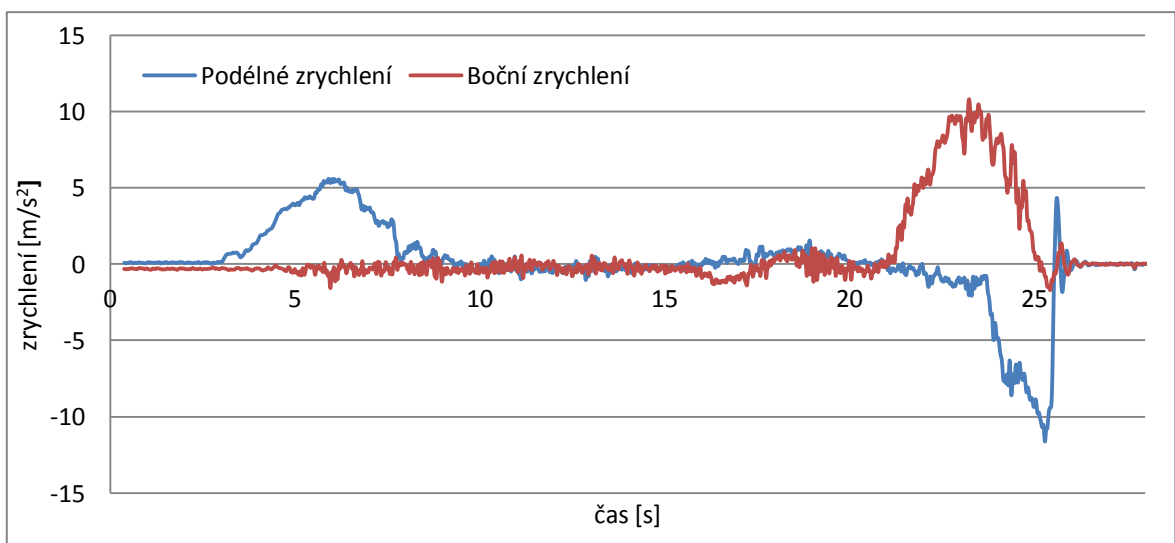
Na grafu 9.4 vidíme průběh rychlosti zaznamenanou pomocí snímače GPS připojeného k Pocket DAQu. Z průběhu rychlosti je patrné, že po nastavení tempomatu na hodnotu 55 km/h, udržoval tempomat rychlost vozidla při vjezdu do zatáčky v čase cca 17s na hodnotě cca 54 km/h.



Graf 8.4 Průběh rychlosti vozidla při průjezdu zatáčkou z GPS snímače přístroje Pocket DAQ

Maximální hodnota bočního zrychlení byla:

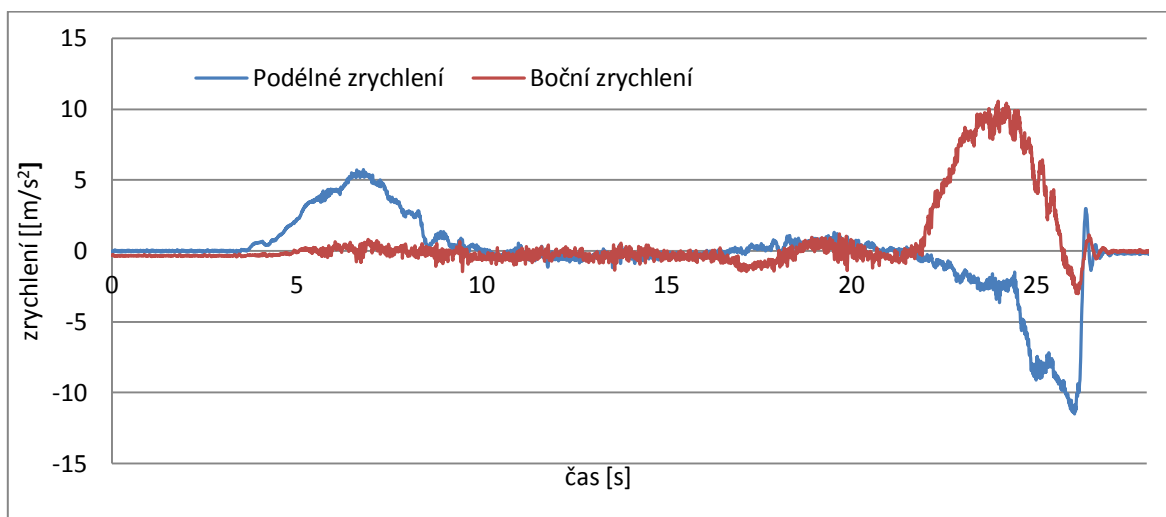
- Pocket DAQ – 10.8 m/s²;
- XL Meter - 10.6 m/s².



Graf 8.5 Průběh podélného a bočního zrychlení zaznamenané pomocí přístroje Pocket DAQ

Jednotlivé fáze zobrazené v grafu 8.5:

- 0 – 3s – stání;
- 3 – 8s – rozjezd na nájezdovou rychlost;
- 8 – 21s – jízda konstantní rychlostí, nastavení tempomatu;
- 21 – cca 25s – průjezd obloukem;
- 23,5 – cca 25s – brzdění do zastavení;
- 25 – 27s – stání.



Graf 8.6 Průběh podélného a bočního zrychlení zaznamenané přístrojem XL Meter

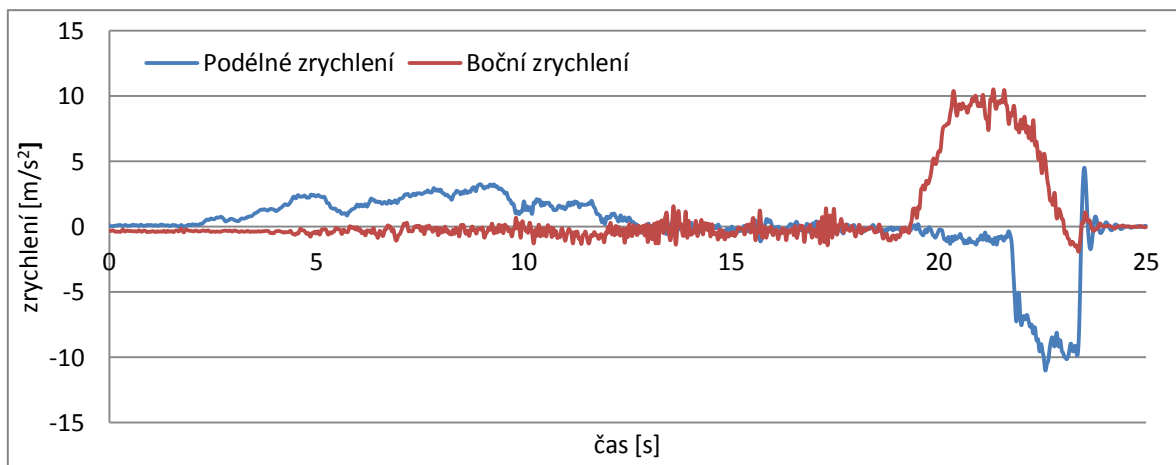
Další grafy zobrazují průběh bočního a podélného zrychlení při průjezdu zatáčkou stejnou rychlostí, tedy cca 55 km/h, tentokrát však s vypnutým systémem DSC. Systém DSC lze zcela vyřadit z činnosti podržením příslušného tlačítka v interiéru vozidla po dobu 3 s.

Reálná rychlost při nájezdu do zatáčky vypočítaná z dat z XL Meteru oscilovala kolem hodnoty 60 km/h.

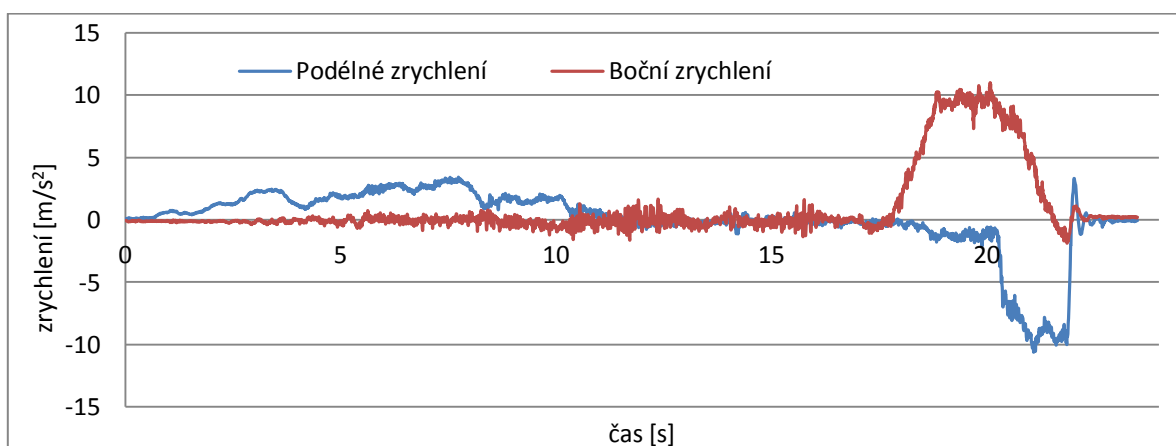
Při vypnutém systému jízdní stability byla dosažena maximální hodnota bočního zrychlení:

- Pocket DAQ – 10.5 m/s²;
- XL Meter - 10.5 m/s².

Pokud níže uvedené grafy společně porovnáme, lze vypořadovat velmi podobné průběhy a velikosti bočního i podélného zrychlení pro testy se zapnutým i s vypnutým systémem DSC.



Graf 8.7 Průběh podélného a bočního zrychlení zaznamenané pomocí přístroje Pocket DAQ



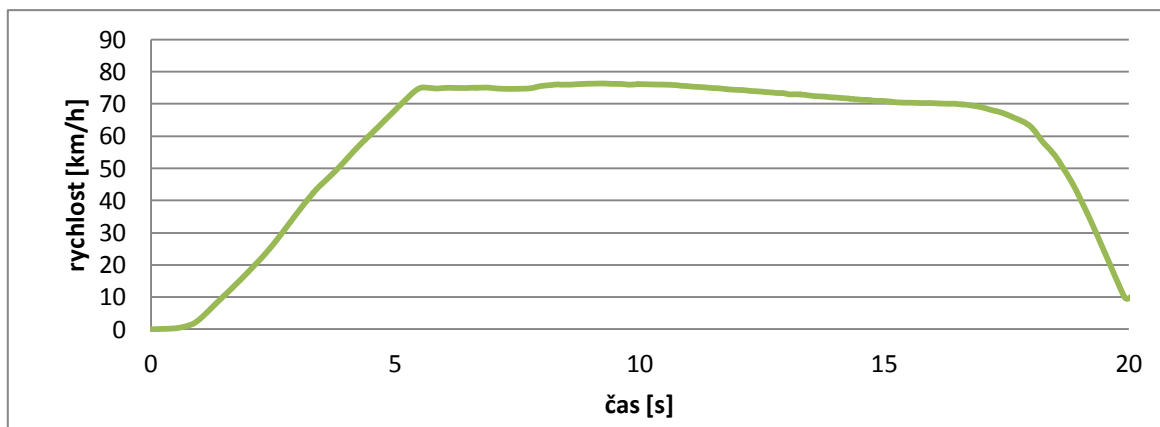
Graf 8.8 Průběh podélného a bočního zrychlení zaznamenané pomocí přístroje XL Meter

8.2 Průjezd zatáčkou při rychlosti 65 km/h

Při rychlostech 65 km/h již vozidlo s vypnutým systémem DSC neprojelo vytyčenou dráhu, aniž by nedošlo ke sražení kuželů. Na plno se zde již začala projevovat vrozená nedotáčivost vozidla, daná jeho koncepcí.

