

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Bakalářská práce

**Komfortní a bezpečnostní mechatronické systémy
v osobních vozidlech**

**Dominik Švec
Zemědělská technika**

Vedoucí práce: Ing. Martin Kotek, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dominik Švec

Zemědělské inženýrství
Zemědělská technika

Název práce

Komfortní a bezpečnostní mechatronické systémy v osobních vozidlech

Název anglicky

Comfort and safety mechatronic systems in passenger cars

Cíle práce

Cílem práce bude literární rešerše v oblasti komfortních a bezpečnostních mechatronických systémů v osobních vozidlech.

Metodika

Práce bude zpracována dle osnovy:

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Přehled řešené problematiky
5. Závěr
6. Seznam použitých zdrojů
7. Přílohy

Doporučený rozsah práce

30-40 stran textu včetně tabulek a obrázků

Klíčová slova

mechatronické systémy, bezpečnostní systémy, asistenční systémy

Doporučené zdroje informací

firemní literatura výrobců vozidel a systémů

KOVANDA, Jan, ŠATOCHIN, Vladimír. Pasivní bezpečnost vozidel. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 69s. ISBN 80-01-02235-8

VLK, František. Automobilová elektronika 1: asistenční a informační systémy. 1. vyd. Brno: F. Vlk, 2006, vi, 269 s. ISBN 80-239-6462-3.

VLK, František. Automobilová elektronika 2: systémy řízení podvozku a komfortní systémy. 1. vyd. Brno: F. Vlk, 2006, vi, 308 s. ISBN 80-239-7062-3.

VLK, František. Automobilová elektronika 3: systémy řízení motoru a převodů. 1. vyd. Brno: F. Vlk, 2006, vi, 355 s. ISBN 80-239-7063-1.

VLK, František. Elektronické systémy motorových vozidel. 1. vyd. Brno: F. Vlk, 2002, vii, s. 299-592. ISBN 80-238-7282-6.

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 24. 1. 2020

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 05. 04. 2021

Prohlášení o autorství

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma komfortních a bezpečnostních mechatronických systémů vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne.....2021

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Martinu Kotkovi, Ph.D. za odborné rady a věcné komentáře k mé práci.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Abstrakt: Tato bakalářská práce se zabývá rešerší komfortních a bezpečnostních mechatronických systémů v osobních vozidlech. Cílem bylo uvést základní, ale i moderní systémy, které jsou na trhu, popis jejich součástí a funkce. V první části třetí kapitoly je popsána aktivní a pasivní bezpečnost včetně rozdílů mezi těmito typy bezpečnosti motorových vozidel. Druhá část se věnuje rozdělení asistenčních systémů do třech skupin. První skupinou jsou aktivní asistenční systémy, ve které jsou uvedeny základní elektronické systémy podporující jízdní stabilitu vozidla, novodobé elektronické bezpečnostní systémy a prvky související s aktivní bezpečností. Následující skupina popisuje pasivní asistenční systémy, které se dále dělí na vnitřní pasivní bezpečnost, zabývající se zádržnými systémy, a na vnější pasivní bezpečnost. Poslední skupina uzavírající druhou část třetí kapitoly a zároveň i bakalářkou práci se věnuje komfortním elektronickým systémům.

Klíčová slova: mechatronické systémy, bezpečnostní systémy, asistenční systémy, komfortní systémy

Comfort and safety mechatronic systems in passenger cars

Summary: The bachelor thesis deals with comfort and safety mechatronic systems in cars. The objective of the thesis was to introduce basic as well as modern systems that are on the market, but also a description of their components and functions. The first part of the third chapter describes terms active and passive safety, including the differences between these two types of vehicle safety. Assistance systems are divided into three groups in the second part of the thesis. The first group is called active assistance systems and it lists the basic electronic systems supporting the driving stability of the vehicle, modern electronic safety systems and elements related to active safety. Next group describes passive assistance systems, which are further divided into internal passive safety, dealing with restraint systems, and external passive safety. The last group, that closes the second part and at the same time the bachelor's thesis is dedicated to comfort electronic systems.

Keywords: mechatronic systems, safety systems, assistance systems, comfort systems

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	3
3	Přehled řešené problematiky	4
3.1	Bezpečnost vozidel	4
3.1.1	Aktivní bezpečnost	4
3.1.2	Pasivní bezpečnost.....	5
3.2	Asistenční systémy	5
3.2.1	Aktivní asistenční systémy	6
3.2.1.1	Základní elektronické systémy podporující jízdní stabilitu vozidla	6
3.2.1.1.1	Protiblokovací brzdový systém ABS.....	6
3.2.1.1.2	ABSplus.....	8
3.2.1.1.3	Protiskluzový systém ASR.....	8
3.2.1.1.4	Elektronická stabilizace jízdy ESP	9
3.2.1.1.5	Elektronická uzávěrka diferenciálu EDS.....	11
3.2.1.1.6	Brzdový asistenční systém BAS.....	12
3.2.1.1.7	Automatické nouzové brzdění AEB	13
3.2.1.1.8	Asistent rozjezdu do kopce HSA.....	13
3.2.1.1.9	Asistent pro jízdu z kopce HDC	14
3.2.1.1.10	Multikolizní brzda MKB	14
3.2.1.2	Novodobé elektronické bezpečnostní systémy	15
3.2.1.2.1	Asistent hlídání mrtvého úhlu	15
3.2.1.2.2	Systém udržování vozidla uprostřed jízdního pruhu	16
3.2.1.2.3	Head-up display (HUD) – průhledový displej.....	17
3.2.1.2.4	Kontrola tlaku v pneumatikách.....	18
3.2.1.2.5	Tempomat CC, ACC, ACCplus	19
3.2.1.2.6	Sledování únavy řidiče	21
3.2.1.2.7	Rozpoznávání dopravních značek	22
3.2.1.3	Prvky související s aktivní bezpečností.....	22
3.2.1.3.1	Osvětlovací systém.....	22
3.2.1.3.1.1	Zdroje světla používané v moderních vozidlech	23
3.2.1.3.1.2	Nejnovější světelné zdroje.....	25
3.2.1.3.2	Adaptivní brzdová světla.....	27
3.2.1.3.3	Adaptivní světlomety.....	27

3.2.1.3.4	Interaktivní světlomety	28
3.2.1.3.5	Systémy pro noční vidění	28
3.2.2	Pasivní asistenční systémy	29
3.2.2.1	Vnitřní pasivní bezpečnost	29
3.2.2.1.1	Zadržné systémy	29
3.2.2.1.1.1	Bezpečnostní pásy	30
3.2.2.1.1.2	Nafukovací vaky	32
3.2.2.1.1.3	Opěrka hlavy	33
3.2.2.1.1.4	Aktivní opěrka hlavy	33
3.2.2.1.1.5	Karoserie	34
3.2.2.1.1.6	eCall	35
3.2.2.2	Vnější pasivní bezpečnost	35
3.2.2.2.1	Aktivní kapota	35
3.2.2.2.2	Airbag pro chodce	36
3.2.3	Komfortní elektronické systémy	36
3.2.3.1	Elektrické nastavování volantu, sedadla a zpětných zrcátek	36
3.2.3.2	Větrání, vytápění, klimatizace	37
3.2.3.3	KESSY	40
3.2.3.4	Parkovací asistent	40
4	Závěr	42
5	Seznam zdrojů	43

Seznam obrázků

Obrázek 1: Princip činnosti ABS [16].....	7
Obrázek 2: Základní části systému ABS [16]	7
Obrázek 3: Zásah ESP při přetáčivém chování vozidla [24].....	10
Obrázek 4: Zásah ESP při nedotáčivém chování vozidla [24]	10
Obrázek 5: Hnací síly bez uzávěrky diferenciálu [25]	11
Obrázek 6: Hnací síly s elektronickou uzávěrkou diferenciálu [25]	11
Obrázek 7: Funkce BAS [27]	13
Obrázek 8: Funkce miltikolizní brzdy [34]	15
Obrázek 9: Princip činnosti hlídání mrtvého úhlu [36]	16
Obrázek 10: Princip činnosti udržování vozidla uprostřed jízdního pruhu [42]	17
Obrázek 11: Typy HUD [43].....	18
Obrázek 12: Přímé měření tlaku pomocí snímačů [46].....	19
Obrázek 13: Funkce systému ACC (Bosh) [7].....	20
Obrázek 14: Symbol upozorňující na únavu řidiče [53].....	21
Obrázek 15: Porovnání viditelnosti, zleva Halogen, Xenon, LED [59].....	25
Obrázek 16: Dosvit různých zdrojů světla [62].....	26
Obrázek 17: Typy OLED světelných signalizací zadních světlometů Audi Q5 [65].....	26
Obrázek 18: Noční vidění [61]	29
Obrázek 19: Schéma pyrotechnického předpínače pásu [11].....	31
Obrázek 20: Časový průběh funkce airbagu při nárazu u řidiče a spolujezdce [77]	33
Obrázek 21: Princip aktivní hlavové opěrky [81]	33
Obrázek 22: Klíčové části karoserie [10]	34
Obrázek 23: Deformační zóny karoserie [82]	34
Obrázek 24: Simulace funkce airbagu pro chodce [87]	36
Obrázek 25: Princip činnosti klimatizačního systému [90].....	40

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam	Překlad
ABS	Anti-lock Brake System	Brzdový protiblokovací systém
ACC	Adaptive Cruise Control	Adaptivní tempomat
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems	Pokročilé asistenční systémy
ASR	Anti-slip Regulation	Protiskluzový systém
BAS	Brake Assistant System	Brzdový asistenční systém
CC	Cruise Control	Tempomat
DAC	Driver Alert Control	Systém kontroly řidičovy bdělosti
DAM	Driver Attention Monitoring	Sledování pozornosti řidiče
DSC	Dynamic Stability Control	Dynamická kontrola stability
DSTC	Dynamic Stability and Traction Control	Dynamická stabilita a kontrola trakce
EDS	Elektronische Differenzialsperre	Elektronická uzávěrka diferenciálu
ESC	Electronic Stability Control	Elektronická kontrola stability
ESP	Electronic Stability Program	Elektronická stabilizace jízdy
FIR	Far-Infrared	Dlouhé infračervené vlny
GPS	Global Positioning System	Globální polohový systém
HDC	Hill Descent Control	Ovládání sjezdu z kopce
HSA	Hill Start Assist	Asistent rozjezdu do kopce
HUD	Head-up Display	Průhledový displej
IIHS	Insurance Institute for Highway Safety	Pojišťovací institut pro bezpečnost silničního provozu
KESSY	Keyless Entry and Start SYstem	Bezklíčový přístup a spuštění systému
LED	Light-Emitting Diode	Elektroluminiscenční dioda
NCAP	European New Car Assessment Programme	Evropský program hodnocení nových vozů
NHTSA	National highway traffic safety administration	Národní správa bezpečnosti silničního provozu
NIR	Near-Infrared	Krátké infračervené vlny
OLED	Organic Light-Emitting Diode	Organická elektroluminiscenční dioda
PSA	Peugeot Société Anonyme	Francouzský automobilový koncern
SUV	Sport Utility Vehicle	Vozidlo pro sportovní aktivity
TFT	Thin Film Transistor	Tenký tranzistorový film
TSR	Traffic-Sign Recognition	Rozpoznávání dopravních značek
VDC	Vehicle Dynamic Control	Dynamická kontrola vozidla
VIN	Vehicle Identification Number	Identifikační číslo vozidla

1 Úvod

Mechatronika je věda, která vychází z několika vědních oborů a také z jejich poznatků, zejména elektroniky, mechaniky, informatiky a řízení. Původně mechatronika zahrnovala kombinaci pouze mechaniky a elektroniky, později se však rozšířila o další technické oblasti [1].

Je zcela jasné, že s rostoucí mírou automobilizace rapidně roste i riziko vzniku dopravních nehod. Nejen, že dochází k neustálému zvyšování hustoty dopravy, ale i k jejímu zrychlování. Stinnou stránkou tohoto exponenciálně rostoucího trendu silniční dopravy je však i poměrně se zvyšující četnost a závažnost dopravních nehod. Proto se dnešní vývoj a celkově konstrukce automobilů zaměřuje zejména na bezpečnost a komfort, a dále na ekonomičnost a ekologii. Se snižováním spotřeby a emisí úzce souvisí snížení hmotnosti vozidel a nahrazení velkých objemů motorů za malé přeplňované. Nároky zákazníků na tyto aspekty narůstají, především tedy na bezpečnost a samotný komfort pro uživatele vozidla, načež vývojáři přichází se stále novými mechatronickými systémy, které v mnoha ohledech ulehčují a pomáhají řidiči při samotném řízení.

Oblast bezpečnosti silničního provozu je možno rozdělit na prvky aktivní, sloužící k předcházení, varování či predikci dopravní nehody a na prvky pasivní, jež mají snížit následky nehod. Oba tyto směry jsou podrobně a pečlivě testovány nezávislými organizacemi. V Evropě se jedná především o organizaci Euro NCAP (European New Car Assessment Programme) nebo IIHS (Insurance Institute for Highway Safety). V USA se jedná o společnost NHTSA (National highway traffic safety administration). Organizace Euro NCAP se už dlouho dobu zaslouhuje o bezpečnost nově vyráběných vozidel, u kterých je na základě nárazových zkoušek bodově ohodnocena bezpečnost. Závěrečný verdikt, kdy maximální možný počet bodů (hvězdiček) je 5, se vyhodnocuje ze čtyř kategorií: ochrana dospělých, dětí, chodců a aktivní bezpečnost [2].

Vývoj v oblasti bezpečnosti se ubírá směrem ke konstrukci vozidla. Zaměřuje se na klíčový prvek pasivní bezpečnosti, na samotnou karoserii vozidla a s ní spojené deformační zóny. V dnešní době je při vývoji a výrobě karoserie použito nepřeberné množství různých materiálů. Z důvodu dobrých mechanických vlastností jsou karoserie nejčastěji vyrobené z ocelových profilů a plechů. Používají se ale i nové materiály jako vysokopevnostní ocel, slitiny titanu, hliníku, hořčíku a v poslední době také plasty a kompozity, především tedy uhlíková vlákna, která mají znatelně lepší poměr pevnost/hmotnost.

Rozhodujícím přínosem ke zvýšení aktivní bezpečnosti vozidla jsou elektronické systémy redukcující jak psychické, tak i fyzické zatížení řidiče. Zabraňují dřívějšímu unavení řidiče a udržují jeho koncentraci. Systémy řízení podvozku, k nimž patří ABS (Anti-lock Brake System), ASR (Anti-Slip Regulation), ESP (Electronic Stability Program), disponují automobily už několik desetiletí. Řada těchto prvků pro splnění homologace musí být povinně

od roku 2004 instalována do vozidel v EU. V současné době si lze do automobilu navolit celou řadu tzv. asistentů, které jsou nápomocni v mnoha ohledech. Tito asistenti snímají chodce či zvěř v nočních hodinách, hlídají řidiče před nechtěným opuštěním jízdního pruhu, udržují bezpečný konstantní odstup od vpředu jedoucího vozidla nebo dokážou detekovat vozidlo, které vjelo do tzv. mrtvého úhlu. Všechny tyto systémy mají za cíl především uvolnit mentální kapacitu řidiče, který tak může lépe sledovat dění vnější dopravy.

Člověk je od přírody líný tvor a potrpí si na pohodlí. Tento fakt automobiloví vývojáři moc dobře vědí, a proto kladou značný důraz na komfort vozidla, který je úzce spjatý s bezpečností. Komfortní systémy, které předcházejí únavě, regulují mikroklima uvnitř kabiny vozidla pomocí větrání, vytápění a klimatizace. Ve vozidlech vyšších tříd se můžeme setkat s elektrickým nastavováním sedadel či volantu nebo s parkovacím asistentem. Pravidelně automobilky přicházejí na trh s novými inovativními systémy pro získání výhody v konkurenčním boji.

V bakalářské práci nejprve budou uvedeny základní a nejdůležitější aktivní asistenční systémy, u vybraných bude popsána i historie. Postupně se práce bude dostávat k těm novodobějším, moderním bezpečnostním systémům. Po aktivních prvcích, které tvoří nejobsáhlejší část, přijdou prvky pasivní, zejména tedy zádržné systémy a funkce karoserie. V závěrečné kapitole budou uvedeny komfortní elektronické systémy.