Z následujícího grafu, který zobrazuje rychlost průjezdu oblouku v čase, je vypočítán pomocí údajů o podélném zrychlení z XL Meteru za časovou jednotku podle vztahu:

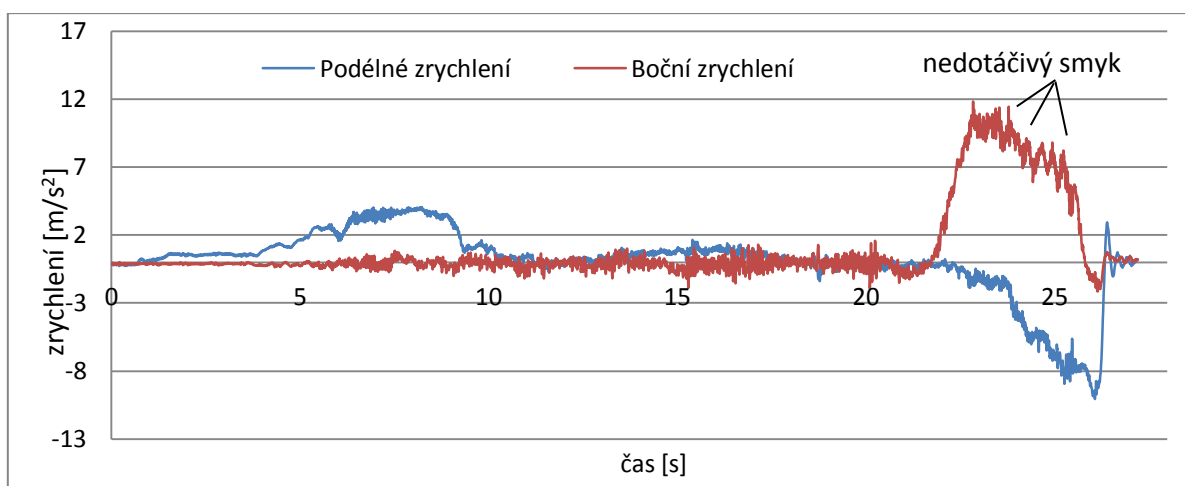
$$v_{abs} = \left(\left(\frac{a_2 + a_1}{2} \right) * (t_2 - t_1) \right) * 3.6$$
 je patrné, že ačkoliv byla na tempomatu nastavena rychlost 65 km/h, vozidlo se při nájezdu do zatáčky pohybovalo rychlostí cca 71 km/h.



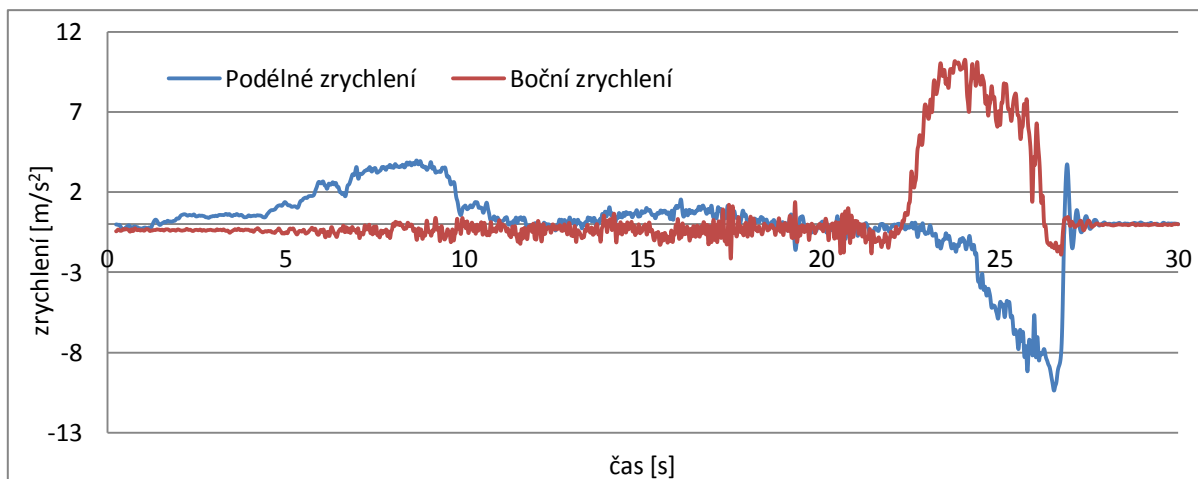
Graf 8.9 Průběh rychlosti vozidla při průjezdu zatáčkou rychlostí cca 65km/h zjištěné z XL Meteru

Maximální hodnota bočního zrychlení při průjezdu zatáčkou rychlostí 65 km/h s vypnutým systémem jízdní stability byla:

- Pocket DAQ – 10.3 m/s²;
- XL Meter - 11.4 m/s².



Graf 8.10 Průběh podélného a bočního zrychlení při tachometrové rychlosti 65 km/h bez DSC zaznamenané pomocí přístroje XL Meter



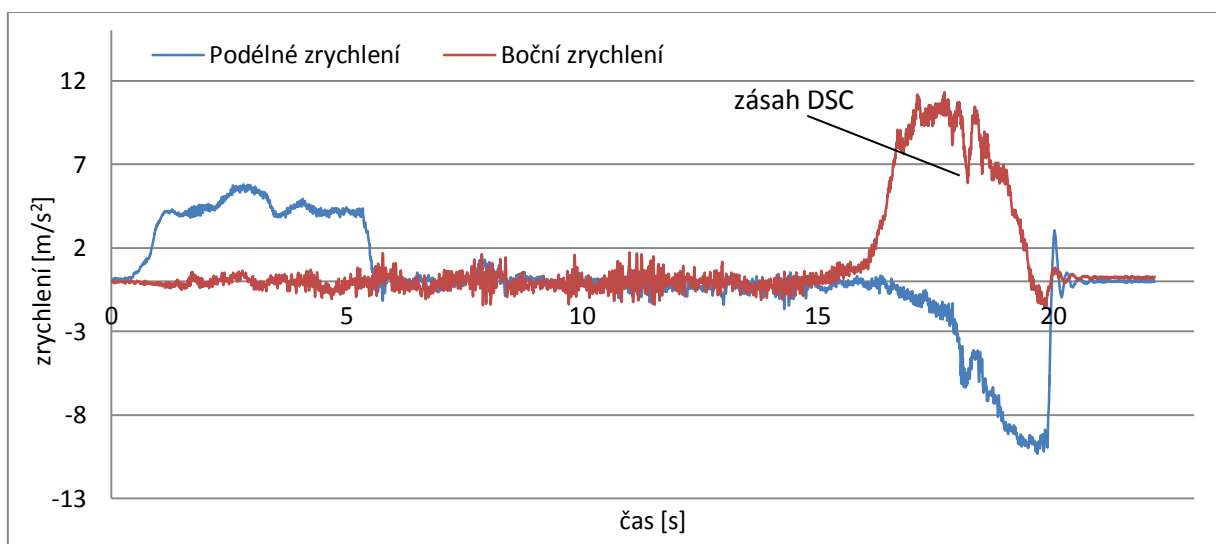
Graf 8.11 Průběh podélného a bočního zrychlení při rychlosti 65 km/h bez DSC zaznamenané pomocí přístroje Pocket DAQ

Jak je patrné z těchto grafů, při průjezdu zatáčkou rychlostí 65 km/h již docházelo ke ztrátě adheze a tím způsobenému nedotáčivému smyku. I přes řidičovy korekce volantem vozidlo vyjelo mimo vytyčenou trať a došlo ke sražení kuželů.

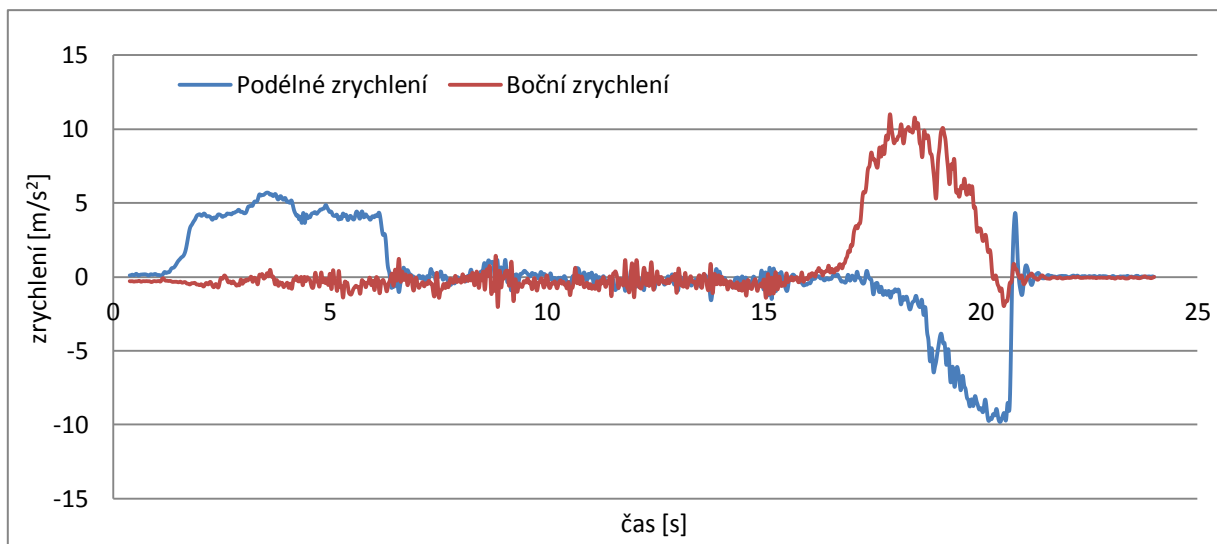
Jinak tomu bylo u průjezdu stejnou rychlostí se zapnutým systémem ESP. Přibližná rychlost vozidla při vjezdu do oblouku byla pomocí dat z XL Meteru opět cca 71 km/h.