2 Cíl práce

Cílem práce je literární rešerše v oblasti komfortních a bezpečnostních mechatronických systémů v osobních vozidlech. V práci budou zohledněny systémy, které jsou na trhu, jejich funkce a popis součástí. V práci se objeví nejstarší, nejzákladnější elektronické systémy, ale i ty nejmodernější, novodobé. Uvedeny a podrobně rozebrány od součástí až po funkci zde budou zástupci asistenčních systémů, které se dělí do třech základních pilířů, kdy nejhojnější zastoupení zde mají prvky aktivní, následují pasivní a práci zakončují komfortní prvky.

3 Přehled řešené problematiky

3.1 Bezpečnost vozidel

Jednou z nejdůležitějších vlastností vozidel je bezpečnost, a proto se klade velký důraz na bezpečnostní prvky při konstrukci silničních motorových vozidel, které ji zajišťují. V současné době jsou vozidla, díky systémům, které se do nich instalují, velmi technicky vyspělá, a tudíž je snazší jejich bezpečné používání.

Bezpečnost vozidel se dělí na dva hlavní směry. Prvním z nich jsou systémy, které zasahují automaticky do řízení vozidla, čímž se snaží předejít či zabránit dopravní nehodě. Jedná se o aktivní bezpečnost vozidel. V druhém případě, i přes všechny aktivní systémy, může k nehodě dojít. Zde se zaměřujeme na co nejmenší následky dopravní nehody. Jedná se o pasivní bezpečnost vozidel [3].

V dnešní době se klade důraz nejen na bezpečnost posádky, ale i na zbylé účastníky silničního provozu, čímž jsou také chodci, cyklisté či motocyklisté. V silničním provozu se ve velké míře všechny tyto skupiny setkávají na komunikacích, a tady je klíčová již zmíněná pasivní bezpečnost, kde se zohledňuje především samotná konstrukce vozidel [4].

3.1.1 Aktivní bezpečnost

Prioritou aktivní bezpečnosti je zabránit nebo předejít dopravní nehodě. Cílem je minimalizovat či eliminovat možný vznik dopravní nehody. Prvky aktivní bezpečnosti jsou technická zařízení a vlastnosti vozu. Dnes jsou doménou prvků aktivní bezpečnosti především mechatronické systémy. Zajišťují větší bezpečnost provozu vozidla, ale i zvyšují hospodárnost, jízdní pohodlí a zlepšují životní prostředí [5].

Na mysli je celá konstrukce automobilu a z ní vycházející jízdní vlastnosti. Nejdůležitějšími prvky aktivní bezpečnosti jsou účinné brzdy, kvalitní tlumiče, přesné řízení, pružiny, pneumatiky, výkon a pružnost motoru a geometrie podvozku. Dalšími důležitými prvky jsou ergonomie vozu, osvětlení a dostatečný výhled z vozidla. Důležité, z hlediska bezpečné jízdy, je také pohodlí řidiče, čemuž napomáhají prvky jako topení, klimatizace, tvar sedaček a ventilace. Cílem je co nejvíce odlehčit řidiče od tělesné námahy při ovládání agregátů. Systémy, které redukují fyzické i psychické zatížení řidiče, jsou přínosné ke zvýšení aktivní bezpečnosti motorových vozidel. Zabezpečují koncentraci řidiče a zpomalují jeho únavu, tím minimalizují vznik mikrosnání, [5][6][7].

V současné době je pozornost kladena na již zmíněné asistenční mechatronické systémy, které eliminují chyby řidiče nebo na ně upozorňují. Jedná se o klasičtější prvky bezpečnosti jako ABS, ESP, ASR, BAS (Brake Assistant System), EDS (Elektronische Differenzialsperre), ale také o asistenční systémy, které dokážou krizovou situaci predikovat a varovat řidiče. Jsou to

systemy jako noční vidění (Night Vision), adaptivní tempomat ACC (Adaptive Cruise Control), udržování vozidla uprostřed jízdního pruhu (Lane Assist) a Head-up display [5][6].

V neposlední řadě má také velký vliv na aktivní bezpečnost stav vozovek a jejich značení.

3.1.2 Pasivní bezpečnost

Cílem pasivní bezpečnosti je zmírnit následky dopravní nehody. Zjednodušeně můžeme říci, že tyto prvky působí až při nehodě. Jejich cílem je minimalizovat následky srážky, a to jak posádky vozu, tak zbylých účastníků provozu, před mechanickými a biomechanickými poraněními [8][9].

Nejdůležitějším prvkem pasivní bezpečnosti jsou deformační zóny karoserie, které pohlcují pohybovou energii vozidla při střetu tak, aby se tyto zóny záměrně zdeformovaly, ale kabina, kde sedí posádka, zůstane pevná a zachová stálý prostor pro přežití. Jedná se o karoserii, sloupky, prahy, nárazníky apod [10].

Dalším důležitým prvkem pasivní bezpečnosti jsou zádržné systémy, které eliminují nežádoucí pohyb posádky vozu při střetu. Nejzásadnějšími zádržnými systémy jsou tříbodové a dvoubodové bezpečnostní pásy, předpínače bezpečnostních pásů, dětské autosedačky, airbagy, aktivní hlavové opěrky, kontaktní plochy interiéru, eCall, systémy chránící při kolizi chodce, jako je například aktivní kapota apod [8][11].

Pasivní bezpečnost se dělí na vnější a vnitřní. Vnější provedením vozidla se už podle názvu zabývá vnější pasivní bezpečnost. Jejím cílem je snížení rozsáhlosti zranění ostatních účastníků dopravy. Příkladem jsou vnější hrany vozidla, které musí být zaoblené, nárazníky, absorbéry nárazové energie, deformační vlastnosti předě, kliky apod. Na druhé straně vnitřní prvky, které jsou konstruovány tak, aby zmenšily, či dokonce zabránily poranění posádky vozidla. Prioritou vnitřní bezpečnosti je zachování prostoru pro přežití, ochrana proti požáru, ochrana proti vymrštění posádky z vozidla, ochrana proti dalšímu nárazu apod [12].

I přes všechny tyto bezpečnostní prvky může při střetu dojít ke zranění, a tudíž je důraz primárně kladen na nejzranitelnější místa, tedy hlavu a trup.

3.2 Asistenční systémy

Základ mnoha systémů podpory řidiče tvoří elektronické sledování okolí vozidla. Asistenční systémy mohou být výstražné nebo aktivně zasahující do řízení. Tzv. senzitivní vozidla mohou dnes „vidět“ do všech stran pomocí snímačů a systémů, které mapují a monitorují okolí vozidla a na základě toho o něm poskytují informace. Jsou schopny detekovat hrozící nebezpečí a v případě nebezpečné situace dokážou samovolně zasáhnout do řízení a pomoci řidiči se zvládnutím jízdního manévru [7][11].

Asistenční systémy je možné rozdělit do třech skupin. První skupinou jsou asistenční systémy podporující vozidlo tzv. aktivní. V případě nutnosti působí tyto systémy přímo, aniž by řidič zabránil jejich působení. Aktivují se a přebírají kontrolu nad vozidlem a v mnoha případech působí tak, že řidič ani nepozná, že do řízení zasáhly a chování vozu považuje za normální. Tyto systémy pracují precizně a rychle, zpravidla jsou řízeny mikropočítači. Příkladem systémů podporujících vozidlo jsou např. protiskluzový systém ASR, protiblokovací systém ABS, elektronická stabilizace jízdy ESP apod [11].

Druhou skupinou jsou asistenční systémy tzv. pasivní, které slouží až v okamžiku dopravní nehody. Dokážou predikovat srážku a připravit posádku na náraz. Primárním prvkem ochraňujícím pasažéry vozidla před vážným poraněním či úmrtím je samotná konstrukce vozidla, přesněji řečeno konstrukce karoserie a její deformační zóny. Spolu s bezpečnostními pásy, airbagy, opěrkami hlavy atd. tvoří komplexní zádržný systém vozidel.

Třetí skupinou jsou systémy zajišťující pohodlí a také bezpečnost. Do vozidel jsou instalovány tzv. komfortní asistenční systémy, které snižují námahu řidiče i posádky a zpříjemňují samotné cestování. Mezi systémy zajišťující pohodlí patří elektronické řízení klimatizace, elektrické nastavování volantu, sedadel a zpětných zrcátek, parkovací asistent atd [7] [13].

3.2.1 Aktivní asistenční systémy

Jak už bylo výše zmíněno, aktivní bezpečnostní systémy působí přímo. Pokud řídicí jednotka vyhodnotí situaci jako možnou rizikovou, kterou by řidič nemusel správně vyhodnotit a včas zareagovat, zasáhnou samovolně aktivní systémy do řízení a snaží se ji vyřešit.

3.2.1.1 Základní elektronické systémy podporující jízdní stabilitu vozidla

3.2.1.1.1 Protiblokovací brzdový systém ABS

Systém ABS je jedním ze základních prvků aktivní bezpečnosti vozidla. Cílem ABS je zajištění maximálního brzdného účinku. Systém ABS zabráňuje zablokování kola při brzdění. Ztrátě adheze mezi kolem a vozovkou se zabráňuje tím, že se kolo se systémem ABS stále odvaluje. Kdyby se kolo neodvalovalo, ale zablokovalo, tak nemůže přenést žádnou boční sílu a neumožní zatočení. V kritických situacích, kdy musí často řidič prudce brzdit, může dojít k zablokování kol, zejména na kluzké vozovce. V tu chvíli dojde ke ztrátě směrové stability [14][11].

Historie

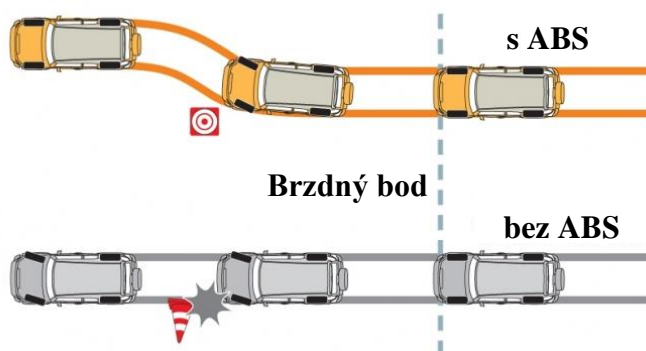
V roce 1978 byl protiblokovací systém ABS vyvinut firmou BOSCH. Poprvé se tento systém objevil ve vozidle BMW řady 7 a ve vozidle Mercedes-Benz třídy S [3]. V roce 1988 se objevuje první motocykl s elektricko-hydraulickým systémem ABS (BMW K100). O rok později byl k dispozici na přání pro veškeré osobní vozy značky Mercedes-Benz. Od roku

1992 bylo ABS standardní výbavou všech vozů této automobilky. V roce 2004 se výrobci automobilů dohodli, že každý nově homologovaný automobil v EU musí mít nainstalován systém ABS [15].

Princip činnosti

Zablokování kol při prudkém brzdění zabraňuje systém ABS tím, že reguluje brzdovou sílu v třmenech tak, aby nedošlo k zablokování kol, čímž by došlo ke ztrátě adheze a vozidlo by se stalo takřka neřiditelné. Nebylo by možné změnit směr jízdy otáčením volantu (viz Obr. 1) [16].

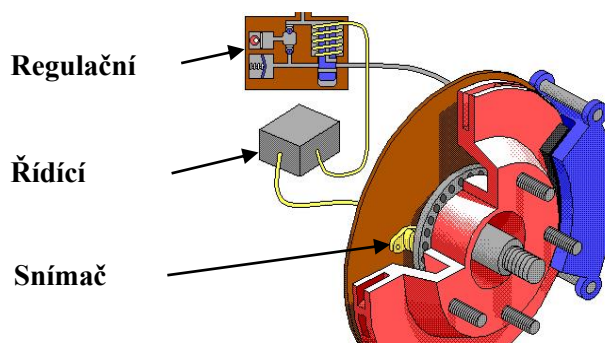
Základem protiblokovací regulace jsou signály snímače otáček kol, ze kterých řídicí jednotka vypočítává obvodové zrychlení nebo zpomalení kola, skluz kola, referenční rychlost a zpomalení vozidla. V případě, že řídicí jednotka dostane signál od snímače otáček kol, že je kolo blokováno, krátkodobě sníží tlak v brzdovém systému a tím uvede kolo do pohybu. Systém ABS může uvolnit kolo 12-16x za sekundu. ABS udržuje brzdovou sílu na mezi adheze a dochází ke střídavému snižování a zvyšování tlaku, k zablokování a následnému uvolnění kola až do zastavení vozidla [16].



Obrázek 1: Princip činnosti ABS [16]

Manévr s funkčním systémem ABS (nahore), manévr s nefunkčním ABS (dole)

Na každém kole je instalován indukční snímač otáček, který dává řídicí jednotce informace o pohybu kola. Poté řídicí jednotka situaci vyhodnotí a pomocí regulačního ventilu reguluje tlak v brzdové soustavě (viz Obr. 2) [16][7].



Obrázek 2: Základní části systému ABS [16]

3.2.1.1.2 ABSplus

Dokonalejším systémem ABS je ABSplus, který vyvinula a patentovala automobilka Volkswagen speciálně pro offroadové a SUV (Sport Utility Vehicle) vozy. Poprvé tento systém uvedli na trh ve svém modelu Touareg [17].

Systém ABSplus je výhradně zaměřen na nezpevněné povrchy jako je písek a štěrk. Díky tomuto systému je vozidlo schopno zkrátit svou brzdou dráhu až o 20 % na nezpevněném povrchu. Vozidla jedoucí po měkkém povrchu ztrácejí při prudkém brzdění stabilitu a říditelnost, tím se prodlužuje brzdová dráha [17].

Vylepšený systém ABSplus funguje tak, že částice povrchu, po kterém vozidlo jede (písek, bláto, štěrk, sníh) nahrne před částečně zablokovaná kola, čímž vytvoří tzv. brzdící klín, který následně zvýší účinnost brzdění na syčkém povrchu, aniž by snížil říditelnost a stabilitu vozidla [17].

3.2.1.1.3 Protiskluzový systém ASR

Protiblokovací systém ABS se rozšířil o protiskluzový systém ASR, který má za úkol zajistit říditelnost a stabilitu vozidla při jeho akceleraci. Zabraňuje protáčení hnacích kol, čímž zvyšuje bezpečnost zejména na kluzkém povrchu a dále také pomáhá řidiči s plynulým rozjezdem a zrychlením. Pomáhá také snížit vysoké opotřebení pneumatik, hnacího ústrojí (zejména diferenciálu) a paliva [7] [11].

Princip

Při akceleraci vozidla se zvyšuje točivý moment motoru, čímž se zároveň zvyšuje moment na kolech vozidla. V okamžiku, kdy kola nejsou schopna přenést tento výkon na vozovku, dojde k jejich protáčení. V tu chvíli si systém ASR sníží točivý moment na hodnotu, kterou jsou kola schopna na daném povrchu (za daných adhezních podmínek) přenést, aniž by se protáčela. Protiskluzový systém sníží prokluz hnacích kol během zlomku sekundy na nejlepší možnou hodnotu. Řídící jednotka neustále porovnává otáčky hnacích kol s otáčkami hnaných kol a v případě prokluzu hnacích kol řídicí jednotka dostane informaci, aby bylo kolo přibrzděno. Toho se využívá při rozjezdu. U vyšší rychlosti není bezpečné přibrzďovat kolo, a tak je řídicí jednotkou motoru vydán pokyn ke snížení momentu motoru ubráním plynu nebo přísunu paliva, tedy ke snížení výkonu vozidla. Čímž se kola přestanou protáčet. U zážehových motorů se točivý moment reguluje vhodným nastavením škrticí klapky, omezením benzínu do spalovací směsi nebo změnou okamžiku zážehu směsi ve válci. U vznětových motorů se točivý moment snižuje pomocí množství nafty vstříkovaného do prostoru válce motoru [11] [18].

Protiskluzový systém ASR je rozšířen o jeden magnetický a jeden dvoucestný ventil na každé nápravě, pro každé kolo. Dále do motoru vede taktéž dvoucestný a magnetický ventil a jeden stavěcí válec pro regulaci vstříkovacího čerpadla [18].

Pomocí kontrolky na přístrojové desce je signalizovaná činnost ASR. Díky této signalizaci může řidič sám snížit točivý moment ubráním plynu a přizpůsobit jízdu daným podmínkám.

Dále se kontrolka může rozsvítit, když informuje řidiče, že se jedná o povrch s horší adhezí. Ve většině případů má řidič možnost pomocí tlačítka manuálně vypnout funkci ASR [11] [19].

3.2.1.1.4 Elektronická stabilizace jízdy ESP

System regulace dynamiky jízdy ESP pomáhá zvládat kritické situace, kdy je vozidlo těžce ovladatelné. Například díky silným pohybům volantu dochází ke smyku vozidla. Stabilizační systém ESP obsahuje jak protiblokovací systém ABS, tak i protiskluzovou regulaci ASR. Jedná se vlastně o rozšíření systémů ABS a ASR, které umožňují ovládat prokluz nebo skluz pneumatiky pouze v podélném směru vozidla, načež systém ESP umožňuje regulovat skluz pneumatiky také v příčném směru. ESP snižuje nebezpečí smyku při brzdění, zrychlení i při volném pohybu vozidla a zvyšuje stabilitu vozidla ve stopě při průjezdu zákrutou (brání převrácení vozidla). Elektronické stabilizační systémy nesou různá označení od různých výrobců. Například BMW a Mazda označují systém jako DSC (Dynamic Stability Control), Volvo jako DSTC (Dynamic Stability and Traction Control), Hyundai, Nissan, Subaru a Alfa Romeo označením VDC (Vehicle Dynamic Control) a například Škoda jako ESC (Electronic Stability Control) [7] [11] [20].

Historie

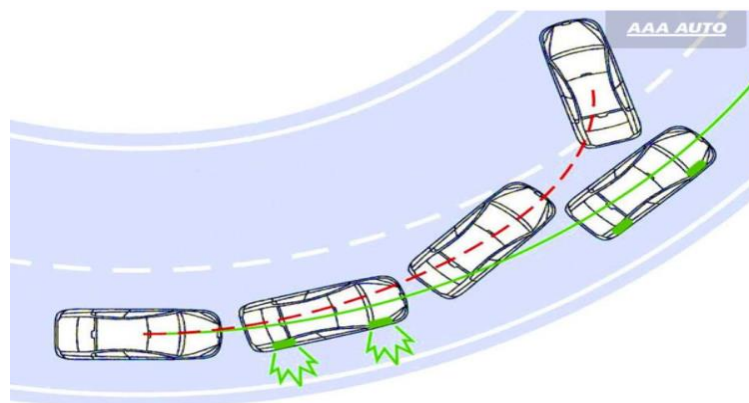
Prvním automobilem, který funkcí ESP disponoval, byl v roce 1995 Mercedes nové generace E. Tehdy byl doménou luxusnějších automobilů. Nejvíce se o vývoj zasloužila společnost Bosch. S postupem času se systém ESP začal dostávat i do segmentu nižších tříd automobilů. Od 1. listopadu 2011 dle nařízení Evropské unie musí mít každý homologovaný automobil instalován elektronický stabilizační systém jízdy ESP [3] [21].

Princip činnosti

Pro správné fungování ESP v kritických situacích si musí systém "odpovědět" na dvě otázky. Kam řidič vozidlo směřuje a kam vozidlo doopravdy jede. K určení požadovaného směru jízdy, kam je vozidlo řidičem směřováno, slouží snímač brzdného tlaku kapaliny a snímač natočení volantu. Snímač otáčení jednotlivých kol, snímač rychlosti stáčení a snímač bočního zrychlení určují skutečný pohyb vozidla. Pomocí naměřených hodnot ze snímačů porovnává až 30x za sekundu obě tyto situace daná řídicí jednotka. Pokud se tyto informace liší, hydraulický systém ESP rychle zvýší brzdný tlak na jednotlivých kolech, čímž zabrání smyku vozidla. Dle potřeby může také systém snížit točivý moment motoru, což napomáhá stabilizaci vozu. Systém ESP takto napomáhá při nedotáčivém a přetáčivém smyku vozidla a udržuje směr vozidla, který řidič zvolil. Rovněž zasahuje i při náhlém vyhýbacím manévru, předchází smyku a převrácení vozidla, které je testováno při simulaci vyhýbacího manévru, tzv. losí test [7] [11] [19] [22].

Přetáčivost

Přetáčivost nastává tehdy, když jako první ztratí přilnavost zadní kola, dochází k vybočení zadní části vozidla. To způsobí, že zadní část vozu začne mít tendenci opustit zatáčku po tečně. U přetáčivého průjezdu vozidla zatáčkou systém ESP přibrzdí kola na vnější straně zatáčky, přičemž největší brzdná síla působí na přední vnější kolo (viz Obr. 3). Výjimečně, pokud brzdné zásahy ke stabilizaci nestačí, řídicí jednotka nařídí krátkodobé zvýšení točivého momentu motoru, tedy přidání plynu [23] [24].

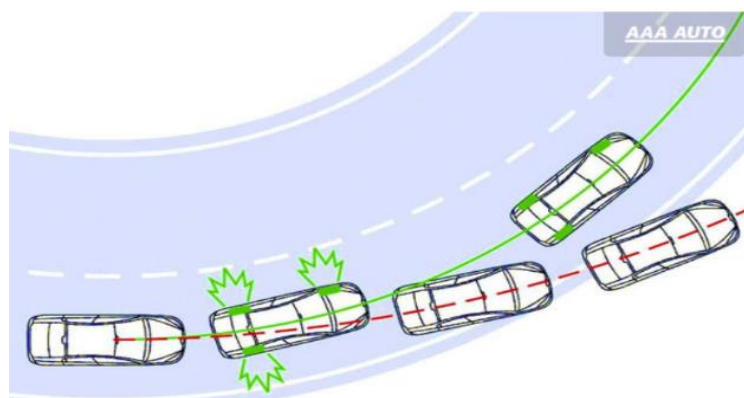


Obrázek 3: Zásah ESP při přetáčivém chování vozidla [24]

Červená: 1 - bez ESP, zelená: 2 - s ESP

Nedotáčivost

Nedotáčivost nastává tehdy, když přední kola ztratí přilnavost jako první. Dochází k vybočení přední části vozu, což způsobí, že přední část vozu začne mít tendenci opustit zatáčku po tečně. Auto se v podstatě snaží jet rovně. U nedotáčivého průjezdu vozidla zatáčkou systém ESP sníží točivý moment motoru a u automatických převodovek potlačí řazení. Dále systém vytvoří opačný otáčivý moment než ten, který dostal vozidlo do smyku, pomocí brzdných zásahů na jedno nebo více kol. Jako první dojde ke snížení tahu motoru a následně systém přibrzdí kola na vnitřní straně zatáčky (viz Obr. 4). Dříve systémy využívaly pro stabilizaci zejména vnitřní zadní kolo. Současné systémy ESC využívají obě vnitřní kola [23] [24].



Obrázek 4: Zásah ESP při nedotáčivém chování vozidla [24]

Červená: 1 - bez ESP, zelená: 2 - s ESP

3.2.1.1.5 Elektronická uzávěrka diferenciálu EDS

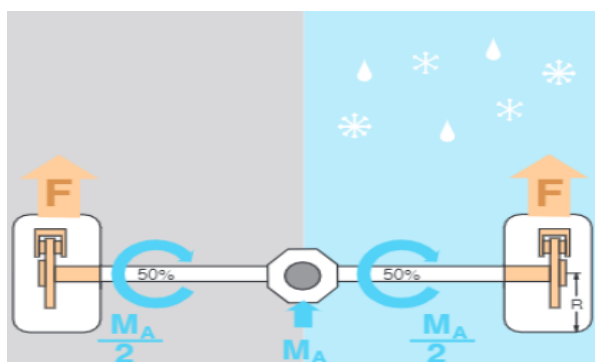
Dalším aktivním asistenčním prvkem sloužícím ke stabilizaci vozidla na vozovce, zvláště na kluzkém povrchu, například za deště či v zimě, je elektronická uzávěrka diferenciálu. Použití elektronické uzávěrky je možné jen ve spojení s protiblokovacím systémem ABS. Při prokluzu hnacích kol automobilu, zejména při rozjezdu, systém EDS pomocí řízeného brzdění kol rozdělí nerovnoměrně hnací moment motoru na poháněná kola, přičemž zároveň působí i protiblokovací systém ABS. EDS zejména pomáhá v prudších zatáčkách a na kruhovém objezdu [7] [25].

Princip činnosti

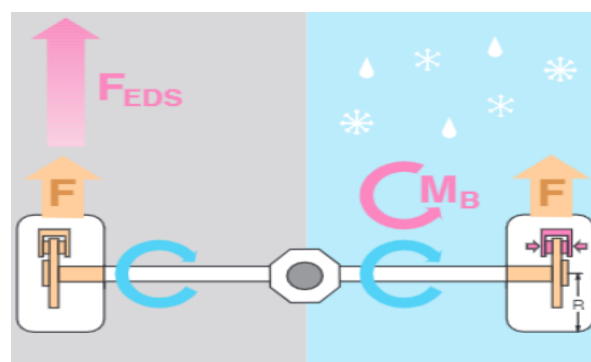
Zatímco systém ABS citlivě reguluje brzdnu sílu, aby nedošlo k zablokování kol. Elektronická uzávěrka diferenciálu naopak citlivě přibrzdí prokluzující hnací kolo, čímž přenáší větší část hnací síly na kolo s lepší adhezí. Bez ní se otáčejí obě kola stejně (viz Obr. 5). Využití je zejména na vozovce s odlišnými adhezními vlastnostmi, kdy je např. levé hnací kolo na asfaltu a pravé hnací kolo na zasněženém povrchu, což zároveň snižuje opotřebení pneumatik. Pomocí elektronického řízení systém EDS přibrzdí protáčeující se hnací kolo, čímž vyvolá brzdny moment, opačný k hnacímu momentu, načež je dorovnán momentový poměr na nápravě (viz Obr. 6). To má za následek, že kolo na povrchu s vyšší přilnavostí je schopno přenášet sílu na vozovku a nedochází k prokluzu [7] [26].

Při dosažení rychlosti 40 km/h se EDS vypíná u vozů poháněných jednou nápravou a u vozů s pohonem všech kol pak při rychlosti 80 km/h. To je z důvodu, aby se zabránilo, při neobvykle silném namáhání diferenciálu, možnému přehřívání dané zatěžované brzdy [7].

Systém EDS má i svou vylepšenou verzi, čímž je asistenční systém XDS, který především pracuje ve vyšších rychlostech, avšak funguje na zcela stejném principu.



Obrázek 5: Hnací síly bez uzávěrky diferenciálu [25]



Obrázek 6: Hnací síly s elektronickou uzávěrkou diferenciálu [25]

$$F_{\text{celková } 1} = F + F$$

$$F_{EDS} = \frac{M_B}{R}$$

$$F_{\text{celková } 2} = F + F + F_{EDS}$$

$$F_{\text{celková } 2} > F_{\text{celková } 1}$$

$F_{celková\ 1}$ [N] – celková dopředná síla bez EDS

$F_{celková\ 2}$ [N] – celková dopředná síla s EDS

F [N] – hnací síla

F_{EDS} [N] – přídatná hnací síla

M_A [Nm] – hnací moment

M_B [Nm] – brzdny moment

R [mm] – poloměr kol

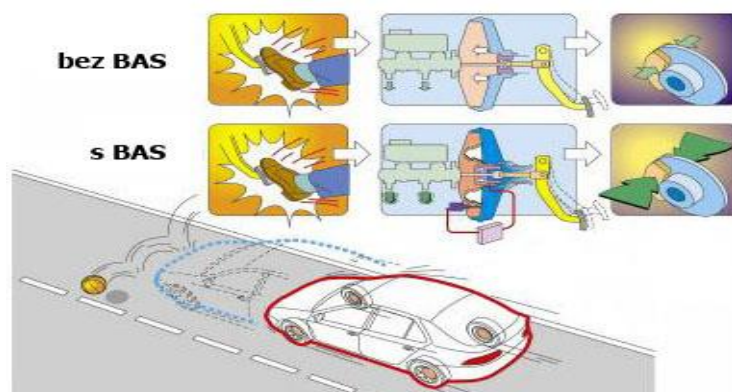
3.2.1.1.6 Brzdový asistenční systém BAS

Jedná se o asistenční systém, který pomáhá řidiči při kritickém brzdění. BAS rozpozná podle reakce řidiče, kdy v nouzi brzdí a nárazově dojde k enormnímu zvýšení brzdného tlaku. Daný problém je v tom, že nezkušení řidiči sešlapují brzdový pedál buď rychle malou silou, nebo pomalu a velkou silou. Oba tyto případy jsou krajně nevhodné a v kritické situaci nefunkční. Správně by měl řidič sešlápnout pedál rychle a zároveň velkou silou, čímž maximálně využije možnost brzdového systému v kooperaci s ABS. Spolu se zkrácením doby dosažení maximálního brzdného účinku se tím pádem zkracuje i brzdná dráha, a to až o 15-20 % při činnosti BAS. Současně se používá hydraulický, elektronický nebo mechanický brzdový systém, u nichž se funkce liší pouze ve způsobu snímání veličin a způsobu řízení vlastní činnosti zařízení, jinak je totožná [7] [27].

Princip činnosti

Snímač, který je umístěn pod brzdovým pedálem, snímá dynamické veličiny, jimiž je síla a rychlost stlačení brzdového pedálu. Impulsem pro aktivaci BAS je mezní hodnota výkonu čili součin síly a rychlosti, což v důsledku znamená, že jeho základním kritériem pro sepnutí je vlastně krizová reakce řidiče, a to prudké ubrání plynu a okamžitý přechod na brzdový pedál. Aby nedocházelo k nežádoucím účinkům brzdného systému v krajně nežádoucích situacích, jako při pomalém přibrzdování v koloně, je mezní hodnota pro aktivaci BAS stanovena na základě zkušeností z provozu. Při dosažení mezní hodnoty BAS se ve velmi krátké době zvýší tlak v brzdovém systému až na hranici zablokování kol tak, aby vozidlo zastavilo na nejkratší možné dráze při dané přilnavosti (viz Obr. 7). Poté udržuje BAS účinek na maximální hodnotě a vypne se až v momentě uvolnění brzdového pedálu. V okamžiku dosažení hranice zablokování kol je také automaticky spuštěn protiblokovací systém ABS [7] [11] [27].

Při správném panickém brzdění, čili při aktivaci BAS, se ve vysoké intenzitě rozblikají brzdová světla, čímž upozorní a varují řidiče za ním.



Obrázek 7: Funkce BAS [27]

3.2.1.1.7 Automatické nouzové brzdění AEB

Systém automatického nouzového brzdění, u Škoda Auto zvaný jako Front Assist, slouží k včasnému detekování srážky s jiným vozidlem. V případě nárazu zmírňuje následky dopravní nehody. Mnoho AEB (Automatic Emergency Braking) systémů nedekují pouze vozidla, ale vnímají i cyklisty a chodce. Jak už z názvu napovídá, systém AEB funguje automaticky, pokud řidič ignoruje varovné signály [7] [11][28].

Princip činnosti

Pomocí kamery a radaru umístěných na přední vozidla hlídá směr, vzdálenost a rychlost aut jedoucích vpředu. V případě přiblížení se k vozidlu vpředu systém AEB nejdříve upozorní řidiče signalizací nebo akusticky. Pokud řidič zareaguje správně a začne brzdit, systém sleduje tlak na brzdový pedál. Jestliže tlak vyhodnotí jako nedostačující k včasnému zastavení vozidla, systém zasáhne zvýšením brzdného tlaku. Za okolností, že není rychlost příliš vysoká, dokáže zvýšení brzdného tlaku předejít srážce [7] [11] [29].

V opačném případě, kdy řidič vůbec nereaguje na varovné signály, jsou brzdy aktivovány automaticky a brzdný tlak se postupně zvyšuje, dokud nedojde ke zpomalení vozidla. Zde se už nemusí dát vyhnout srážce, avšak hlavní prioritou v tomto případě je snížit rychlost, a tudíž zmírnit riziko závažných důsledků nehody [7] [11] [28].