Maximální hodnota bočního zrychlení při tomto průjezdu se zapnutým systémem jízdní stability byla:

- Pocket DAQ – 10.3 m/s²
- XL Meter - 10.6 m/s²



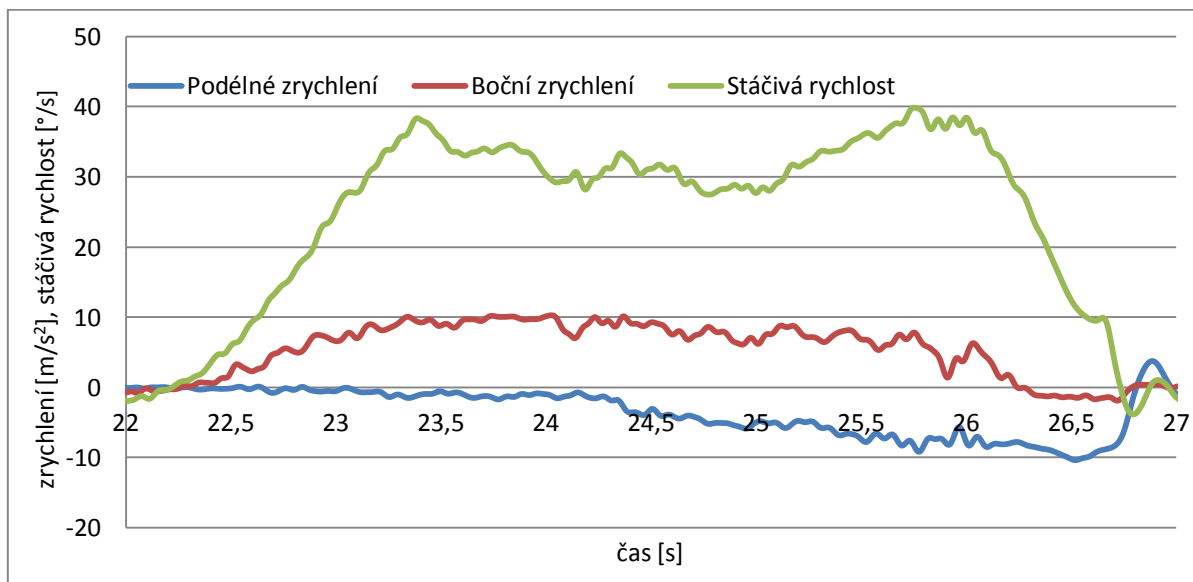
Graf 8.12 Průběh podélného a bočního zrychlení při rychlosti 65 km/h s DSC zaznamenané pomocí přístroje XL Meter



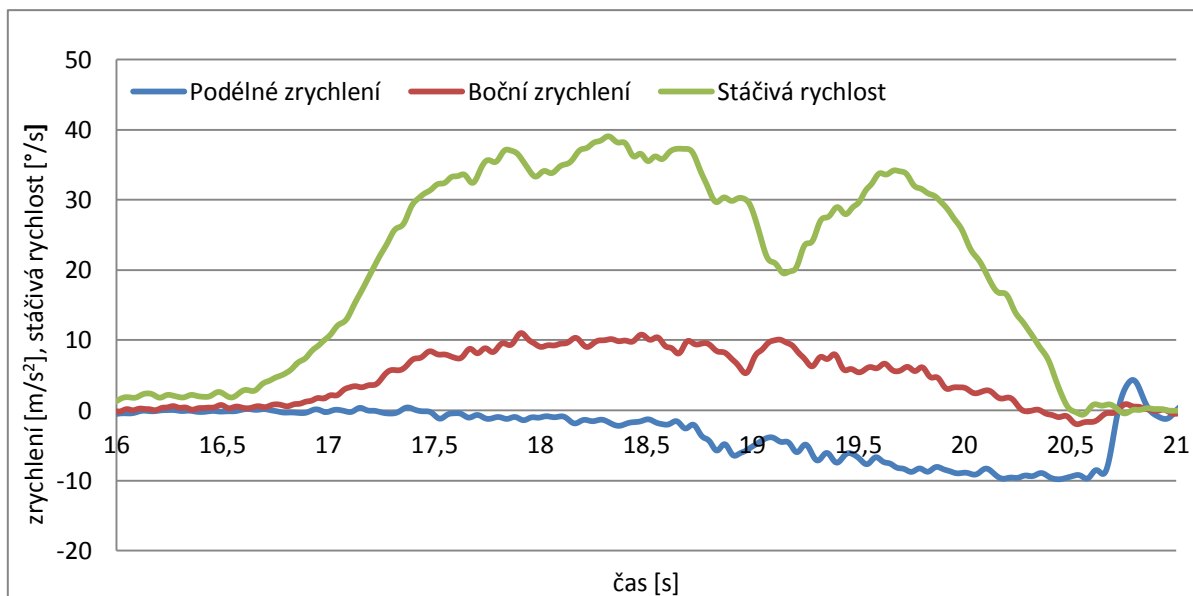
Graf 8.13 Průběh podélného a bočního zrychlení při rychlosti 65 km/h s DSC zaznamenané pomocí přístroje Pocket DAQ

Při tomto testu byl ze strany řidiče i spolujezdce citelně zaznamenán zásah systému jízdní stability. Z grafu je tento zásah systému DSC jasně patrný. Vedl k mírně přetáčivému smyku. Díky tomu došlo k eliminaci nedotáčivého smyku při brzdění a vozidlo projelo daným koridorem bezpečně, bez sražení kuželů.

Následující grafy (8.14 a 8.15) znázorňují průběhy bočního a podélného zrychlení a stáčivé rychlosti při nájezdu do oblouku a jeho průjezdu až do zastavení.



Graf 8.14 Průběh podélného a bočního zrychlení a stáčivé rychlosti při rychlosti 65 km/h bez DSC zaznamenané pomocí přístroje Pocket DAQ při průjezdu zatáčkou



Graf 8.15 Průběh podélného a bočního zrychlení a stáčivé rychlosti při rychlosti 65 km/h s DSC zaznamenané pomocí přístroje Pocket DAQ při průjezdu zatáčkou

8.3 Vyhýbací manévr při rychlosti 65 km/h

Jak již bylo zmíněno v kapitole 7.4.2, další jízdni zkouškou, která byla na letištní ploše v Tuřanech provedena, byl vyhýbací manévr tzv. losí test. Při provádění předchozích jízdni testů byla na ploše vytyčena testovací dráha (**obr. 8.16**)



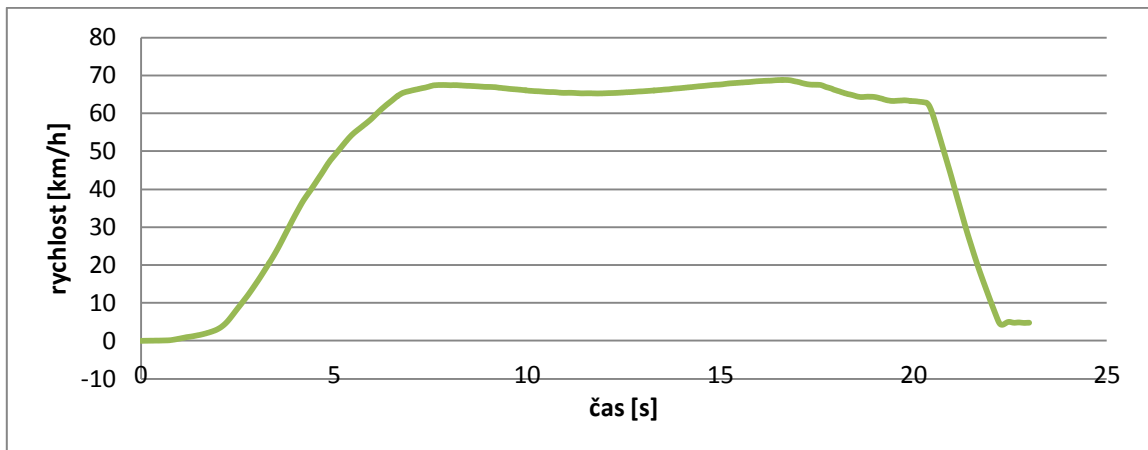
Obr. 8.16 Vytyčená dráha pro vyhýbací manévr¹¹⁰

Nejprve bylo provedeno několik průjezdů danou trasou při různých rychlostech bez zapnuté měřicí techniky. Cílem těchto průjezdů bylo seznámení řidiče s chováním vozu při tomto manévru a natrénování průjezdu daným koridorem.

Následovaly průjezdy při rychlostech 60, 65, 70, 75, 80 km/h. Následující grafy zobrazují data zaznamenaná přístrojem XL Meter při průjezdu testovací tratí s rychlostí nastavenou tempomatem na hodnotu 65 km/h. Průběh skutečné rychlosti při nájezdu do

¹¹⁰ Vlastní galerie autora

testovací trati je zobrazena na grafu 8.17. Reálná rychlost při nájezdu do vyznačeného koridoru v čase cca 16 s byla přibližně 68 km/h.

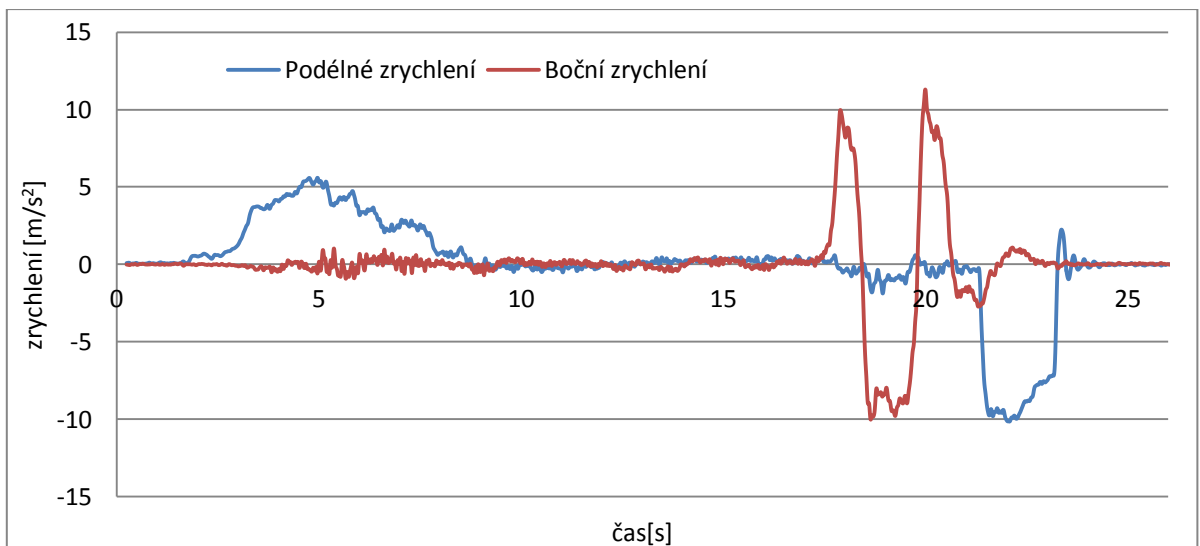


Graf 8.17 Průběh rychlosti vozidla při průjezdu rychlostí cca 65km/h

Na grafech 8.19 a 8.20 je zobrazen průběh podélného a příčného zrychlení touto rychlostí při průjezdu koridorem se zapnutým systémem DSC zaznamenaného pomocí Pocket DAQu a XL Meteru.

Maximální příčné zrychlení při tomto manévru bylo:

- Pocket DAQ – 11.1 m/s²;
- XL Meter - 10.9 m/s².

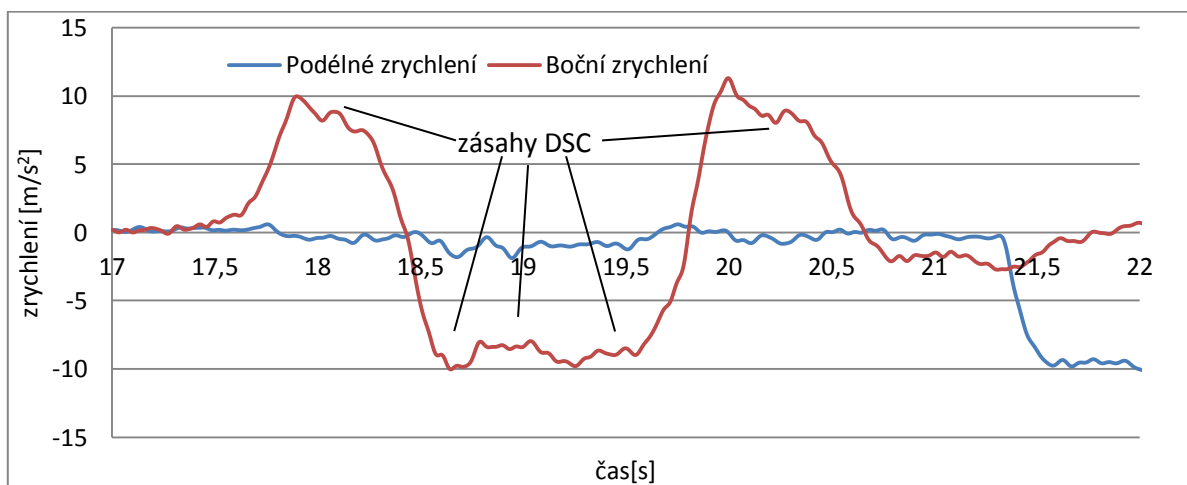


Graf 8.18 Průběh podélného a bočního zrychlení z Pocket DAQu se zapnutým DSC

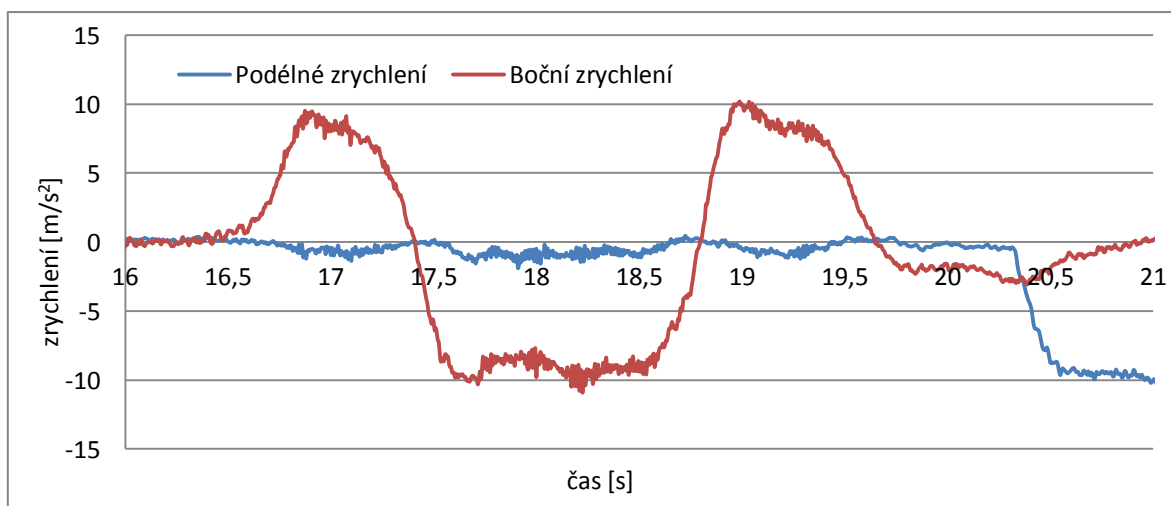
Jednotlivé fáze zobrazené v grafu 8.18:

- 0 – 2,5 s – stání;
- 2,5 – 9 s – rozjezd na nájezdovou rychlost;
- 9 – 17 s – jízda konstantní rychlostí, nastavení tempomatu;
- 17 – cca 21s – průjezd vytyčeným koridorem;
- 21,3 – cca 23,3 s – brzdění do zastavení;
- 23,3 – 26 s – stání.

Na grafu 8.19 jsou zřetelné zásahy systému DSC během průjezdu vyznačeným koridorem. Při tomto jízdním manévru nebyl sražen žádný kužel vytyčující jízdní dráhu.



Graf 8.19 Průběh podélného a bočního zrychlení z Pocket DAQu se zapnutým DSC



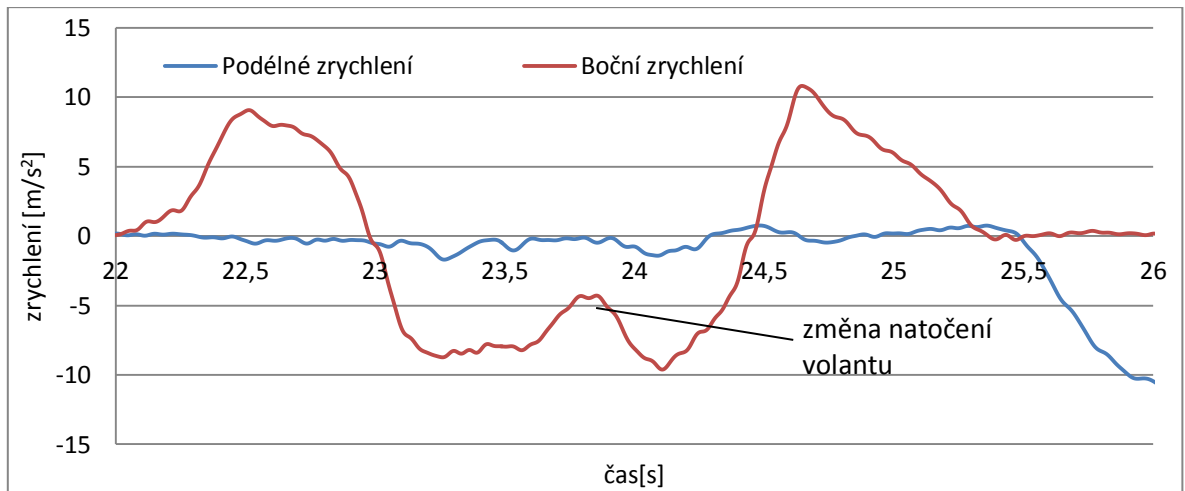
Graf 8.20 Průběh podélného a bočního zrychlení z XL Meteru se zapnutým DSC

Grafy 8.21 a 8.22 zobrazují průjezd koridorem s vypnutým systémem DSC.

Podle dat z akcelerometru XL Meter však byla nájezdová rychlost do koridoru oproti průjezdu se zapnutým systémem DSC vyšší o cca 4 km/h, ustálená na hodnotě přibližně 72 km/h.

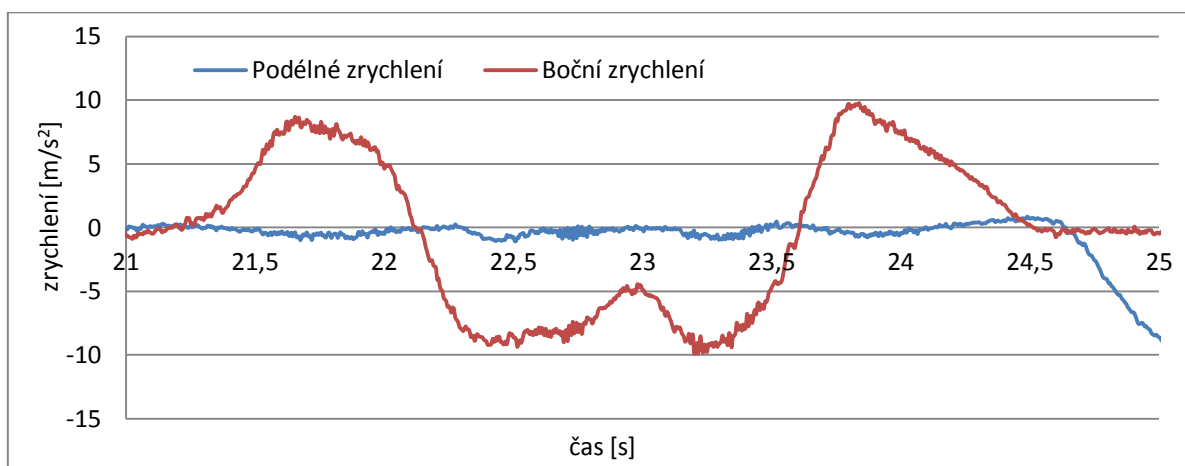
Maximální příčné zrychlení při tomto manévru bylo:

- Pocket DAQ – 10.7 m/s²;
- XL Meter - 9.9 m/s².



Graf 8.21 Průběh podélného a bočního zrychlení z Pocket DAQu bez DSC

Z grafů je patrná prudká korekce volantem při průjezdu střední části vytyčené dráhy. Projevila se tak naplno nízká opakovatelnost koridorové zkoušky, kdy řidič není schopný projet daným koridorem stejným způsobem, se stejnými hodnotami úhlů natočení volantu. Tento fakt potvrdily i záznamy z kamery v interiéru, která snímala pohyby volantu.