3.2.1.1.8 Asistent rozjezdu do kopce HSA

Systém HSA (Hill Start Assist) umožňuje bezproblémový a pohodlný rozjezd do kopce bez použití ruční brzdy. Asistent HSA značně pomáhá i při rozjezdech na zledovatělém kopci. Asistent rozjezdu do kopce ulehčí zatěžující spojce, zhasínání motoru, či nepříjemnému skákavému rozjíždění. Systém byl vyvinut z dlouhodobého problému rozjezdu zejména v prudkých svazích, kde docházelo k častým kolizím [7] [30] [31].

Princip činnosti

Automatická aktivace systému nastává při sklonu vozovky větším než 5 %. Systém funguje při jízdě dopředu i při couvání a může být aktivován řidičem pomocí silného stlačení brzdového pedálu, čehož se dá využít např. při popojíždění v koloně [30] [31].

Po uvolnění brzdového pedálu další 1-3 s (hodnoty se u každé automobilky liší) asistent udrží tlak v brzdovém systému, díky čemuž má řidič čas přesunout nohu na plynový pedál a bezpečně se rozjet [30] [31].

Řidič je ušetřen manipulace s ruční brzdou nebo rychlého přesunutí z brzdového pedálu na ten akcelerační.

3.2.1.1.9 Asistent pro jízdu z kopce HDC

Zkratka HDC (Hill Descent Control) označuje asistent pro sestup z příkrých svahů. Brání nekontrolovatelnému rozjetí vozidla ze svahu v obtížném terénu a aktivuje se příslušným tlačítkem. Je zvláště užitečný v příkrém klesání s nerovným povrchem vozovky a s kluzkými částmi. Používá se zejména u terénních automobilů a lehkých SUV. Tato funkce se převážně vyskytuje u vozidel s automatickou převodovkou, které postrádají možnost brzdění motorem, jako to je u vozidel s manuální převodovkou [32] [33].

Princip činnosti

Systém HDC umožňuje snížit/zvýšit rychlost jízdy z kopce bez ovládní brzdového pedálu, noha je pouze na pedálu plynu. Pomocí plného ovládní se citlivost akceleračního pedálu snižuje a jeho přesnost se zvyšuje. Plynový pedál je omezen a otáčky motoru udržovány v omezeném rozsahu. Brzdový systém brzdí sám a zajišťuje rovnoměrnou a nízkou rychlost vozidla, kterou může řidič následovně regulovat sám (6-25 km/h-rozsah se liší dle automobilek) např. stlačením tlačítek „+“ a „-“ na páčce tempomatu u volantu. Následující řidiči jsou při automatickém brzdění upozorněni rozsvícením brzdových světel [32] [33].

3.2.1.1.10 Multikolizní brzda MKB

Jedná se o aktivní prvek bezpečnosti, ačkoliv působí až po vzniku nehody. V mnoha případech po nárazu automobil pokračuje v jízdě do protisměru či mimo vozovku, kde hrozí další střet např. s protijedoucím vozem, se stromem, osobou či svodidly, aniž by mohl řidič zabránit srážce. Druhý náraz může být mnohem fatálnější, z důvodu absence pasivních bezpečnostních prvků (airbagů, předpínačů bezpečnostních pásů), které byly použity při prvním nárazu [34]. Kvůli následkům srážky může vozidlo také méně absorbovat energii, čímž se následná srážka může stát nebezpečnější. Díky aktivnímu prvku multikolizní brzdy se řidič může vyhnout druhé nehodě nebo výrazně zmírnit její následky, což v mnoha případech může zachránit lidský život [35].

Princip činnosti

Po střetu vozidla, kdy došlo k aktivaci airbagu řidiče či spolujezdce, vozidlo začne automaticky brzdit až do rychlosti 10 km/h. Brzdění je natolik intenzivní, aby za optimálních podmínek dosáhlo zpomalení 6 m/s^2 . Další možnou aktivací může být vyhodnocení od dvou nezávislých senzorů, což mimo jiné vyžaduje i aktivace airbagů. Snížení rychlosti současně doprovází stabilizační jízdní systémy (ABS, ESP, rozložení brzdného tlaku), které napomáhají ke stabilizaci vozidla na vozovce a brání ve vybočení z jízdního pruhu (viz Obr. 8). Po aktivaci multikolizní brzdy se rozsvítí brzdová světla a směrovky, která trvale blikají. Systém může řidič kdykoliv vypnout přidáním plynu nebo plnými brzdami [34] [35].



Obrázek 8: Funkce multikolizní brzdy [34]

3.2.1.2 Novodobé elektronické bezpečnostní systémy

3.2.1.2.1 Asistent hlídání mrtvého úhlu

U automobilek nejčastěji označován jako Blind Spot Assist. Jedná se o aktivní asistenční systém, který detekuje přítomnost vozidel v přilehlém pruhu, která vjíždějí do oblasti tzv. slepého (“mrtvého“) úhlu. Jedná se o úhel, ve kterém není možné vidět míjející vozidlo ani ve zpětném zrcátku. Konstrukčními opatřeními musí být tento úhel zmenšen na co nejmenší možný. Zmenšuje se pomocí zpětných zrcátek, kdy jedno je asférické a druhé sférické. Asférické zrcátko u řidiče má dělené zrcadlové sklo, dvě třetiny délky je zrcadlo ploché a vnější třetina délky má proměnlivý radius, čímž se zvýší pole výhledu. I přesto některé objekty nejsou vidět v žádném zpětném zrcátku a ani přímým pohledem řidiče. Proto nám k monitorování zpětného výhledu řidiče pomáhají asistenční systémy [7].

Princip činnosti

Pro sledování prostoru za vozidlem se dnes výhradně používá radar (někdy kamera, dříve ultrazvuk). Systém neustále sleduje vzdálenost od okolních dopravních prostředků po obou stranách vozidla a také jejich rychlost. V případě možného rizika, že by se vozidlo v sousedním pruhu mohlo pohybovat v tzv. slepém úhlu, se v zrcátku na straně řidiče nebo v A sloupcu rozsvítí kontrolka, nejčastěji LED dioda, která upozorňuje na auto v blízkosti (viz Obr. 9). V okamžiku, kdy chce řidič přejet do sousedního pruhu, kde zrovna projíždí vozidlo, a nevšimne si přitom rozsvícené diody, dioda se rozsvítí intenzivněji, začne blikat a v některých případech se i ozve varovný signál. Po neuposlechnutí ani tohoto varování dokážou některé automobily samy zasáhnout řidiči do řízení tím, že aktivují brzdy na opačné straně vozidla a snaží se ho udržet ve stávajícím jízdním pruhu. Další možností je, že systém začne sám zasahovat do řízení pomocí volantu. Jedná se především o tlak a vibrování ve volantu, ne o plnou kontrolu asistenta nad vozidlem [36] [37].



Obrázek 9: Princip činnosti hlídání mrtvého úhlu [36]

3.2.1.2.2 Systém udržování vozidla uprostřed jízdního pruhu

Jedná se o prvek aktivní bezpečnosti označovaný často jako Lane assist sloužící k udržování vozidla uprostřed jízdního pruhu, čímž zároveň zabraňuje nechtěnému vybočení z jízdního pruhu. Tento systém byl vyvinut už roku 1992 v Japonsku značkou Mitsubishi [38]. Jeho funkce je velmi užitečná a zcela zásadní především při dlouhých monotónních jízdách po vysokorychlostních silnicích a silnicích vyšší třídy s dobrou kvalitou vodorovného značení (nutná podmínka pro správnou funkci systému), kde hrozí riziko mikrospánku či ztráta pozornosti, a následné vyjetí z jízdního pruhu do sousedního pruhu nebo do protisměru, ve vysoké rychlosti, kde může být srážka s protijedoucím vozidlem fatální. Pro upřesnění, systém vozidlo neřídí, tudíž se nejedná o autonomní řízení [7] [39] [40]!

Princip činnosti

V případě, že je Lane Assist v nastavení asistenčních systému vozu zapnutý, aktivuje se automaticky při rychlosti vyšší než 65 km/h. Systém pomocí multifunkční kamery

zabudované v držáku vnitřního zpětného zrcátka neustále monitoruje povrch vozovky a rozpoznává plnou i přerušovanou čáru na silnici (viz Obr. 10). Pokud však na silnici vodorovné značení chybí, systém je vzhledem k principu funkce vypnutý. V momentě, kdy se vozidlo přibližuje k jedné z čar, jemně vozidlo zkoriguje a vůz tak udrží v pruhu. V případě změny jízdního pruhu postačí zapnout směrovku, načež vozidlo samovolně přejede do přilehlého pruhu [39] [40] [41].

Při zhoršené viditelnosti např. sněžení či hustý déšť, zůstane systém neaktivní.



Obrázek 10: Princip činnosti udržování vozidla uprostřed jízdního pruhu [42]

3.2.1.2.3 Head-up display (HUD) – průhledový displej

Jedná se o jeden z nejmodernějších aktivních bezpečnostních systémů dnešní doby. Při současné technologii může řidičovu pozornost ovlivnit řada faktorů. Stačí, když svoji pozornost upře na dotykový displej na středovém panelu, či na smart phone, který má dnes každý a snadno ztratí koncentraci, kterou má směřovat zejména na vozovku! Zabránit této skutečnosti se snaží tzv. Head-up display.

Potřebná data jsou promítána na plochu předního skla, aby nerušila výhled na vozovku a zároveň aby byla v zorném poli řidiče. Obraz je téměř neviditelný, dokud se do něj řidič přímo nepodívá [43]. Digitální průhledný obraz promítá informace jako rychlost, otáčky, navigace, rychlostní limit na silnici, aktuální zařazený rychlostní stupeň, spotřebu či dopravní značky na vozovce. Slouží také k nastavování tempomatu, k varování řidiče před vybočením z pruhu nebo nutnosti okamžitého brzdění [44].

Za pomoci projektoru a systému zrcadel umístěných v přístrojové desce je informace promítána na čelní sklo (viz Obr. 11). Virtuální obraz působí na řidiče jako by byl umístěný 2 metry před čelním sklem, nad koncem kapoty, což přispívá k lepší čitelnosti údajů. Výhodou tedy je, že řidič nemusí odvracet zrak ze zorného pole a zároveň ani přestřovat. Moderní HUD jsou plně nastavitelné a umí se i přizpůsobit světelným podmínkám [44].

Princip činnosti

Silný světelný zdroj uvnitř přístrojové desky přenáší přes průsvitný TFT (Thin Film Transistor) displej a speciálně tvarovaná zrcadla obraz na čelní sklo, které simuluje projekční plochu. Kvůli tomu, že docházelo ke vzniku dvojitého obrazu v důsledku lomu světla způsobeného klenutým tvarem čelního skla, byla do čelního skla vložena velmi tenká folie, která napomohla k překrytí obrazů, a tedy i k jeho ostrosti [43] [44].

Z důvodu dvojnásobné ceny čelního skla s fólií přišel koncern PSA (Peugeot Société Anonyme) s levnější variantou. Polykarbonátové sklíčko, které se vyklápí z palubní desky a místo na čelní sklo se obraz promítá na něj (viz Obr. 11) [43] [44].



Obrázek 11: Typy HUD [43]

Umístění HUD na čelním skle (vlevo) a umístění HUD na polykarbonátovém sklíčku (vpravo)

3.2.1.2.4 Kontrola tlaku v pneumatikách

Automatická kontrola tlaku v pneumatikách je významným prvkem bezpečnosti a přispívá i ke komfortu jízdy. Pneumatiky musí přenášet velké síly a vypořádávat se s extrémními podmínkami, proto je důležité mít v nich správný tlak, aby nebyly podhuštěné či naopak přehuštěné.

Při jízdě na pneumatikách s nízkým tlakem auto tzv. plave a nereaguje dostatečně rychle a správně na pokyny volantem. Podhuštěná pneumatika se více deformuje a tím dochází k přehřívání a namáhání, což způsobuje nižší životnost. K největšímu opotřebení, sjíždění, dochází na bocích pneumatik. Nestejnoměrným rozložením vzorku se značně zhoršuje trakce a zvyšuje se valivý odpor a takový vůz vykazuje větší spotřebu paliva a s tím spojené emise [45].

Naopak přehuštěné neboli “přefoukané“ pneumatiky ztrácí schopnost tlumení rázů, čímž postupem času dochází k rychlejšímu opotřebení podvozku a celkovému “rozvržení“ vozidla. Na přehuštěných pneumatikách vzorek nefunguje správně, vozidlo začne více klouzat, zhorší se jeho trakce [45].

Pro monitorování tlaku vzduchu v pneumatikách se používají dvě metody:

- U první metody se jedná o nepřímou (pasivní) kontrolu tlaku vzduchu pomocí snímačů otáček kol ABS. Pneumatika s nižším tlakem vzduchu má menší odvalovací bod, tedy menší dynamický poloměr otáčení, čímž při jízdě vykazuje větší počet otáček než na stejné dráze pneumatika s normálním tlakem, tedy s tlakem, který byl nastaven. Systém signalizuje pokles tlaku pomocí kontrolky na palubním počítači, ne přesnou hodnotu. Výhodou této metody je jednoduchost a nízká cena.
- Přesnější metodou, avšak poměrně složitější, je přímé měření tlaku vzduchu pomocí senzorů. Každé kolo obsahuje speciální ventilek (viz Obr. 12), který je spojen se snímačem tlaku a teploty a v předem určených intervalech hlásí hodnoty těchto parametrů řídicí jednotce. V případě poklesu tlaku systém ihned informuje řidiče, pomocí palubního počítače nebo přístrojové desky, o jakou pneumatiku se jedná a jaký je v ní tlak. Výhodou je přesnost měření, nevýhodou nutnost doladění systému po každé výměně pneumatiky a riziko poškození snímačů při montáži a demontáži takto vybavených kol/pneumatik [7] [46].



Obrázek 12: Přímé měření tlaku pomocí snímačů [46]
V levém rohu se nachází signalizace poklesu tlaku v pneumatikách.

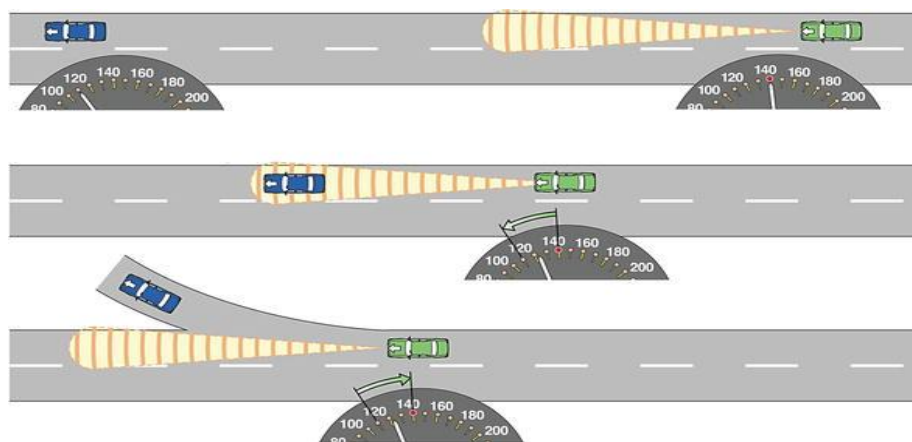
3.2.1.2.5 Tempomat CC, ACC, ACCplus

Konvenční tempomat CC (Cruise Control) je zařízení, které umožňuje navolení a automatické držení konstantní rychlosti bez zásahu řidiče. Napomáhá tím ulehčit řidiči zejména na dlouhých monotónních trasách, dálnicích, či vysokorychlostních komunikacích s přibližně stejnou členitostí vozovky, pokud možno nezávisle na stoupáních nebo klesáních, čímž přispívá k bezpečnosti a komfortu jízdy. V případě automobilu s automatickou převodovkou může při jízdě do kopce dojít i k podřazení. Díky plynulé jízdě, která vychází z rovnoměrné rychlosti, dochází i ke snížení spotřeby paliva. Řidič pomocí páčky nebo tlačítek na volantu jednoduše aktivuje funkci tempomatu, dále pomocí páčky nebo tlačítek zvolí rychlost, kterou se má vozidlo pohybovat a může pustit plynový pedál. Obvykle je možné rychlost automobilu

jemně regulovat tlačítka na volantu. K deaktivaci dochází po stisknutí tlačítka „vypnout“ nebo po sešlápnutí brzdového či spojkového pedálu [7] [47].