Graf 8.22 Průběh podélného a bočního zrychlení z XL Meteru bez DSC

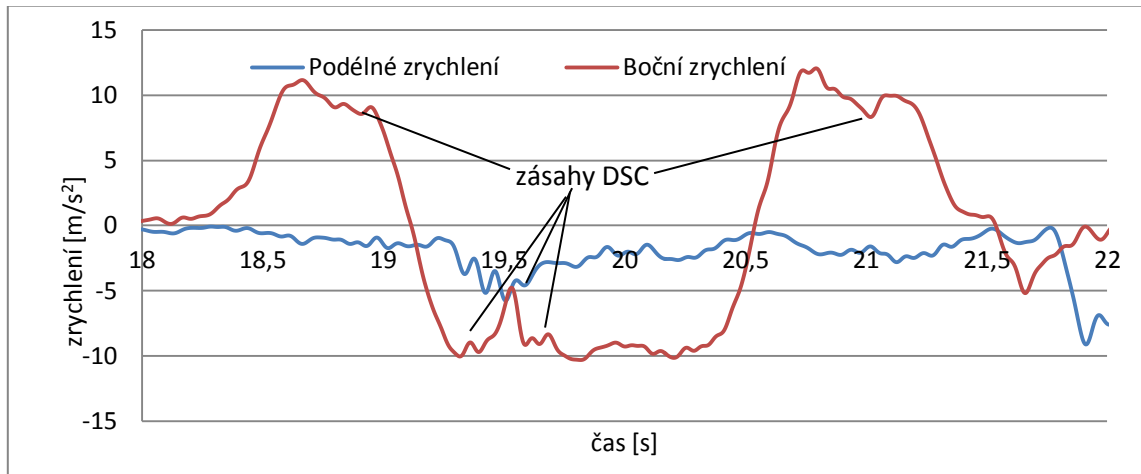
8.4 Vyhýbací manévr při rychlosti 75 km/h

Až do rychlosti 70 km/h (rychlost zobrazovaná na digitálním rychloměru) nedocházelo ke sražení kuželů při průjezdu vytyčené trati. Situace se však změnila při dalším zvyšování rychlosti. Při rychlosti 75 km/h již vozidlo s vypnutým systémem DSC nebylo schopno koridor projet bez sražení několika kuželů. Proto se zaměříme na tuto rychlost.

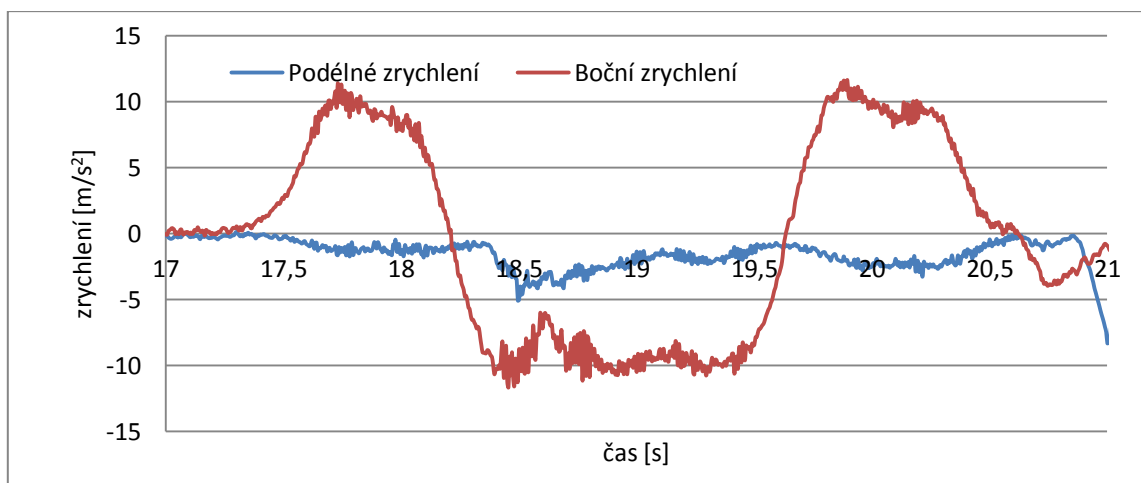
Následující grafy popisují průběh bočního a podélného zrychlení vozidlo při průjezdu vytyčenou dráhou se zapnutým systémem DSC. Skutečná rychlost při nájezdu do koridoru pomocí přepočtu dat z XL Meteru oscilovala kolem hodnoty 82 km/h.

Maximální příčné zrychlení dosažené v tomto manévru bylo:

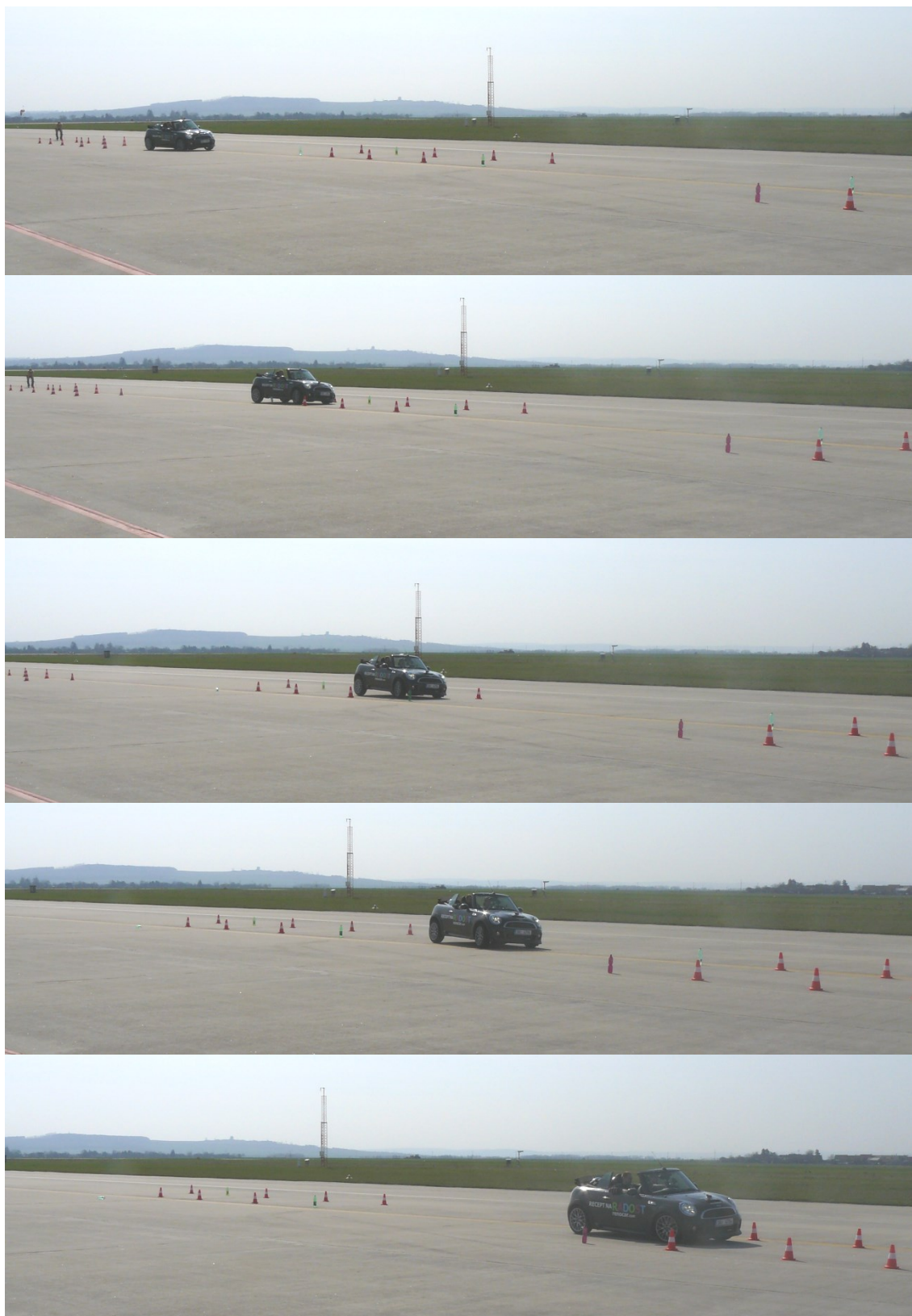
- Pocket DAQ – 12.0 m/s²;
- XL Meter - 11.7 m/s².



Graf 8.23 Průběh podélného a bočního zrychlení z Pocket DAQu při průjezdu koridorem rychlosti 75 km/h se zapnutým systémem DSC



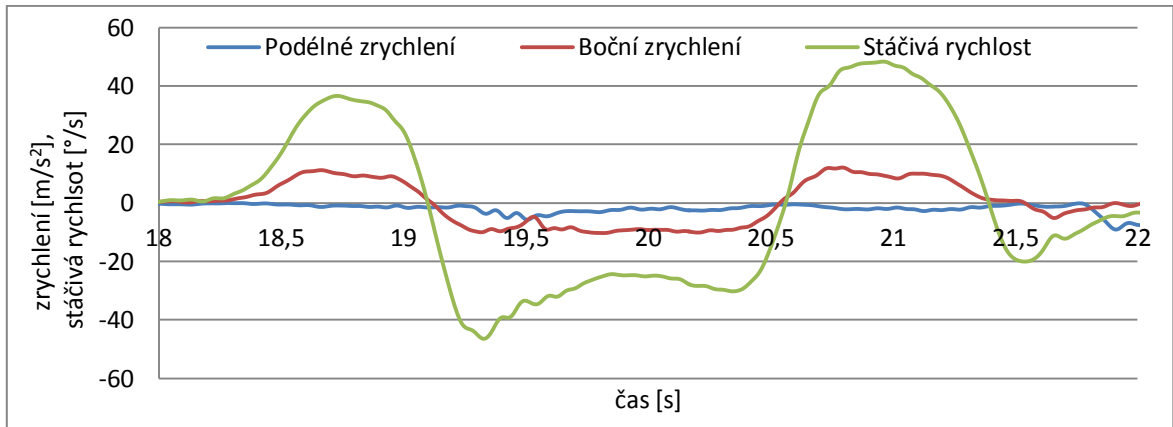
Graf 8.24 Průběh podélného a bočního zrychlení z XL Meteru při průjezdu koridorem rychlosti 75 km/h se zapnutým systémem DSC



Obr. 8.25 Průjezd koridorem při rychlosti 75 km/h se zapnutým systémem DSC¹¹¹

¹¹¹ Vlastní galerie autora

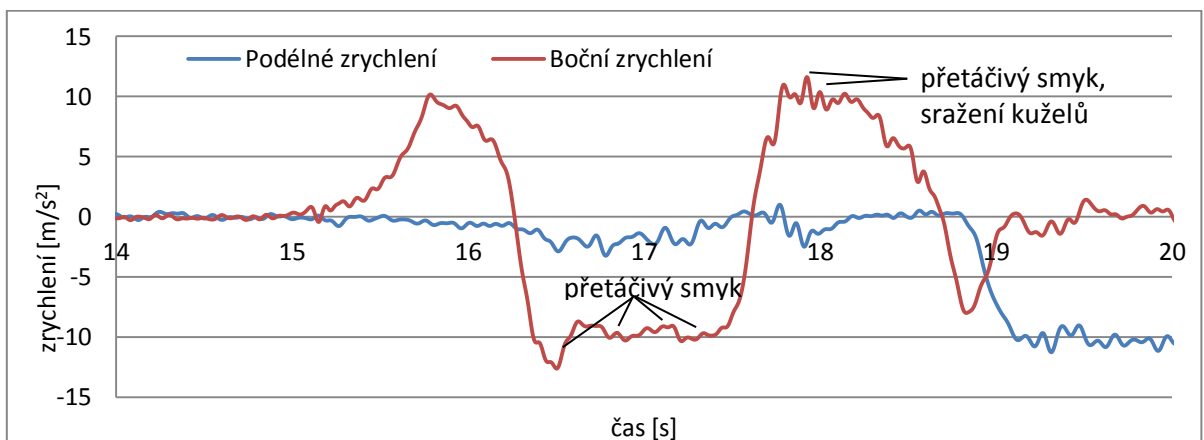
Z grafů (8.23 a 8.24) jsou patrné zásahy systému jízdní stability, které eliminovali vznikající přetáčivý smyk. Došlo tak ke stabilizaci vozidla a k hladšímu průjezdu střední částí koridoru. Pokles bočního zrychlení patrný u grafu 8.23 v čase přibližně 21s byl způsoben mírným přetáčivým smykem, vzniklým náhlou změnou natočení volantu a zásahem ESP při vjezdu do poslední části koridoru.