Adaptivní tempomat ACC vychází z konvenčního systému CC a čím dál častěji ho dnes nahrazuje. Pracuje na stejném principu jako klasický tempomat, navíc si však dokáže držet rozestup od vozu jedoucího před sebou. Systém ACC sleduje situaci před vozidlem a provádí automatickou regulaci rychlosti. Rychlost vozidla mění automaticky na základě měnících se podmínek provozu, a to samočinným zrychlením, ubráním plynu nebo brzděním. V případě snížení rychlosti vozu před námi, upraví systém ACC rychlost vozidla (brzdění motorem, brzdění brzdami), z důvodu udržení stanovené bezpečnostní vzdálenosti a při zmizení „překážky“ zrychlí zpět na předvolenou rychlost (viz Obr. 13) [7]. V situaci, kdy výkonný procesor systému automatického brzdění vyhodnotí, že vzhledem k odstupu a rychlosti jízdy může dojít ke srážce, zaručí maximálně rychlý nárůst tlaku v brzdové soustavě, aby byla brzdná dráha co nejkratší. Vzdálenost a rychlost vozidla jedoucího vpředu monitoruje pomocí radarového systému (mikrovlnný nebo laserový) zabudovaného v masce vozidla. Požadovaná rychlost a vzdálenost se nastavuje na páčce nebo na volantu. Adaptivní tempomat nejen zvyšuje komfort řidiče, ale také zvyšuje jeho pozornost k aktuální dopravní situaci. Pozor, tempomat nereaguje na protijedoucí vozidla a na stojící překážky [48] [49]!

Zdokonaleným systémem pro dodržování bezpečné vzdálenosti je systém ACCplus, který pracuje s rychlostmi pod 30 km/h, kde se systém ACC doposud vypínal. Podle rychlosti je schopen regulovat vzdálenost od vozidla vpředu až do úplného zastavení. V případě, že se vozidla např. v koloně opět rozjedou, je na to řidič vizuálně a akusticky upozorněn a se souhlasem řidiče, postačí lehké sešlápnutí plynového pedálu nebo krátké stisknutí obslužného prvku ACC na volantu, následuje automobil jedoucí vpředu. Nejvíce nápomocný je zejména při dopravních kongescích či v hustém městském provozu. Odstup od vozidla lze vybrat z několika programů. Sportovní odstup, který udržuje malou vzdálenost, standardní odstup umožňující plynulou jízdu v kolonách nebo komfortní odstup, který se používá při jízdě na venkovských silnicích a při jízdě s přívěsem [7].



Obrázek 13: Funkce systému ACC (Bosh) [7]

3.2.1.2.6 Sledování únavy řidiče

Až 20 % dopravních nehod způsobuje únava, kterou velké procento řidičů ignoruje a na signály vedoucí k mikrospánku nereaguje. Dopravní nehody zapříčiněné mikrospánkem patří k těm nejtragičtějším. V případě ospalosti nebo usnutí za volantem, obvykle před nárazem, nebrzdí a ani se nevyhnou překážce. V momentě, kdy na sobě řidič pociťuje únavu a sníženou koncentraci, je jedinou cestou, jak se vyhnout mikrospánku, odpočinek. Zastavit na nejbližším bezpečném možném místě a nejlépe se prospat alespoň 15 minut. Zvyšování hudby, otevírání okének atd. jen možnou tragédií oddaluje [50] [51]!

Systém sledování únavy dokáže řidičovu únavu rozpoznat a doporučí mu přestávku, aby si odpočinul. Konkrétně to zahrnuje zjištění řidičovy ospalosti a varování, směřující k zabránění nehody, která by mohla být způsobena poklesem řidičovy pohotovosti. K detekci únavy a následnému varování řidiče se používají výhradně dva typy systémů, kdy jeden je zaměřen na jízdu samotného automobilu a druhý na chování řidiče.

Systém DAC (Driver Alert Control), v překladu kontrola řidičovy bdělosti, zkoumá jízdu samotného automobilu a je schopen podle způsobu jízdy předem odhadnout riziko snížené řidičovy koncentrace. Prioritou systému DAC je rozlišit kontrolovanou jízdu od té nekontrolované. K samočinnému spuštění dochází při rychlostech nad 60 km/h. Systém dokonce dokáže detekovat situace, kdy se řidič nevěnuje dostatečně řízení, ale svoji pozornost věnuje mobilnímu telefonu nebo dětem na zadních sedadlech [52] [53].

Princip činnosti

Kamera, umístěná pod vnitřním zpětným zrcátkem, neustále sleduje vzdálenost vozu od vodorovného značení a směr jízdy. Dalším prvkem systému DAC jsou senzory, které snímají pohyby auta ve všech směrech. Veškerá data jsou zaznamenána a poté jsou porovnávána s uloženými hodnotami pomocí řídicí jednotky. V případě, že se zaznamenaná data liší od uložených, řídicí jednotka určí možné riziko únavy řidiče, vyšle akustický signál (spustí alarm) a na přístrojové desce se rozsvítí symbol šálku s kávou (viz Obr. 14) [52] [53].



Obrázek 14: Symbol upozorňující na únavu řidiče [53]

System DAM (Driver Attention Monitoring), neboli monitorování řidičovy pozornosti, funguje na bázi senzorů, které snímají polohu řidičova těla, oční únavu, zvukové projevy apod. Snímaný je zejména pohyb očí a mrkání, na základě kterého se vyhodnocuje kondice řidiče. Speciální kamera, umístěná v interiéru vozu, nejčastěji před budíky, neustále sleduje frekvenci pohybů očních víček. S prohlubující se únavou se frekvence mrkání zvyšuje a prodlužuje se také doba, po kterou je oko zavřené. V případě, že systém zjistí, že na řidiče začíná padat únava, spustí se akustický signál, který řidiče varuje před mikrospánkem [7] [54].

3.2.1.2.7 Rozpoznávání dopravních značek

Ve stále hustějším provozu a při rostoucím počtu dopravních značek, se může velmi snadno stát, že řidič přehlédne důležitou dopravní značku. Tato skutečnost pravděpodobně nenastane v místě bydliště či v okolí, které řidič dobře zná. Větší šance je, že dojde k přehlédnutí značky v cizím městě nebo zemi, kde jede poprvé. Tzv. třetí oko snímá svislé dopravní značení před sebou a zobrazuje ho na informačním displeji nebo na head-up display, je-li ve výbavě vozidla. V reálném čase identifikuje a souběžně zobrazuje jak značky omezující rychlost, tak značky upravující předjíždění [55].

Pomocí kamery umístěné poblíž zpětného zrcátka nebo přímo v něm, systém TSR (Traffic Sign Recognition System) identifikuje dopravní značky na vzdálenost až 100 m. Rozpoznané dopravní značky porovná se značkami, které má uložené v databázi a poté je předá palubnímu počítači, který je postupně podle důležitosti zobrazí řidiči. Systém využívá svou vlastní kameru nebo je součástí kamery ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), používanou pro varování před vybočením z jízdního pruhu a další systémy. V případě, že řidič překročil povolenou rychlost nebo minul značku zákaz vjezdu, je vizuálně a akusticky upozorněn. Systém nespolehá pouze na kameru, ale čerpá vzájemně z dalších dvou zdrojů – z navigačního systému a aktuálních dat samotného vozu. Ne vždy musí být dopravní značka čitelná, v tomto případě se TSR obrátí na zbývající zdroje. Systém kromě toho vypočítává, zda jsou dopravní značky relevantní, srozumitelné a aktuálně platné [55] [56].

3.2.1.3 Prvky související s aktivní bezpečností

3.2.1.3.1 Osvětlovací systém

Světelná technika automobilu hraje mimořádně velkou roli pro bezpečnost provozu, zejména při špatných světelných podmínkách. Prostřednictvím zraku přijímá řidič 90 procent všech informací potřebných pro řízení vozu. Pro všechny účastníky dopravního provozu platí pravidlo vidět a být viděn, z čehož vyplývá, že každý, kdo se pohybuje po dopravní komunikaci, musí být viditelný a aktivně nebo pasivně (chodci) osvětlen [57].

Povinností řidiče je pravidelná kontrola technického stavu. Vizually před každou jízdou, profesionálně podle pravidelných servisních intervalů a technických kontrol [58]. Nutností je tedy mít funkční a správně seřízené světlomety.

Mezi jednotlivé druhy světel hlavních světlometů patří světla potkávací, parkovací, dálková, mlhová a směrová. Hlavní světlomet se skládá z reflektoru, světelného zdroje (žárovka s netečným plynem, halogenová žárovka, xenonová výbojka a LED), krycího skla a pouzdra [11].

U motorových vozidel se rozlišují světla nebo osvětlení na vnější a vnitřní. Dle účelu se světla dělí na osvětlovací (dálková, tlumená, mlhová), která jsou vyzařována světlometry a určená k osvětlování jízdní dráhy a na návěstní (koncová, obrysová, brzdová, směrová), vyzařovaná svítílnami vozidla určená k zajištění jeho viditelnosti [11].

Dále podle typu světelného zařízení se dělí na [11]:

- **Světlometry** – nejvýkonnější svítidla se zdrojem spojeným s optickou soustavou vysílající světlo do vymezeného prostoru
- **Svítílny** – méně výkonná svítidla vydávající světlo usměrněné i neusměrněné
- **Odrázky** – odrážejí světlo vysílané cizím zdrojem

3.2.1.3.1.1 Zdroje světla používané v moderních vozidlech

Konvenční (běžné) žárovky

Skládají se ze skleněné baňky, wolframového vlákna, nosného systému vlákna a patice, ke které je baňka přitmelena. Používají se žárovky plněné netečným plynem, většinou se jedná o směsi dusíku a argonu. Nevýhodou konvenčních žárovek je nízká svítivost a velmi nízká účinnost, kdy se jen cca 3-4 % promění ve světlo. Zbývající energie se spotřebovává neproduktivně (na teplo) a z hlediska vlastního světelného zdroje je nutné ji považovat za ztrátu. Konvenční žárovky jsou nejrozšířenějším osvětlením vozidla [11] [59].

Halogenové žárovky

V porovnání s běžnými (konvenčními) žárovky mají vyšší svítivost i delší životnost, proto se používají pro hlavní světla vozidel (viz Obr. 15). Skládají se z baňky, vlákna žárovky tlumeného světla, vlákna žárovky dálkového světla, patice a elektrického připojení (konektoru). Baňka žárovky je vyrobena z křemičitého skla (velmi citlivého na mastnotu a také je zakázáno dotýkání holou rukou) a je naplněna plynem. U motorových vozidel se používá metylenbromid s příměsí halových prvků, mezi které patří nejčastěji brom nebo jod. Proces probíhající uvnitř baňky se nazývá halogenový cyklus. Díky své nízké ceně, snadné výměně a životnosti až 3000 hodin, jsou halogenové žárovky namontovány až v 80 % vozů, které dnes jezdí po silnici. Jsou velice účinné v mlhavých povětrnostních podmínkách [11].

Xenonové výbojky

Vydávají více než dvakrát jasnější světlo než halogenové žárovky (3200 lumenů v porovnání s 1500 lumeny). Další výhodou je přirozenější zabarvení světla. Dávají světle modré světlo, které je podobné tomu dennímu, tudíž méně namáhá zrak řidičů (viz Obr. 15). Jedná se o skleněnou trubici (baňku) naplněnou xenonem s přísadou metalických solí z čistého

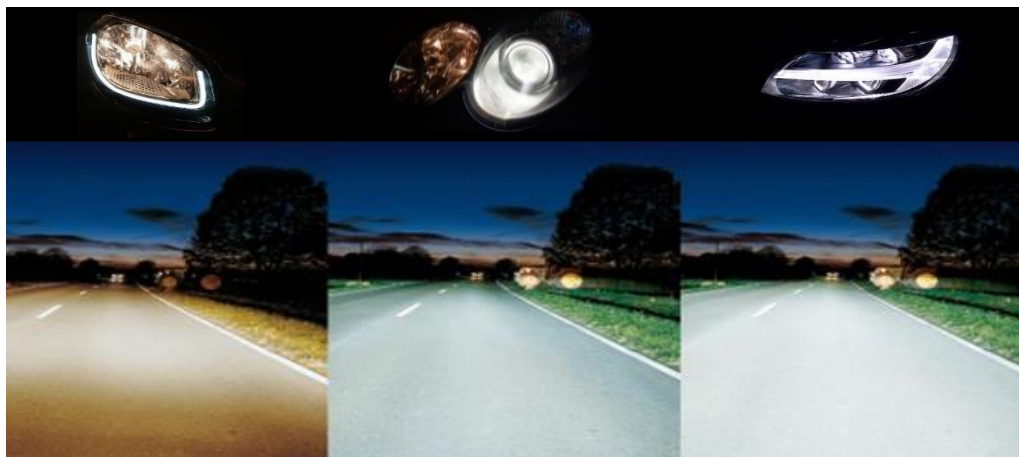
křemičitého skla a s wolframovými elektrodami na obou koncích. Výbojem mezi oběma elektrodami dojde k ionizaci plynné náplně a vytvoří se elektrický oblouk. K zapálení výboje je zapotřebí střídavé napětí 24 kV [11]. Xenonové výbojky se používají jako potkávací světla, dálková jsou zajištěna halogenovými. V případě, že jsou dálková i potkávací světla zajištěna xenonovými výbojkami, mluvíme o bi-xenonových světlometech. Nevýhodou xenonových výbojek je jejich vysoká cena, používají se zejména u luxusních vozů, kterým propůjčí exkluzivní vzhled. Při překročení stanovené hranice 2000 lm musí být světlomet vybaven ostříkovačem a automatickým nastavováním sklonu světlometu, což také rapidně zvedá cenu i hmotnost. Zastavíme se také u životnosti, která je v porovnání s halogenovými žárovky nižší (o cca 1000 hodin) [59].

LED diody

Světelná (svítivá) dioda, označována jako LED (Light-Emitting Diode) nebo elektroluminiscenční dioda (slangově "ledka"), je elektronická polovodičová součástka, která se skládá z polovodičů typu P a N. Spojení těchto dvou polovodičů se nazývá P-N přechod. Světlo je vyzařováno právě díky P-N přechodu, kdy se elektrický proud mění na světlo [60] [61].

Hlavními výhodami využívání LED v automobilovém průmyslu je dlouhá životnost. LED diody vydrží po celou dobu životnosti vozidla, jsou odolné vůči otřesům, mají malou velikost, která je velice přínosná při návrhu designu světlometu, dle kterého se každá automobilka typizuje. Barvu světla diod lze uzpůsobit potřebám lidského zraku tak, aby pro zrak vyzařovaly příjemné světlo. Dalším benefitem je výrazně nižší spotřeba energie a jejich okamžitý náběh do plného světelného výkonu, čehož se využívá zejména u brzdových světel, kvůli rychlejší reakci řidiče jedoucího za vozidlem s LED osvětlením. Brzdná dráha je díky tomu zkrácena o několik metrů. LED se dnes využívají nejen jako brzdová světla či světla pro denní svícení, ale stále častěji se objevují světlometry kompletně tvořené LED diodami tzv. Full LED (viz Obr. 15). Pomocí elektronických systémů lze zhasínat jednotlivé diody nebo snižovat jejich intenzitu [60] [61].

Protože jsou LED moduly silně zahřívány, je nutností je ochlazovat ventilátorem či žebrovaným profilem. Na viditelné světlo je přeměněno až 20 % energie, zbytek energie je přeměněno na teplo, které zahřívá polovodičové čipy, což má za důsledek pokles světelného toku a barvy [61].



Obrázek 15: Porovnání viditelnosti, zleva Halogen, Xenon, Full LED [59]

3.2.1.3.1.2 Nejnovější světelné zdroje

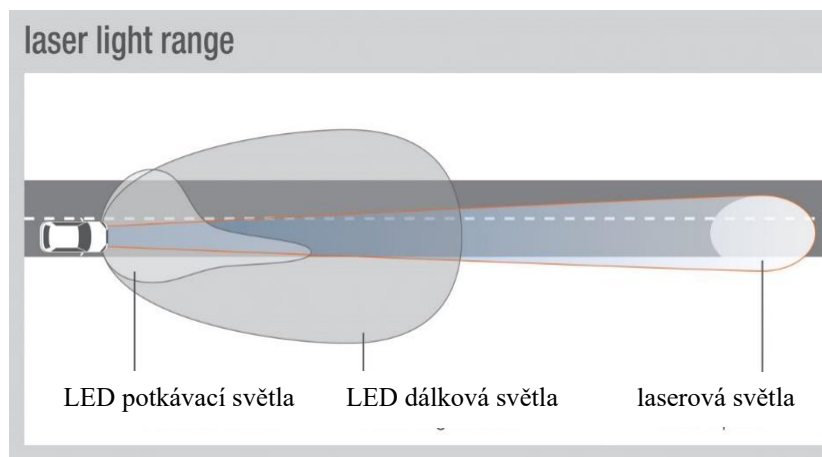
Laserové světlo

Laserová dálková světla jsou nejnovější technologií v oblasti světelných zdrojů automobilů na trhu. Mají téměř dvojnásobný dosah než nejlepší světlomety s LED diodami (viz Obr. 16). Prvním sériovým vozidlem, do kterého byly instalovány, bylo BMW i8. V každém světlometu pracuje jeden laserový modul, ve kterém se nachází čtyři vysokovýkonné laserové diody s průměrem pouhé 0,3 mm. Laserový modul soustředí čtyři svazky paprsků intenzivního modrého laserového světla, jehož dosah je cca 600 m. Nepříjemné modré světlo následně přeměňuje fosforový konektor na světlo čistě bílé [62] [63].

Laserové světlo je monochromatické. To znamená, že všechny světelné vlny mají stejnou délku. Předností laserových diod je schopnost generovat velké množství světla na velmi malém prostoru. Na několika mikronech generuje laserová dioda téměř bodový světelný tok, tím pádem mohou být čočky naopak velmi malé. Díky konstantnímu fázovému rozdílu vln je laserový světlomet schopen generovat téměř paralelní paprsek světla s jasem, jehož intenzita s porovnáním konvenčních LED diod je tisíckrát vyšší. Toho lze dosáhnout i přesto, že jsou laserové diody stokrát menší než LED [63].

Laserová světla se zapnou po překročení rychlosti 60 km/h (tato hodnota se může lišit v závislosti na výrobci), a k vypnutí dojde na hranici 50 km/h. Výjimkou je však jízda ve městě, kde se díky spolupráci s mapovými podklady navigace nezapnou vůbec. Nutností pro chod laserových světlometů je kamera automatického přepínání mezi potkávacím a dálkovým režimem [64].

I přes svůj dvojnásobný dosvit a vyšší svítivost, nespotřebují laserová světla ani polovinu energie oproti LED světlometům, která jsou již sama o sobě velmi energeticky úsporná [63].



Obrázek 16: Dosvit různých zdrojů světla [62]

OLED

Digitální osvětlovací technologie OLED (Organic Light Emitting Diodes) skládající se z organických elektroluminiscenčních diod, které tvoří povrch, z něhož vychází extrémně homogenní světlo s perfektním kontrastem a minimálními spárami mezi segmenty, lze libovolně aktivovat a plynule měnit jas jednotlivě napájených segmentů. OLED technologie také nabízí možnost realizovat různé světelné animace a design (dnes ještě omezeně, ale do budoucna má obrovský potenciál pro další vývoj), čímž se ze signalizačního zařízení může stát i prostředek pro zobrazování různých sdělení. Jednotky OLED jsou velmi hospodárné, ploché a lehké. Spotřeba elektrické energie diod OLED je dokonce výrazně nižší než u technologie LED [65].

Průkopníkem osvětlovací technologie OLED je značka Audi, která ji poprvé použila do zadních světlometů modelu Q5 (viz Obr. 17). Lze volit mezi třemi charakteristickými světelnými designy zadních svítilen a čtvrtý nastává při přepnutí systému Audi drive select do režimu dynamic. Navíc je zde integrována funkce dynamických ukazatelů směru [66].



Obrázek 17: Typy OLED světelných signalizací zadních světlometů Audi Q5 [65]

3.2.1.3.2 Adaptivní brzdová světla

Adaptivní brzdová světla zastávají funkci nejen klasických brzdových světel, ale v případě prudkého brzdění se koncová světla rozblikají, což napomáhá k účinnějšímu varování okolní dopravy o náhlém brzdění. Frekvence koncových blikajících světel je až čtyřikrát vyšší než zapnutá směrová světla. V praxi lze tímto opatřením snížit riziko nárazu asi o 0,2 s, což na 100 km/h představuje dráhu 5,5 m [7].

K funkci, tedy k rozblikání brzdových světel, dochází při prudkém brzdění v rychlostech nad 50 km/h, čímž velice zřetelně varují řidiče jedoucího v závěsu. Při úplném zastavení vozidla brzdová světla přestanou blikat a v ten moment se zapnou varovná světla, která se automaticky vypnou při následném rozjezdu [67].

Existuje i další řešení v případě kritického brzdění, při kterém přebírají funkci blikání brzdových světel světla varovná. Varovná světla blikají až do úplného zastavení vozidla a k jejich automatickému vypnutí dochází po následném rozjetí nebo při opětovné akceleraci, pokud nedojde k úplnému zastavení vozidla.

3.2.1.3.3 Adaptivní světlometry

Ústředním cílem adaptivních světlometů je zajistit optimální světelný tok s maximálním osvětlením prostoru, který neoslňuje ostatní účastníky provozu. Nejlepším zdrojem světla pro adaptivní světlometry je LED dioda, případně laserové světlo, které zajišťuje lepší osvětlení vozovky a přilehlého okolí.

Názorným příkladem pro adaptivní LED světlometry je technologie zvaná LED Matrix, která představuje velký pokrok ve vývoji předních světlometů. Touto technologií disponuje například vlajková loď značky Škoda, čímž je Superb třetí generace. Hlavní předností a jedinečností technologie LED Matrix je funkce dálkového svícení i v případě, kdy jedete za jiným vozidlem nebo v situaci, kdy míjíte protijedoucí vozidlo, aniž by došlo k nežádoucímu oslnění jejich řidičů. Toto je možné díky specifické konstrukci světlometu skládající se z několika segmentů, které lze vypínat a zapínat dle aktuální situace v reálném čase. V praxi to znamená, že systém při svícení dálkovými světly vypne pouze ty segmenty světelného kužele, které by oslňovaly ostatní vozidla, přičemž zbylé části osvětlují silnici do velké vzdálenosti. Dokáže identifikovat i více objektů najednou [68].

Pomocí kamery umístěné za čelním sklem získávají řídicí jednotky signály, které následně zpracovávají a na jejich základě ovládají činnost světlometů. Další informace jsou získávány z mapových dat navigace, díky nimž se automaticky rozsvítí dálková světla při výjezdu z obce. Podle GPS údajů a rychlosti jízdy systém rozpozná, zda se vozidlo pohybuje po městě, silnici nebo na dálnici a pomocí různých režimů automaticky přizpůsobí osvětlení kraje vozovky či režim odbočovacího světla, které lépe osvětlí prostor těsně před vozem ve směru jízdy při zatáčení. Toto je možné díky elektromechanickému systému, který samočinně

natačí světlomety či segmenty do zatáčky v závislosti na směru jízdy, tedy na intenzitě natočení volantu a na rychlosti [69].

3.2.1.3.4 Interaktivní světlomety

Jedním z posledních vývojových směrů v oblasti předních a zadních světlometů jsou interaktivní světlomety. Nové osvětlovací funkce spočívají v promítání informací přímo na vozovku pomocí mikropixelových světlometů obsahujících až 30 tisíc světelných bodů. Světlomety dokážou před automobil promítat jízdní pruhy nebo pomáhat při couvání. Světlomety zcela jasně disponují svou efektivností a zvyšují bezpečnost provozu [70].

Vývojáři interaktivních světlometů vidí budoucnost především u automobilů s autonomním řízením, kde by se měly stát nedílnou součástí. Důvodem je potřeba komunikace s ostatními účastníky provozu (včetně chodců) bez zásahu posádky vozidla. Zadní světlomety dokážou zobrazit důležitá upozornění.

3.2.1.3.5 Systémy pro noční vidění

Systémy pro noční vidění, označované jako Night Vision, snižují riziko nehod ve tmě, které je v porovnání se dnem daleko vyšší. Night Vision je schopné detekovat objekty mimo dosah světlometů a pomoci za nepříznivých podmínek např. v silném dešti, v mlze, při silném sněžení nebo při oslnění jiným vozidlem.

Noční vidění je založeno na funkci termovizní kamery, která je citlivá na vyzařované světlo a tím dokáže detekovat osoby, zvířata i předměty v kratším čase, nežli je toho schopno lidské oko (viz Obr. 18). Obraz z termovizní kamery je dále přenášen na centrální displej nebo na head-up display - tedy na čelní sklo. Obrazy se zobrazují tím světleji, čím větší světlo vyzařují. Existují dva typy technologií pro noční vidění. Prvním typem je technologie dlouhých infračervených vln FIR (Far-infrared), která má dosah až 300 m. Naopak technologie krátkých infračervených vln NIR (Near-infrared) má dosah pouze 150 m. Principem obou systémů je shromáždění malého množství infračerveného světla a následné zesílení tak, aby bylo viděno lidským okem [71] [72].

Systém při detekci osob nebo zvířat kooperuje s adaptivními světlomety, které se poté zaměří na rozpoznávaný objekt a lépe osvětlí místo možného nebezpečí střetu. Dále spolupracuje s brzdovým systémem, který připraví brzdy na okamžité a prudké brzdění.

Infračervená kamera je chráněna nárazuvzdorným sklem, které je za nepříznivých podmínek nebo znečištění automaticky ostříkáváno. Při aktivaci ostříkovačů a při teplotách pod 5 stupňů je ochranný kryt vyhříván. Úhel snímání kamery je závislý na rychlosti vozidla.



Obrázek 18: Noční vidění [61]

3.2.2 Pasivní asistenční systémy

Jak již bylo na začátku uvedeno, pasivní prvky slouží až v okamžiku dopravní nehody. Jedná se o konstrukční zařízení, jehož primárním cílem je v nevyhnutelné situaci zmírnit následky dopravní nehody.

3.2.2.1 Vnitřní pasivní bezpečnost

Už podle názvu můžeme usoudit, že se jedná o bezpečnostní prvky uvnitř vozidla, které mají za úkol zabránit poraněním a fatálním úrazům posádky vozidla. Při nárazu dochází k velkému přetížení na lidský organismus. Dalším cílem vnitřní bezpečnosti je zajistit stálý vnitřní prostor pro přežití, čehož se dosahuje bezpečnou strukturou karoserie a bezpečnostním vybavením [12]. S tím úzce souvisí další bod vnitřní bezpečnosti, který snižuje riziko poranění o vnitřní části vozidla. Dále je nutné umožnit včasné opuštění vozidla a minimalizovat riziko vzniku požáru.

V následující části se práce zaměřuje na jednotlivé prvky vnitřní pasivní bezpečnosti.

3.2.2.1.1 Zádržné systémy

Funkcí zádržných systémů je uchránit při nehodě posádku vozidla před nárazem do pevných částí vozu, ostatních cestujících nebo převáženého nákladu. Při nárazu absorbují část kinetické energie osob a chrání pasažéry před vylétnutím z vozu. Musí být kladen důraz na efektivní a správnou činnost zádržných systémů při optimálním respektování biomechanických limitů lidského těla. Požadavky na činnost zádržných systémů byly formulovány i legislativně [73].

Nejnámějšími zádržnými systémy jsou bezpochyby bezpečnostní pásy, na které ale nemůžeme přihlížet jako na samostatný prvek. Jsou totiž součástí komplexního zádržného systému vozidel, které utváří společně s nafukovacími vaky (airbagy), deformačními zónami, tuhými karoseriemi, opěrkami hlavy, vyhovující geometrií sedadel, kotevními místy pro pásy atd.

Až synchronizace těchto jednotlivých prvků společně tvoří správnou funkci zádržných systémů [73].

Dle zákona o silničním provozu má každý cestující ve vozidle povinnost užít zádržné systémy, tedy bezpečnostní pásy. V případě, že cestující neužije bezpečnostní prvek vozidla a dojde k nárazu, pohybuje se přímo na části vozidla před ním (čelní sklo, palubní deska, volant) nezmenšenou rychlostí a tudíž nevyužije deformaci přední části vozidla. V tento okamžik je vystaven velkým zpožděním a to z důvodu malých deformačních drah předmětů, na které dopadá. V opačné situaci, kdy je díky zádržnému systému cestující držen na místě a ihned po nárazu tedy využívá deformačních vlastností přídě vozidla, protože se pohybuje se stejným zpožděním jako vozidlo [74].

Ze statistik o dopravních nehodách zcela jasně vyplývá, že zádržné systémy dnes a denně zachraňují lidské životy. Čím dál větší roli při výběru vozidla hraje právě počet a funkce zádržných systémů v automobilu. Proto se i výrobci snaží vyvinout účinnější a dokonalejší zádržné systémy.

3.2.2.1.1.1 Bezpečnostní pásy

Historie bezpečnostních pásů sahá do 50. let 20. století. Tehdy byl poprvé použit dvoubodový bezpečnostní pás jednou z nejstarších a největších automobilek na světě, Fordem. V tomtéž desetiletí švédská automobilka Volvo přišla na trh s pásem tříbodovým.

Nejvíce používaným v automobilovém průmyslu je aktivní tříbodový pás, kde se kombinuje diagonální pás s pánevním. Dvoubodový, neboli břišní pás, je vzhledem k efektu „zavíracího nože“, což znamená, že při pohybu cestujícího dochází k jeho ohýbání přes pás v břišní oblasti, používaný zřídka. Dalším typem, používaným zejména u závodních a sportovních automobilů, je pás čtyřbodový [11].

Primární funkcí bezpečnostních pásů je pohlcení kinetické energie při nárazu vozidla, a to nejen zepředu, ale i zezadu, či boku. Další důležitou funkcí pásů je udržet tělo řidiče v sedadle, zejména při jízdě v zatáčce nebo při smyku vozidla [75].

Podmínkou bezpečného a efektivního pásu je, že musí pevně doléhat na tělo a zachytit cestujícího co nejdříve, aby zmenšil jeho volnou dráhu v průběhu nárazu. Ke kompenzaci tohoto efektu zvaného volnost pásů se používají předpínací zařízení neboli předpínače bezpečnostních pásů. Při nárazu je předpínač schopen zkrátit pás silou až 5 kN přibližně o 10 cm, čímž se vymezi vůle mezi pásem a cestujícím [74].

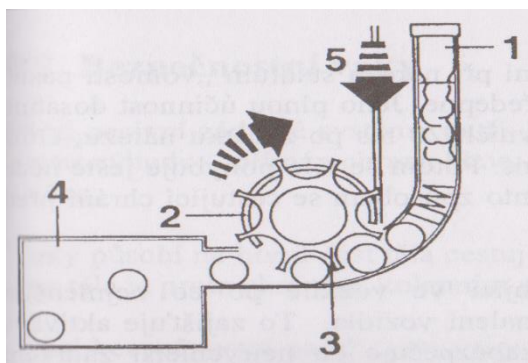
Předpínací zařízení může být:

- **Mechanické** – zásobník síly ve formě stlačené vinuté pružiny při aktivování bezpečnostního pásu zatáhne přes bowden a zpětnou západku zámek pásu až o 80 mm nazpět [11].

- **Hydraulické** – k předeptnutí pásu se využívá energie kapaliny. Nárazníkem jsou stlačeny písty v potrubí, čímž je kapalina vedena pod písty předpínacích zařízení pásů, které se tímto napnou.
- **Elektrické** – elektromotor se aktivuje na základě impulsu od řídicí jednotky, který je spojen přes převod s navíjecím mechanismem.
- **Pyrotechnické** – zde je zásobník síly ve formě malé pyrotechnické nálože, která se při aktivaci elektricky odpálí. Vzniklý tlak plynu působí na píst, který pomocí lanka působí na zámek nebo na navíjecí cívku bezpečnostního pásu, čímž se pás také napne a přitiskne k tělu. K odpálení nálože dojde buď mechanicky pomocí tzv. G senzoru v předpínací při určitém zpomalení nebo po vyhodnocení řídicí jednotky. K vlastní aktivaci dochází až po následném vyhodnocení intenzity nárazu řídicí jednotkou airbagu. V případě, že je vydán pokyn pro aktivaci airbagu, současně je aktivováno předpínací zařízení [76].