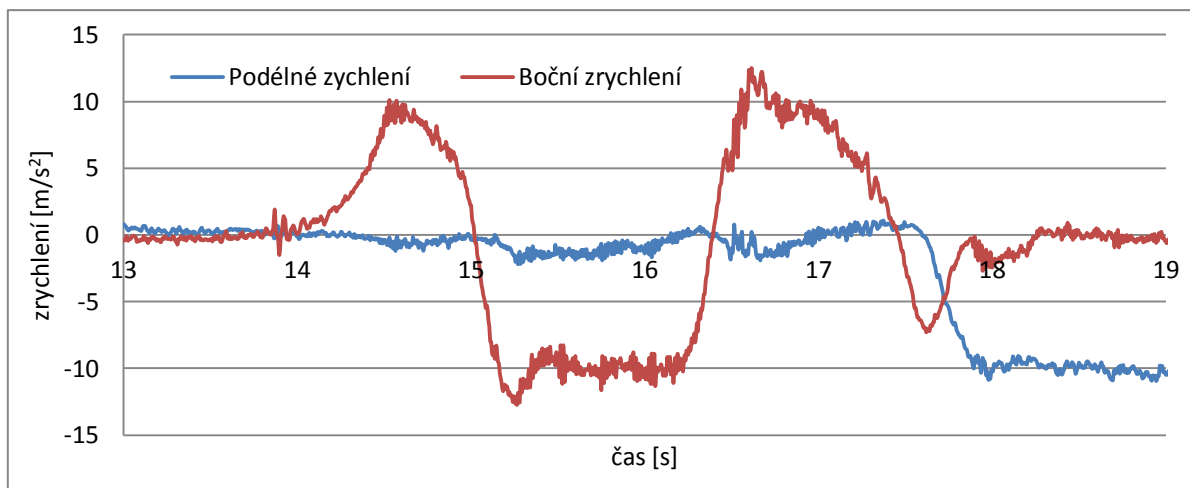
Graf 8.26 Průběh podélného a bočního zrychlení a stáčivé rychlosti z Pocket DAQu při průjezdu koridorem rychlostí 75 km/h se zapnutým systémem DSC

Z dalších grafů je jasně patrné, jak docházelo při vypnutém systému DSC a tachometrové rychlosti 75 km/h k velkým přetáčivým smykům. Řidič na ně musel reagovat korekcemi do volantu. Ani tak se však při návratu ze středního koridoru do třetího koridoru přes velký přetáčivý smyk nevešel a došlo ke sražení hned několika kuželů. Skutečná rychlost při této zkoušce po přepočtu dat z XL Meteru byla přibližně 81 km/h. Maximální příčné zrychlení při tomto manévru bylo:

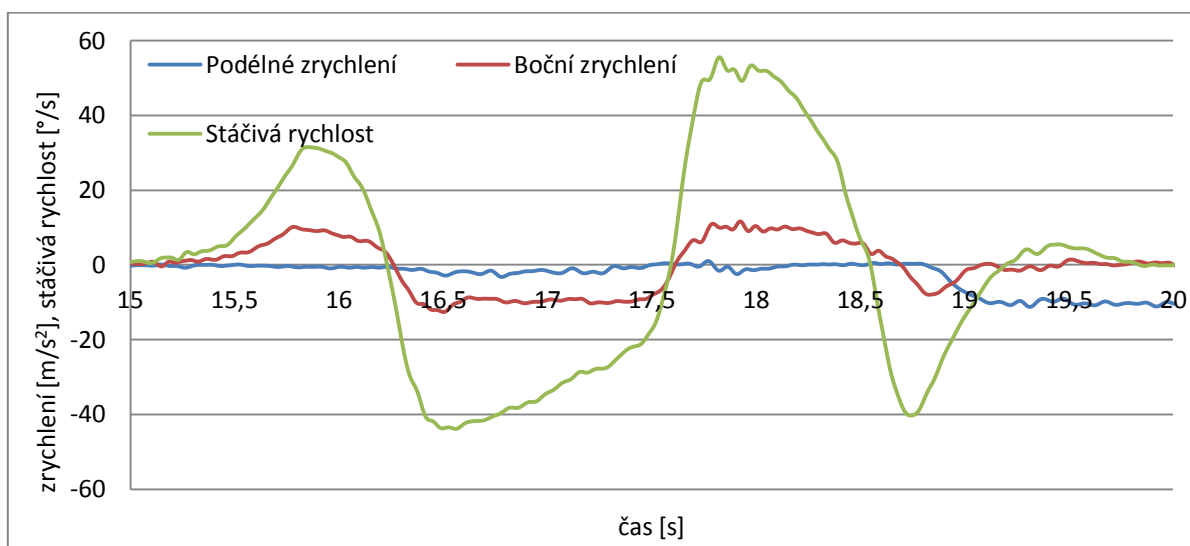
- Pocket DAQ – 12.6 m/s²;
- XL Meter - 12.7 m/s².



Graf 8.27 Průběh podélného a bočního zrychlení z Pocket DAQu při průjezdu koridorem rychlostí 75 km/h s vypnutým systémem DSC



Graf 8.28 Průběh podélného a bočního zrychlení z XL Meteru při průjezdu koridorem rychlostí 75 km/h s vypnutým systémem DSC

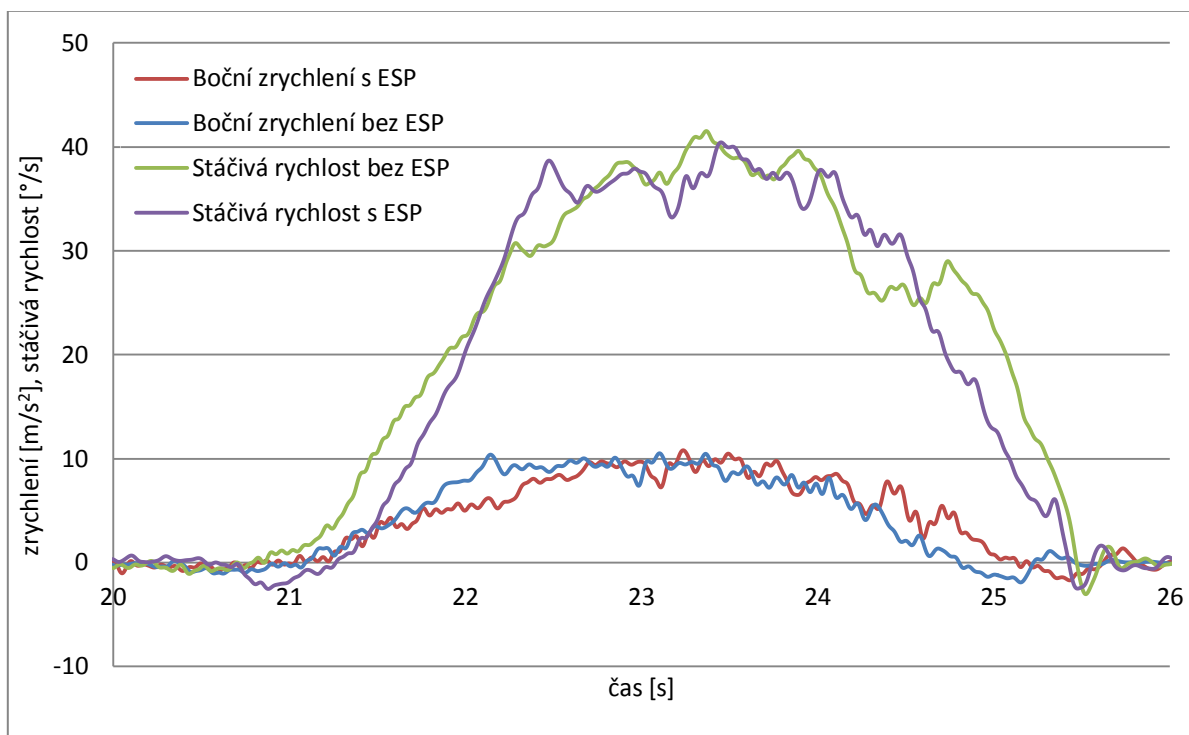


Graf 8.29 Průběh podélného a bočního zrychlení a stáčivé rychlosti z Pocket DAQu při průjezdu koridorem rychlostí 75 km/h s vypnutým systémem DSC

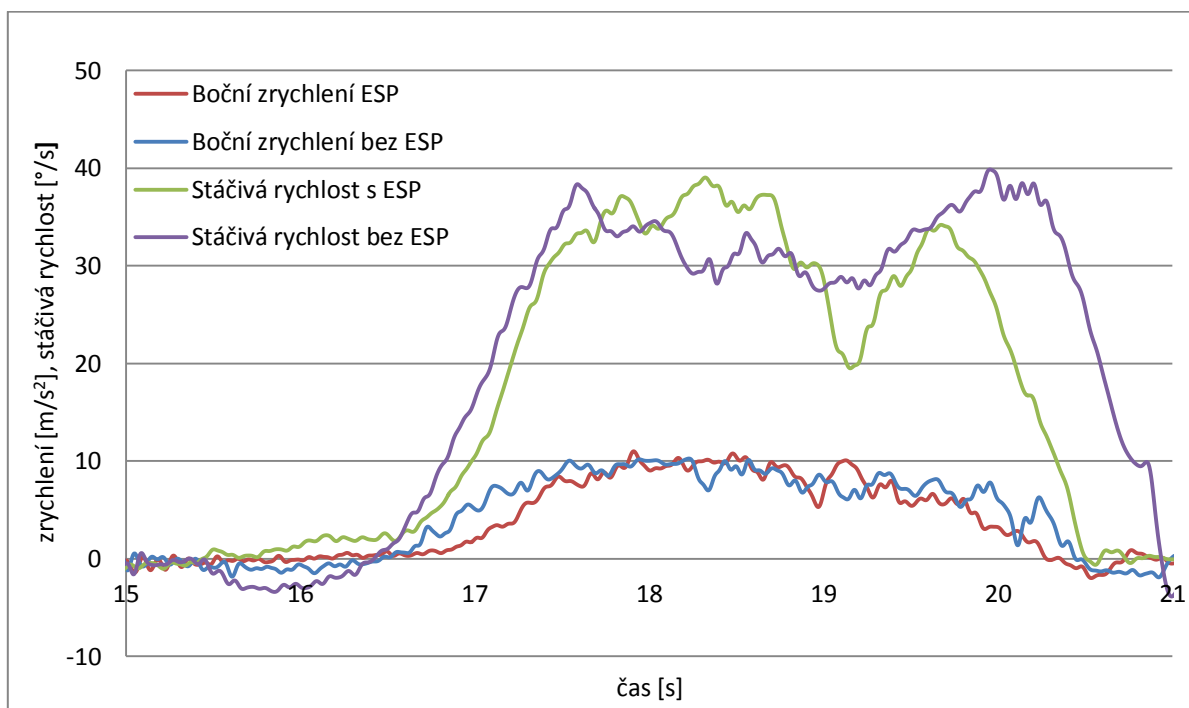
8.5 Vyhodnocení testovaných manévru

Při prvním testovaném manévru, průjezdu zatáčkou a následným brzděním, se při rychlostech nad 60 km/h výrazně projevilo jakékoliv další zvyšování rychlosti a vrozená nedotáčivost vozidla s motorem vpředu a pohonem předních kol. Bez zapnutého stabilizačního systému tak již při rychlostech okolo 65 km/h docházelo k vyjetí z vytyčené jízdní dráhy a ke sražení kuželů. V reálném provozu by tak již při podobném manévru mohlo dojít bez zásahu systému jízdní stability k nehodě. Se zapnutým systémem DSC docházelo ke sražení kuželů až při rychlostech vyšších, než 70 km/h. Je však nutné zdůraznit, že jednotlivé popisované rychlosti byly okamžité rychlosti