Existuje celá řada pyrotechnických napínačů bezpečnostního pásu např. napínač na principu rotačního pístu (obdoba Wankelova motoru), dále napínač pásu s turbínovým kolečkem nebo předpínáč s ocelovými kuličkami, který je zde popsán.

V případě kuličkového napínače při aktivaci dochází k zapálení pyrotechnické nálože. Expandující plyn uvádí do pohybu ocelové kuličky, které zapadají do ozubení cívky navíječe, čímž se roztáčí ozubené kolo, na které je navinut bezpečnostní pás. Po opuštění ozubeného kola ocelové kuličky padají do zásobníku (viz Obr 19).



- | |
|--------------------------------------|
| 1 – plynový generátor s pyropatronou |
| 2 – cívka bezpečnostního pásu |
| 3 – ozubené kolo |
| 4 – zásobník ocelových kuliček |
| 5 – bezpečnostní pás |

Obrázek 19: Schéma pyrotechnického předpínáče pásu [11]

Omezení pohyblivosti těla působením pásu je velmi důležité, ale z hlediska biomechaniky se nesmí opomenout riziko poranění připoutané osoby popruhem bezpečnostního pásu. Je tedy nutné hledět i na sílu působící v pásu, která nesmí překročit určitou hodnotu. Za tímto účelem se používají tzv. omezovače síly v zádržném systému. Omezení síly je možné několika způsoby. Například plastickou deformací v navíječi (výměnná torzní tyčka), speciálním švem v pásu (destrukce pásu) nebo suchým třením (třecí obložení) [11].

Bezpečnostní pásy, předpínací zařízení a omezovače zádržné síly musí být dimenzované tak, aby byly v souladu s prostorem, který je k dispozici v interiéru vozidla.

3.2.2.1.1.2 Nafukovací vaky

Nafukovací vaky neboli airbagy byly patentovány také v 50. letech 20. století, respektive v roce 1953. Do sériových automobilů se však dostaly až v roce 1981 v příplatkové výbavě pro vůz Mercedes-Benz třídy S [77].

Airbagy jsou bezpečnostní vzduchové vaky vyrobené především z polyamidových materiálů (pevné, lehké a nenáročné na prostor), které se při srážce vozu během několika milisekund naplní inertním plynem. Funkcí airbagů je ochrana posádky vozidla před tvrdým nárazem. Přesněji řečeno před kontaktem s pevnými částmi interiéru vozidla a zároveň k částečnému zpomalení jejich dopředného pohybu před nárazem. Správná funkce airbagů je podmíněná správnou synchronizací s bezpečnostními pásy a napínači pásů, jež společně snižují rychlost nárazu hlavy a hrudníku. V opačném případě se pro nepřipoutaného člověka stává aktivovaný airbag doslova nebezpečnou zbraní. Při nárazu letí samovolně tělo nepřipoutaného člověka proti nafukovacímu vaku, který je vystřelen vysokou rychlostí s velkým tlakem. S postupným vývojem přicházejí i inteligentní airbagy, které jsou schopny podle síly nárazu regulovat rychlost a objem jejich naplnění [77].

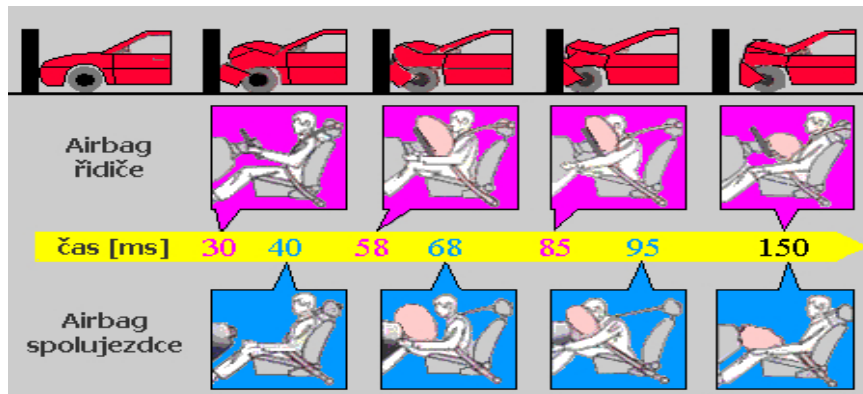
Zádržný systém airbagů se skládá ze tří základních částí:

- Modul airbagu
- Senzor nárazu
- Diagnostická jednotka

Modul airbagu se skládá ze dvou částí. První částí je nafukovací vak, vyrobený z lehké nylonové tkaniny, která je přeložena a skryta v příslušné části interiéru, např. ve volantu, v palubní desce nebo v sedadle [78]. Druhou částí je pyrotechnická rozbuška, která slouží k nafouknutí vaku. V případě nárazu, senzory (akcelerometry), součástky pro měření pohybového zrychlení, respektive zpomalení, náraz zaznamenají a diagnostická jednotka aktivuje vyvíječ plynu, kterým se během velmi krátké rychlosti vzduchový vak nafoukne (viz Obr. 20). Řidič (pohybující se dopředu kvůli nárazu) se ponoří do vaku, čímž se vak postupně pomocí ventilačních otvorů a porézní tkaniny vyfoukne, aby se člověk po zaboření do vaku neudusil a snížila se kritická plošná zatížení na hlavu a hrudník [79].

Pomocí snímačů tlaků, vestavěných do sedadla, systém detekuje přítomnost spolujezdce a zároveň hlídá, jestli je pasažér připoután bezpečnostními pásy. V případě, že indikuje hmotnost pod 12 kg, tak je spuštění airbagů zcela zbytečné.

V dnešních automobilech se používá celá řada airbagů. Kromě standardních čelních airbagů, tedy pro řidiče (ve volantu) a pro spolujezdce (v palubní desce), je dále boční airbag (na ochranu pánve a hrudníku), hlavový airbag, kolenní airbag, závěsový airbag (spustí se kolem oken) a specifický druh airbagu, čímž je airbag pro chodce (3.2.2.2). U airbagu u spolujezdce je důležité upozornit na situaci, kdy se na předním sedadle nachází dětská autosedačka. V tomto případě musí být airbag deaktivován.



Obrázek 20: Časový průběh funkce airbagu při nárazu u řidiče a spolujezdce [77]

3.2.2.1.1.3 Opěrka hlavy

Hlavová opěrka poskytuje zásadní ochranu proti poškození krční páteře a míchy, ke kterým může dojít jak při čelním nárazu, tak při nárazu zezadu. Zásadním je proto správné nastavení polohy hlavové opěrky. Nastavení je zcela jednoduché, stačí dodržet dvě pravidla. První pravidlo říká, že by měla být opěrka hlavy v jedné rovině s temenem hlavy a druhým aspektem je vzdálenost opěrky od naší hlavy, která nesmí být příliš velká [80].

3.2.2.1.1.4 Aktivní opěrka hlavy

Jedná se o zdokonalenou hlavovou opěrku, která se v okamžiku dopravní nehody pomocí jednoduchého pákového mechanismu přiblíží k pasažérově týlu, a to směrem vpřed a vzhůru. Dojde tak k podstatnému zkrácení volné vzdálenosti mezi hlavou pasažéra a opěrkou hlavy, k vyztužení jeho krční páteře a zároveň k bezpečnějšímu zpomalení jeho hlavy při zpětném pohybu po nárazu, což výrazně sníží setrvačné síly zatěžující krční oblasti (viz Obr. 21). Kromě mechanické aktivní opěrky se používá i elektronicky ovládaná opěrka, jejíž pohyb je iniciován signálem senzorů nárazu (viz Obr. 21). K vysunutí elektronické opěrky dochází během 20 milisekund. Aktivní hlavová opěrka snižuje ohybový moment na krční páteř až o 45 % [81].



Obrázek 21: Princip aktivní hlavové opěrky [81]
Mechanická (vlevo) a elektronicky ovládaná (vpravo).

3.2.2.1.1.5 Karoserie

Základním a nejdůležitějším prvkem pasivní ochrany posádky je karoserie. Důraz je kladen především na vzájemná působení vozidla vzhledem k ostatním vozidlům na komunikaci, ale také na ostatní účastníky provozu, tedy chodce a cyklisty. Pro správnou funkci z hlediska pasivní bezpečnosti posádky musí karoserie splňovat dvě důležitá kritéria. Deformační část karoserie má za úkol absorbovat dostatečné množství energie tak, aby nedošlo k překročení biomechanických limitů poranění posádky. Naopak nesmí být narušen vnitřní prostor pro posádku vozidla. V závislosti na typu vozidla se karoserie skládá ze stovek dílů z různých materiálů [10] [12].

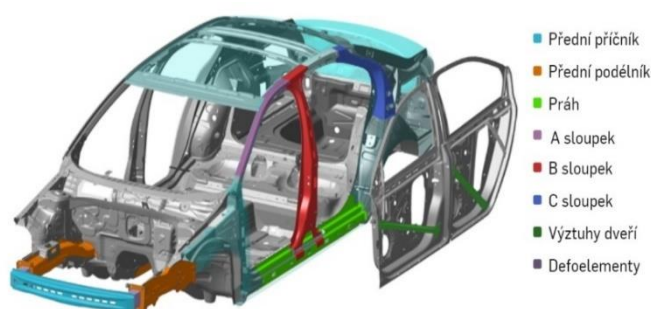
Deformační část

Deformačními zónami je přední a zadní část vozidla, u kterých dochází při nárazu k záměrným deformacím, čímž absorbují energii nárazu během srážky a následně rozptýlí energii v těchto oblastech. Díky tomu kabina, která je co nejtuzší, aby chránila posádku, zůstane pevná a zachová tak prostor pro přežití (viz Obr. 22). Velikost deformační zóny se odvíjí od velikosti vozidla [10] [82].

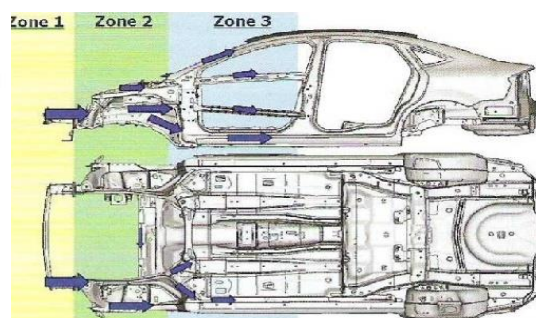
Samotná karoserie je rozdělena na tři zóny (viz Obr. 23).

- **Deformační zóna 1** – kinetickou energii nárazu při nízkých rychlostech (cca do 15 km/h) absorbují tzv. defoelementy, které se snadno demontují a nahradí novými. Brání tak zbytečnému poškození druhé deformační zóny a pohonné jednotky, což značně snižuje servisní náklady [12].
- **Deformační zóna 2** – primárním cílem je chránit posádku vozidla. Součástí druhé deformační zóny jsou podélné nosníky (přední podélníky), které ve většině čelních nárazů pohltí největší množství energie. Při konstrukci nosníků je nesmírně důležité, aby se deformovaly správným směrem, čemuž napomáhají deformační vruby vylisované do nosníku.
- **Zóna 3** - nejedná se o deformační zónu, ale o zónu bezpečnosti, protože musí při nárazu odolat bez větších a trvalých deformací [12].

V případě čelní a zadní deformační zóny je dostatek místa pro deformaci, na rozdíl od boční struktury karoserie, která je schopna pohltit jen malé množství kinetické energie. Řešením je tedy důkladné vyztužení boční části vozu (viz Obr. 22) [12].



Obrázek 22: Klíčové části karoserie [10]



Obrázek 23: Deformační zóny karoserie [82]

Prostor pro přežití posádky

Zde je deformace naopak nežádoucí, v případě kabiny je snaha o co největší tuhost, z tohoto důvodu se pro tyto části karoserie používají ultra-vysokopevnostní materiály. Cílem je nejen ochrana zdraví posádky, ale i jednodušší vyprošťování posádky z vozidla. Zásadním aspektem je tedy robustní konstrukce sloupků a prahů.

3.2.2.1.1.6 eCall

System eCall (emergency Call) označuje jednotný evropský systém tísňového volání ve vozidle. System musí být od 1. dubna 2018 povinně zabudován do všech nově homologovaných vozů kategorie M1 a N1 vyrobených v Evropské unii. Zařízení se automaticky spojí s operátorem na lince 112. Cílem je umožnit co nejrychlejší a nejefektivnější pomoc účastníkům dopravních nehod, a to kdekoli na území Evropské unie [83].

Pokud dojde k dopravní nehodě, systém automaticky na základě údajů z řídicích jednotek např. airbagů, zahájí krizové volání na nejbližší tísňovou linku 112. System eCall je možné aktivovat i ručně pomocí tlačítka SOS nacházejícího se v interiéru vozidla. Při komunikaci vozidla s tísňovým centrem se odešle minimální soubor dat o nehodě, který obsahuje aktuální polohu, směr jízdy, čas, počet pasažérů uvnitř vozidla, VIN (Vehicle Identification Number) kód vozidla atd. Tyto informace jsou operátorovi k dispozici 14–17 sekund od vzniku dopravní nehody. Kromě automatického datového spojení je vždy pomocí mobilního telekomunikačního zařízení navázáno také hlasové spojení mezi vozidlem a příslušným tísňovým centrem [83] [84].

3.2.2.2 Vnější pasivní bezpečnost

Kategorie vnější pasivní bezpečnosti se zaměřuje na ostatní účastníky silničního provozu, případně i na zvěř. Nejrizikovější skupinou jsou bezesporu chodci, kteří jsou nejméně chráněni vůči střetu s vozidly. Kvůli tomu se při konstrukci karoserie dbá na to, aby neobsahovala žádné ostré výstupky ani ostré hrany, o které by se mohl chodec vážně zranit. Ke zvýšení ochrany chodců jsou dnes vyvíjeny neustále nové prvky pasivní bezpečnosti jako aktivní kapota či airbag pro chodce [12].

3.2.2.2.1 Aktivní kapota

Aktivní kapota znamená, že při střetu s chodcem je pomocí pyrotechnických rozbušek mírně nadzvednuta, což má za následek zmírnění intenzity samotného střetu. Tudiž nedojde k nárazu chodce do čelního skla, a zároveň se vytvoří deformační prostor mezi kapotou a tvrdými, nepoddajnými částmi motoru. V tento okamžik má zvednutá přední kapota, vyrobená z relativně měkkého plechu, tlumící efekt a funguje tedy jako jakýsi “polštář”. Funkce aktivní kapoty je závislá na senzorech zrychlení nebo pásových senzorech tlaku umístěných v předním nárazníku, které při střetu s chodcem vyšlou signál, jež následně vystřelí kapotu. K vystřelení dojde za pouhých 30 milisekund [85] [86].

3.2.2.2 Airbag pro chodce

Na rozdíl od předešlého prvku pasivní bezpečnosti zde nedochází k samotnému nadzvednutí kapoty pomocí pyrotechnických rozbušek, ale k vytažení čepů pomocí pyrotechnického zařízení, čímž se uvolní zadní část kapoty. Zároveň se aktivuje airbag, který se začne plnit inertním plynem. V průběhu nafukování je kapota nadzvednuta airbagem o 10 cm a v této poloze setrvává [87].

Kromě nadzvednutí kapoty, což má za následek již zmiňovaný tlumicí efekt, zastává airbag i druhou funkci, kdy změkčí dopad těla chodce na tvrdé části v okolí čelního skla. Při plném nafouknutí airbag zakrývá celou spáru, kde jsou umístěny stěrače, spodní část A-sloupků a přibližně jednu třetinu čelního skla (viz Obr. 24) [87].



Obrázek 24: Simulace funkce airbagu pro chodce [87]

3.2.3 Komfortní elektronické systémy

Jak už název napovídá, jedná se o vozidlové systémy, které zvyšují komfort řidiče a zbylé posádky. Lze je považovat za jednu ze součástí aktivní bezpečnosti, protože velmi úzce souvisí právě s bezpečností. Snižují námahu za volantem a obecně dokážou zpříjemnit cestování pohodlím a příjemným klimatem interiéru. Dříve byl komfort dominantou spíše luxusnějších aut, ale dnes se čím dál více začleňuje i do vozů nižší střední třídy. Stále častěji si prvky komfortní výbavy nechávají majitelé montovat také do starších vozů, např. parkovací asistent (parkpilot).