indikované na digitálním tachometru vozidla. Reálné hodnoty rychlostí byly po přepočtení ze získaných hodnot vyšší. Následující grafy (8.30 a 8.31) zobrazují průběh bočního zrychlení a stáčivé rychlosti při tomto manévru rychlostí v 55 km/h a 65 km/h.

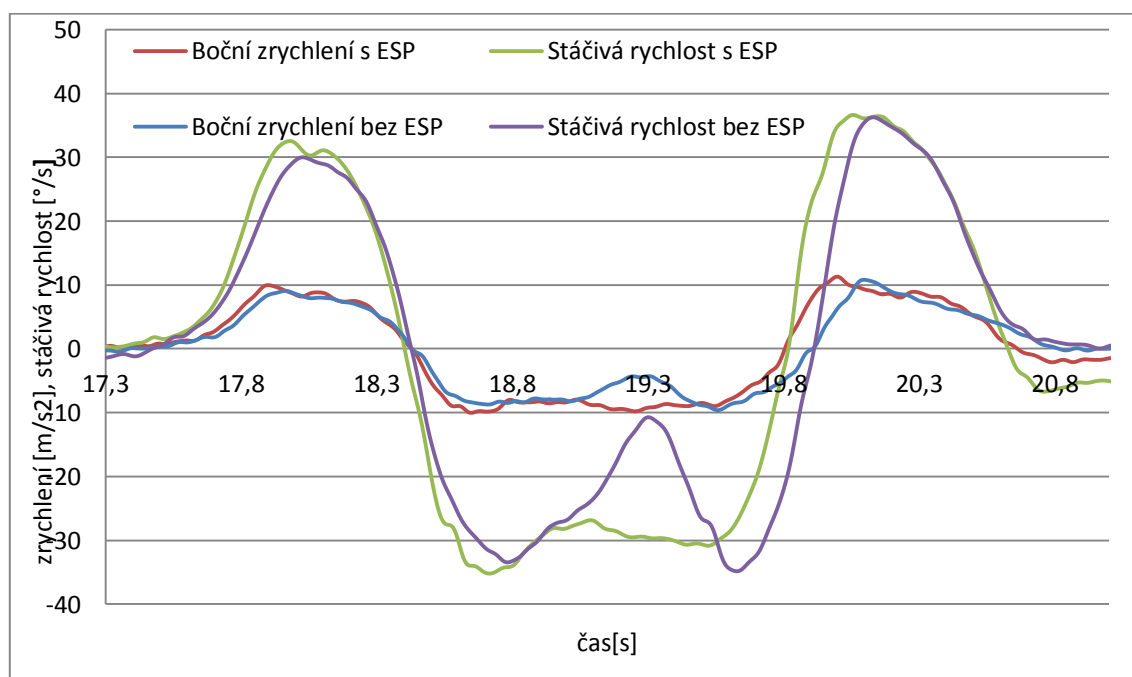


Graf 8.30 Průběh bočního zrychlení a stáčivé rychlosti při rychlosti 55 km/h se zapnutým a vypnutým systémem DSC (ESP)



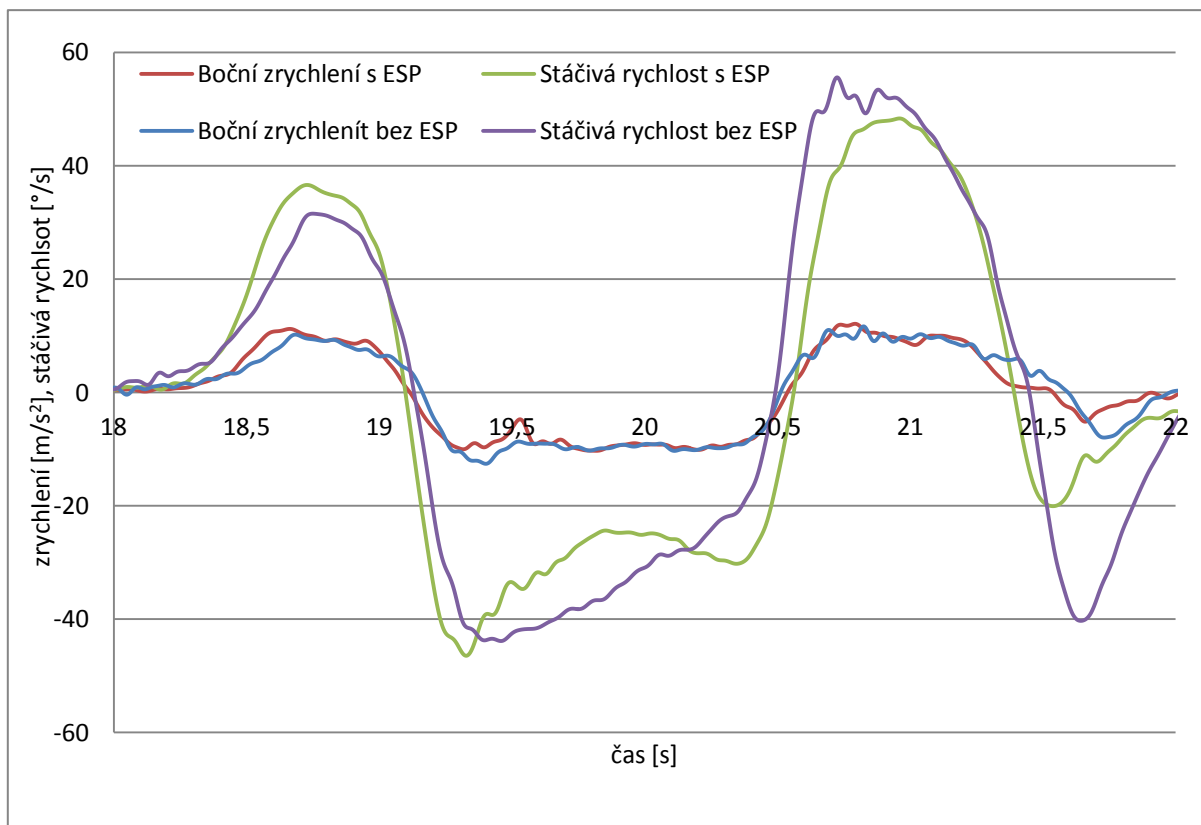
Graf 8.31 Průběh bočního zrychlení a stáčivé rychlosti při rychlosti 65 km/h se zapnutým a vypnutým systémem DSC (ESP)

Dalším testovací manévrem simuloval náhlé vyhnutí se překážce v městském provozu. Při tomto testu se ještě více projevily *motokárové* vlastnosti zkoušeného vozidla. Až do tachometrové rychlosti 60 km/h nebyl zaznamenán zásah systému DSC a o projetí vytyčeného koridoru se postaral výtečný podvozek auta a řidičovy dovednosti. Při dalším zvyšování rychlosti již byly zásahy systém jasně patrné nejen z grafů, ale i po zhodnocení subjektivních dojmů řidiče a spolujezdce. Při *losím* testu docházelo při nájezdu do druhého koridoru a při výjezdu z něj k přetáčivým smykům, na které musel řidič v případě vypnutého systému jízdní stability reagovat většími korekcemi do volantu.



Graf 8.32 Průběh bočního zrychlení a stáčivé rychlosti při rychlosti 65 km/h se zapnutým a vypnutým systémem DSC (ESP)

Pokud byl systém DSC v činnosti, projelo vozidlo díky jeho zásahům vytyčenou dráhu až do rychlosti 75 km/h bez sražení jediného kuželu. Při rychlostech vyšších již řidič nezvládl udržet vozidlo ve vytyčené dráze a docházelo ke sražení kuželů. Na následujících grafech jsou pro porovnání znázorněny průběhy bočního zrychlení a stáčivé rychlosti během experimentu v rychlostech 65 km/h a 75 km/h při vyhýbacím manévru se zapnutým, nebo vypnutým systémem DSC.



Graf 8.32 Průběh bočního zrychlení a stáčivé rychlosti při rychlosti 65 km/h se zapnutým a vypnutým systémem DSC (ESP)

9 Závěr

Cílem této práce bylo provést rešerši současných prvků aktivní bezpečnosti v dnešních moderních vozidlech a vybrané prvky dále podrobně rozebrat. V prvních pěti kapitolách tak byla provedena rešerše vybraných prvků aktivní bezpečnosti s cílem jejich komplexního souhrnu a popisu. V další kapitole je vyhodnocen dotazník, který zjišťoval názor lidí na jednotlivé prvky aktivní bezpečnosti v interiérech současných vozidel. V předposlední kapitole je popsána metodika a zkoušený objekt praktických jízdních testů, plocha, na které bylo měření prováděno, záznamová a měřicí technika a dále také jednotlivé manévry, při kterých byl vliv systému jízdní stability zjišťován. V poslední kapitole jsou hodnoceny nejvíce reprezentativní výsledky jednotlivých měření, které jsou graficky a slovně popsány.

V první kapitole je pojem aktivní bezpečnosti stručně vymezen a přehledně rozdělen do jednotlivých kategorií, na kterých aktivní bezpečnost staví. Následující kapitoly již jednotlivé kategorie podrobně rozebírají a popisují nejvýznamnější prvky, které mají na aktivní bezpečnost největší vliv. Snahou bylo získat co nejvíce informací i o nejnovějších prvcích aktivní bezpečnosti, zejména o moderních elektronických pomocnících, a v této práci je uvést. Vývoj elektronických prvků aktivní bezpečnosti zažívá poslední dobou obrovský rozmach a jednotlivé prvky jsou neustále modernizovány a zdokonalovány. Zdrojem pro získání relevantních a nejnovějších informací pro rešeršní část této práce tak nebyly jen tištěné knihy, ale ve velké míře také odborné, anglicky psané texty a články dostupné pouze na internetu.

Obsahem kapitoly šest je již zmíněný dotazník, kterého se zúčastnilo více, jak tři stovky návštěvníků Autosalonu Brno. Cílem dotazníku bylo zjistit názor laické veřejnosti na takové prvky aktivní bezpečnosti, které je možné zhodnotit po usednutí za volant daného vozidla. Výsledky jsou zhodnoceny v přiložené tabulce. Z té je patrné, že převážná část dotazovaných byla s jednotlivými hodnocenými aspekty spokojena. Nejvyššího hodnocení dosáhlo BMW 116i, které bylo hodnoceno průměrnou známkou 8.66. Nejméně bodů získal Ford Focus, 7.66 bodů.

Poznatky, které vyplynuly z teoretické části v kapitole 5.4, byly experimentálně ověřeny v sedmé a osmé kapitole. Z provedených navržených experimentů a zpracovaných dat byly jasně patrné zásahy systému DSC při provádění jednotlivých jízdních testů. I přesto lze však konstatovat, že testované vozidlo nebylo pro zjišťování vlivu systému jízdní stability zcela vhodné. Díky malým převisům karoserie, relativně širokému rozchodu, krátkému rozvoru kol, nízko položenému těžišti a téměř dokonale rozložené hmotnosti mezi jednotlivé nápravy, se vozidlo chovalo velmi neutrálně a zásah systému se projevoval až ve vysokých rychlostech. Nemalou mírou na tomto faktu taky měl povrch testované dráhy. Na betonovém povrchu byl zjištěn poměrně velký součinitel adheze $\mu = 0,843$.

Na řidiče tak byly kladeny velmi vysoké nároky na zvládnutí jízdních zkoušek. To bylo patrné především při vyhýbacím manévru, který byl v takových rychlostech velmi obtížně opakovatelný a ze záznamů jednotlivých kamer (uloženy na přiloženém CD) a dat získaných z měřících přístrojů jsou patrné nestejně velikosti natočení volantu při průjezdu zkoušeným koridorem. Díky tomu byla některá data z důvodu řidičových korekcí do volantu dosti zkreslená. I přesto však lze konstatovat, že bylo vozidlo se zapnutým systémem jízdni stability schopné projet vytyčenu trať bez sražení kuželů při vyšších rychlostech, než v případě, kdy byl systém DSC vyřazen z činnosti.

Při experimentálních jízdních testech se plně projevila nízká opakovatelnost a subjektivita jízdních zkoušek, kdy řidič nebyl schopen projet vyznačeným koridorem vždy stejným způsobem. Naměřená data jsou tak z velké části ovlivněny zkušenostmi a osobou řidiče. Obecně lze konstatovat, že by méně zkušený řidič nepřipravený na danou situaci v reálném provozu pravděpodobně reagoval zcela odlišným způsobem. Mohlo by tak dojít k dopravní nehodě i při nižších rychlostech při podobném manévru. To by ještě více umocnilo reálné podmínky provozu, jako například nižší součinitel adheze, hustota provozu, apod.

Vzhledem k nedostatečným časovým, finančním i materiálním možnostem, může být testování zkresleno nedostatečným počtem naměřených dat. Uvedené závěry tak platí pouze pro konkrétní testované vozidlo a pro podmínky měření, které jsou uvedené v kapitole 7. Pro větší objektivnost naměřených dat by tak bylo nutné jízdni manévry provádět s větším počtem aut různých velikostí a koncepcí pohonu, na různých površích, s více řidiči.

I přesto však bylo při experimentu prokázáno, že vliv systému DSC je na prevenci dopravních nehod podstatný a dokáže řidiči v krizových situacích výrazně pomoci se zvládnutím takové situace.

10 Seznam použitých zdrojů

- [1] VLK, F. *Stavba motorových vozidel* 1. vyd. Brno: Prof. Ing. FRANTIŠEK VLK, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2003. 499 str. ISBN 80-238-8757-2.
- [2] VLK, F. *Automobilová elektronika 1: asistenční a informační systémy*. 1. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2006. 269 s. ISBN 80-239-6462-3
- [3] VLK, F. *Automobilová elektronika 2: systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. 1. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. 308 s. ISBN 80-239-7062-3
- [4] BRADÁČ, A. a kol. *Soudní inženýrství*. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 1999. ISBN 80-7204-133-9.
- [5] GSCHIEDLE, R. a kol. *Příručka pro automechanika*. 2. vyd. Praha: Sobotáles, 2002. 652 s. ISBN 80-85920-82-2
- [6] Just-Auto. Active and passive safety systems intelligence service 9/2012 [online]. [cit. 22-05-2012]. Dostupné na internetu: http://www.just-auto.com/market-research/qube-active-and-passive-safety-systems-annual-subscription_id117531.aspx
- [7] VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel*. 1. a 2. díl 1. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6
- [8] VLK, F. *Dynamika motorových vozidel: Jízdní odpory. Hnací charakteristika. Brzdění. Odpružení. Řiditelnost, Ovladatelnost. Stabilita*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. 434 s. ISBN 80-238-5273-6
- [9] KÄLLHAMMER, J.E.: *Night Vision: Requirements and possible road map for NIR and FIR systems*, 1. vyd. Vårgårda, 2011, 11 s. SE – 447 83
- [10] Vývoj a konstrukce světlometů ŠKODA AUTO a.s. [online]. [cit. 22-05-2013]. Dostupné na internetu: http://www.fm.tul.cz/files/projektme/Vyvoj_a_konstrukce_svetlometu_28.3.07.pdf
- [11] VANÍK, F. *Vývoj elektroniky světlometů Škoda Auto*. [online]. 28. 3. 2007 [cit. 22-05-2013].
- [12] ATZ worldwide eMagazines 05/2008: *Active Preview Suspension System – ABC Prescan in the F700*. [online]. [cit. 22-05-2013] Dostupné z WWW: <http://www.atzonline.com/index.php;do=show/site=a4e/sid=874836305519b317cb02d3799222514/alloc=3/id=7501>

- [13] Technology 1, distracted drivers 0: Volvo City Safety cuts accidents by 27%. [online]. [cit. 22-05-2013] Dostupné z WWW: <http://www.extremetech.com/extreme/90470-technology-1-distracted-drivers-0-volvo-city-safety-cuts-accidents-by-27>
- [14] PANÁČEK, V. *Zkoušení vozidel* 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně Ústav soudního inženýrství, 2012. 86 s. ISBN 978-80-214-4569-7
- [15] BMW: Owner's Manual for the vehicle, vyd. 1997
- [16] Asistenční systémy automobilech. [online]. [cit. 22-05-2013] Dostupné z WWW: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30855
- [17] Kontrolka bočního stojanu – symbol [online]. [cit. 22-05-2013] Dostupné z WWW: www.motorkari.cz
- [18] SZTWIERTNIA, Č. *Stabilita vozidla při jízdě v zatáčce* [online]. [cit. 22-05-2012] Dostupné z WWW: <http://hdl.handle.net/10195/21302>
- [19] VLK, F.; KOLLHAMMER, D. *Elektronická kontrola bezpečné vzdálenosti*. [online]. [cit. 22-05-2013] Dostupné z WWW: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2004-03-153-156.pdf>
- [20] ŠKODA-AUTO *Příručka ESP*, [cit. 22-05-2013]
- [21] GMA [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.commons.wikimedia.org
- [22] Kammova kružnice [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.autolexicon.cz
- [23] DSR (Driver Steering Recommendation) [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.forum.skodahome.cz
- [24] Aktivní systémy odpružení [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.automobilove-systemy.wz.cz [
- [25] Hydractive III+ [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.bxclub.cz
- [26] Prescan suspension [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.500sec.com
- [27] BMW i8 Laser Lights [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.gizmag.com
- [28] ACC: aktivní tempomat [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.autoklinika.cz

- [29] Bosch launches ACC in new BMW 3series [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.carpages.co.uk
- [30] ACC sensors [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.eetimes.com
- [31] Technology 1, Distracted drivers 0: Volvo City Safety [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.extremetech.com
- [32] Pedestrian and Cyclist Detection [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.media.volvocars.com
- [33] Volvo City Safety [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.auto123.com
- [34] Škoda Citig City Safety drive [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.autoweb.cz
- [35] Nový Mercedes-Benz R [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.auto.cz
- [36] Lane Keeping Assist Explained [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.autoevolution.com
- [37] Problematika mikrosněpanku a nemocí spojených se spánkem [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.mikrospanek.cz
- [38] VW Tiguan - asistenční systémy (II) [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.autokaleidoskop.cz
- [39] Schéma regulačního obvodu ABS [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.autoklika.cz
- [40] Bezpečnost [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.subaru.olivex.sk
- [41] Night vision BMW 7 series [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.adose-eu.org
- [42] Adaptive lights AHS [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.phys.org
- [43] Adaptivní dálkové světlometry AHS [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.news.autoroad.cz

- [44] Opel AFL lights [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.opel.com.tr
- [45] Škoda Octavia, světlomety [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.automarg.cz
- [46] Přední světlomet škoda Octavia [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.autoalles.eu
- [47] Diskokouli proti mrtvému úhlu [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.autoforum.cz
- [48] Opel Eye [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.tech.ihned.cz
- [49] What is a BLIS? [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.ipdusa.com
- [50] Soustava klimatizace [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.autoklima-brno.cz
- [51] Nezávislé vytápění aut [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.levne-topeni.kvalitne.cz
- [52] BMW New Full Colour HUD [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.tectrack.blogspot.cz
- [53] No TFT Instrument Panel on MY 2013 7 Series LCI [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.bimmerfest.com
- [54] Lexus remote touch controller details [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.clublexus.com
- [55] BMW redesigns iDrive for new 3-Series and 7-Series [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.cnet.com.au
- [56] Citroen C5 II [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.planete-citroen.com
- [57] Catia V5 APP RAMSIS [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: <http://creator.tistory.com/42>
- [58] Letiště Brno Tuřany [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Letiste_Brno-Turany
- [59] Předpověď počasí pro celou planetu [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.freemeteo.com

- [60] CEM DT-9860 [online]. [cit. 22-05-2013]
Dostupné z WWW: www.cem-instruments.com
- [61] Světlomety a elektronika světlometů. [online]. [cit. 22-05-2013] Dostupné z
WWW:http://www.fm.tul.cz/files/projektme/Elektronika_sv_tlomet_28.3.2007_TU_Liberec.pdf
- [61] Vlastní galerie autora

11 Seznam příloh

Příloha 1: Vzor dotazníku

Příloha 2: CD se soubory