3.2.3.1 Elektrické nastavování volantu, sedadla a zpětných zrcátek

Polohu volantového hřídele lze nastavit z hlediska délky i výšky. Pro zvýšení komfortu při nastupování a vystupování je sloupek volantu při ukončení jízdy automaticky vrácen do defaultní polohy. Po nastartování vozidla je automaticky nastavena výchozí poloha, kterou měl řidič uloženou do paměti. Ve zvláštní výbavě mohou být do paměti uloženy až tři rozdílné polohy volantu [11].

Podobný význam, jako elektricky polohovatelný volant, zastává i elektromechanicky nastavitelné ovládání sedadel, zejména tam, kde auto střídá více řidičů. U plně elektricky

přestavitelného sedadla se pomocí tlačítek nastavuje celá řada poloh. Lze posouvat sedadlem dopředu/dozadu, měnit výšku sedadla v přední části sedáku a v zadní části sedáku, dále měnit sklon opěradla, vyklenutí opěradla a dynamických bočnic, které poskytnou optimální boční oporu při sportovní jízdě a lze rovněž elektricky polohovat i hlavovou opěrku. Souvisejícím komfortním prvkem, který dnes nabízí naprostá většina automobilových výrobců, je vyhřev sedadel, v případě kožených sedadel i odvětrávání. U luxusnějších automobilů se můžeme setkat s masážní funkcí sedadel.

Vnější zpětná zrcátka mohou kromě automatického sklopení při zamknutí vozidla pomoci také při parkování, kdy se automaticky nakloní dolů, aby řidič viděl stranu ulice. Dále mohou být vybavena topným článkem odmrazující či odmlžující sklo zrcátka.

3.2.3.2 Větrání, vytápění, klimatizace

Z fyziologického hlediska klade neustále rostoucí intenzita silniční dopravy velké nároky na řidiče. Významný vliv na únavu řidiče má prostředí v interiéru vozidla, přesněji řečeno jeho výsledný stav v kabině vozidla z hlediska působení na organismus člověka. Stav v místech pobytu člověka (homosféra), v tomto případě v interiéru vozidla, se nazývá mikroklima. Primárním cílem mikroklima uvnitř vozidla je snížit únavu řidiče, čímž se výrazně ovlivňuje aktivní bezpečnost automobilu, sekundárním, komfortnějším účelem, je umožnit cestujícím co nejpříjemnější přepravu. K zajištění optimálních mikroklimatických podmínek se využívají větrací systémy, vytápěcí systémy a klimatizační zařízení [11].

Větrání

Větrací systémy zajišťují z okolí čerstvý vzduch v prostoru pro pasažéry a v letním období odvádějí teplo produkované slunečním zářením a cestujícími. Dále odstraňují nadměrnou vlhkost nebo škodlivé plyny. Pro výměnu vzduchu mezi kabinou a okolním prostředím musí být splněna podmínka bezprůvanového větrání a také by se do kabiny díky přetlaku neměl dostat žádný prach, pach a nečistoty (výfukové plyny). Proudění vzduchu do vnitřního prostoru automobilu může být náporové, které využívá oblasti s kladným tlakem na povrchu jedoucího vozidla, nebo s nuceným prouděním vzduchu, kdy je vzduch dodáván do vozidla ventilátorem. Ventilátor se využívá při malých rychlostech z důvodu nedostačujícího proudění vzduchu. Zpravidla je větrací systém kombinovaný, tzn., že spojuje oba předchozí systémy. Důležité je, aby přívody (vydechovací otvory) a odvody vzduchu (odvětrávání v zádi interiéru) byly rozmístěny tak, aby proudění bylo rovnoměrné a nevířilo nečistoty z podlahy. Na vstupních otvorech kapoty se nachází mřížka, regulační klapka, případně snímač kvality vzduchu a prachový filtr, který slouží k zachytávání nečistot a nechtěných částic jako je např. pyl [11].

Vytápění

Úkolem vytápěcího systému je rozvádět teplo po celém prostoru interiéru. K vytápění interiéru vozidla se používají dva druhy systémů. Prvním typem vytápěcího systému je tzv. závislé topení. Jedná se o zařízení určené k ohřívání vytápěcího vzduchu přebytečným teplem

motoru. Závislý vytápěcí systém se dle konstrukce dělí na teplovzdušná (dnes se už prakticky nepoužívá) a vodní (využívá tepla chladicí kapaliny). Závislý kapalinový vytápěcí systém se skládá z výměníku tepla, ventilátoru, klapky přívodu vzduchu, ventilů přívodu vody a regulačního ústrojí [11].

Regulace topného výkonu rozdělujeme na dvě základní provedení:

- **Regulace na straně vody:** Teplota vzduchu uvnitř kabiny a vystupujícího vzduchu je měřena pomocí teplotního snímače. Výsledné hodnoty se porovnávají s regulátorem, který dává pokyny elektromagnetickému ventilu ležícímu v chladicím okruhu a ten se následně otvírá nebo uzavírá v určité pracovní frekvenci.
- **Regulace na straně vzduchu:** Pomocí elektrického motoru s převodem se plynule přestavuje teplotní směšovací klapka.

Druhým typem vytápěcího systému je topení nezávislé neboli přídavné (lidově “Bufík“). Jedná se o zařízení, které je schopné ohřívat (ochlazovat) vzduch a motor vozidla nezávisle na jeho chodu. Nezávislá topení výrazně zvyšují komfort posádky zejména v zimních měsících, kdy ušetří čas, který by byl stráven škrábáním ledu. Zároveň předejde motor, což zvyšuje jeho životnost. Díky přídavnému topení má interiér vozidla příjemnou teplotu již od začátku cesty. V opačném případě, v měsících letních, kdy může být kabina vozidla doslova rozpálená, nabízí nezávislé topení svou ochlazovací funkci, kterou pomocí větrání zabrání nadměrnému zahřívání a vysokým teplotám interiéru. K zapnutí zařízení dochází pomocí dálkového ovladače, mobilního telefonu nebo předvolebních hodin, na nichž lze nastavit čas spuštění a požadovaná teplota. Nezávislé přídavné topení je poháněno palivem, na něž samotné vozidlo jezdí [88].

U osobních automobilů se využívají především dva typy nezávislých topení:

- **Teplovzdušné topení** – instalováno převážně do kabin kamionů, dodávek, karavanů, bagrů, lodí atd. Hlavní výhodou je možnost chodu až desítky hodin (v závislosti na kapacitě baterie), dále rychlost vytopení prostoru, nízký hluk a spotřeba. Podstatné je, aby byl vzduch z důvodu bezpečnosti nasáván jen z interiéru vozidla (v případě nasávání vzduchu zvenčí hrozí možné otrávení posádky např. při spánku na odstavném parkovišti) [89].
- **Teplovodní topení** – montováno převážně do osobních automobilů. Na rozdíl od prvního typu nezávislého topení nabízí i možnost přehřevu samotného motoru na provozní teplotu před startem vozidla a využití rozvodového systému ventilace. Díky přehřátému motoru můžeme zaznamenat pokles spotřeby a emisí. Z vlastního vozidlového výměníku tepla se odebírá tepelná energie a následně se rozvádí jako teplý vzduch přes stávající vzduchové kanály do kabiny vozidla. Zbytkovým teplem v chladicí kapalině se ohřeje motor [89].

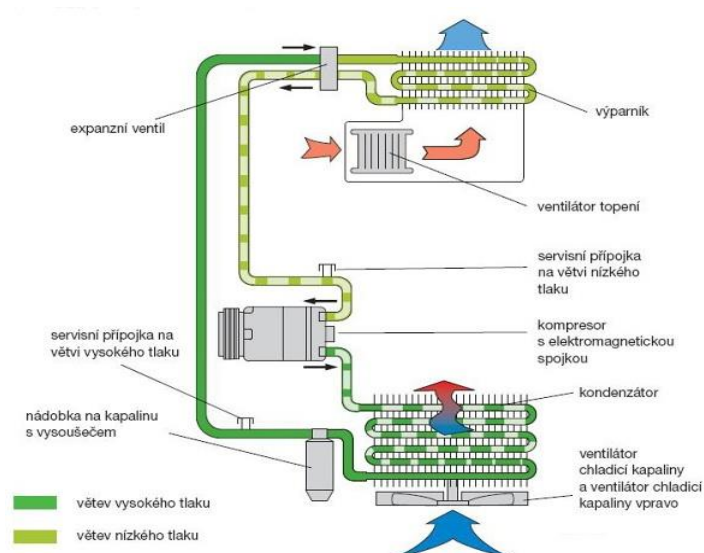
Klimatizace

Klimatizace ve vozidlech je zařízení, které zajišťuje ochlazení vzduchu přiváděného do kabiny, čímž při vysokých teplotách vnějšího prostředí upravuje tepelnou pohodu cestujících. Kromě teploty vzduchu v kabině vozidla lze klimatizačním systémem regulovat i jeho vlhkost. Tím přispívá k odmlžování oken (výhled z místa řidiče) a zvyšuje tak aktivní bezpečnost. Klimatizace lze rozdělit na manuální a automatickou. Klimatizace s mechanickým ovládáním, tedy manuální, dodává pouze studený vzduch a následná regulace je na posádce. Oproti tomu automatická klimatizace se sama dokáže postarat o výměnu vzduchu a dodržování nastavené teploty v interiéru vozidla. Pro obě varianty je základní princip ochlazování vzduchu stejný [11][90]. Chladivem klimatizace v automobilech je plyn s označením R1234yf, který dokáže relativně snadno změnit skupenství.

Standardem v dnešních automobilech je tzv. dvouzónová automatická klimatizace, která umožňuje regulaci pro řidiče i spolujezdc. Nadstavbou dvouzónové klimatizace je tzv. třízónová, jež umožňuje zvláštní nastavení i pro cestující na zadních sedadlech. Nejdokonalejším zařízením v tomto ohledu je automatická čtyřzónová klimatizace, která dovoluje nejenom samostatnou regulaci na levé a pravé straně interiéru, ale také v jeho přední a zadní části, z čehož vyplývá, že si každý cestující ve vozidle může individuálně nastavit teplotu a rozdělení vzduchu jen pro své sedadlo [11].

Princip klimatizace ve vozidle je velmi podobný ledničce. Funkce je založena na výměně tepla. Pro ochlazení vzduchu musí dojít k odebrání tepla. K tomu jsou zapotřebí dva základní chladicí okruhy. Vysokotlaký, tedy okruh kondenzátoru a nízkotlaký, okruh výparníku (viz Obr. 25) [90].

1. Z nízkotlaké části je kompresorem s elektromagnetickou spojkou nasáváno chladivo, které je následně stlačováno a vháněno do vysokotlakého okruhu. Díky nárůstu tlaku se teplota chladiva zvýšila.
2. Po průchodu kompresorem se plyn dostává do kondenzátoru, kde dochází k jeho kondenzaci, tedy ke zkapalnění plynu.
3. Následně prochází chladicí prostředek expanzním ventilem (pod vysokým tlakem a s nižší teplotou než po stlačení kompresorem), kde se rozpíná a mění se z kapaliny při vysokém tlaku na plyn při nízkém tlaku.
4. Plynné médium s nízkou teplotou se při malém tlaku dostává do výparníku, jež svým průchodem ochlazuje. Následně do interiéru proudí výparníkem čerstvý vzduch a ochlazuje se průchodem skrz ochlazený výparník. Poté už ho ventilátor vhání rovnou do kabiny vozidla. Okruh se uzavírá nasáváním chladiva v plynném stavu z výparníku zpět do kompresoru a celý klimatizační oběh se neustále opakuje. Součástí okruhu je ještě vysoušeč, který se zbavuje přebytečné vlhkosti a nádobka s chladivem [90].



Obrázek 25: Princip činnosti klimatizačního systému [90]

3.2.3.3 KESSY

Komfortním prvkem instalovaným i do vozidel střední třídy vyvinutým automobilkou Volkswagen je elektronický odemykací, zamykací a startovací systém KESSY (Keyless Entry, Start and exit SYstem), označovaný také jako bezklíčový přístup (Keyless Access) [91]. Systém KESSY poskytuje řidiči maximálně komfortní přístup k vozu, aniž by musel sahat pro klíče do kapsy či kabelky, což ocení zejména ženy. Bez použití klíče lze nejenom odemknout auto, ale i ho nastartovat.

Funkce bezklíčového odemykání vozidla funguje na bázi krátkých rádiových vln, které jsou vysílány prostřednictvím klíče s dálkovým ovládním do přijímací jednotky uvnitř vozidla. V případě, že je klíč v okruhu 1,5 m od vozidla, v některých případech se dá tato vzdálenost regulovat, vyšle pomocí rádiového vysílače kódy, které si vymění s řídicí jednotkou, načte se automobil sám odemkne. Poté stačí jen zatáhnout za kliku jakýchkoliv dveří či víka kufru a vozidlo lze otevřít. Díky směrovým sensorům nemůže dojít k nechtěnému zamčení vozu ve chvíli, kdy se klíč nachází uvnitř vozu [91] [92].

V případě nastartování vozidla nejdříve dochází k automatickému odemčení zámku volantu pomocí systému a hned poté stisknutím tlačítka START/STOP lze motor nastartovat.

Co se týká zamykání vozidla, stačí nepatrné dotknutí čidla umístěného ve všech vnějších klikách automobilu, což aktivuje centrální zamykání. K automatickému zamčení vozidla dochází po 30 s, pod podmínkou, že se klíč nachází mimo automobil a dveře jsou zavřené [91].

3.2.3.4 Parkovací asistent

Samočinný parkovací asistent (Parking pilot) slouží ke snadnému parkování, zejména u řidičů začátečníků, pro které je parkování mnohdy stresovější než návštěva zubaře. Dnešní

parkovací asistent zvládá parkovat podélně i kolmo. U poloautomatického asistenta pro parkování sledujeme instrukce na palubním počítači a na základě toho velíme pohyb auta dopředu a dozadu a současně regulujeme plyn a brzdu. Tento princip se využívá zejména u koncernových automobilů jako Volkswagen a Škoda [93]. U značek vyšší třídy se o vše asistent postará zcela sám (podmínkou je samozřejmě automatická převodovka), maximálně ho můžeme přibrzdit. S nadstavbou automatického asistenta přišla automobilka Mercedes-Benz s tzv. Remote parking pilot, který umožňuje autonomní parkování vozidla za pomoci mobilní aplikace, aniž by uvnitř vozidla seděl řidič [94].

Princip funkce poloautomatického parkovacího asistenta:

- Systém se aktivuje stisknutím tlačítka, načež ultrazvukové senzory začnou proměřovat mezery mezi zaparkovanými vozidly a hledají dostatečně velké místo pro zaparkování.
- Po nalezení ideálně velkého místa pro vozidlo, systém vyzve řidiče, aby potvrdil zahájení parkovacího manévru.
- Následně systém vyzve řidiče k zařazení zpátečky, elektronika převezme kontrolu nad řízením a pomocí plynu koriguje rychlost couvání (pomocí obrazového i akustického rozhraní je řidič informován o vzdálenosti od překážek).
- V poslední části manévru systém vyzve řidiče k zařazení jedničky, aby srovnal polohu vozidla.

4 Závěr

Dle zadání a cíle bakalářské práce byla napsána rešerše komfortních a bezpečnostních mechatronických systémů v osobních vozidlech. Ze začátku je uveden a popsán nejdůležitější pojem celé práce, ke kterému to vše směřuje, a to samotná bezpečnost vozidel. Dále je práce rozdělena na tři hlavní směry. Nejobsáhlejší část práce se zabývá aktivní bezpečností, přesněji řečeno aktivními asistenčními systémy. Zde jsou nejdříve uvedeny základní elektronické systémy, které zejména podporují jízdní stabilitu vozidla a jsou na trhu už od konce 20. století a postupně se dostává až k těm novodobým, modernějším elektronickým systémům, které se snaží co nejvíce minimalizovat, či dokonce eliminovat lidský faktor, čímž předcházejí jeho chybám. Stále se jedná jen o “pomocníky“ a nelze se na ně 100 % spoléhat. Dosud jsou lidské smysly, hlavně tedy zrak a sluch, těžko nahraditelné. Čím dál častěji se mluví o tzv. autonomním řízení, které by mělo být budoucností na silnicích. Na mysli je teď vysoká, či dokonce plná autonomie. Problém nenastává při vývoji automobilu, který je možná i u konce, ale zejména u infrastruktury, která na to není připravena. Musela by se zdokonalit a přejít na formu inteligentní infrastruktury s interaktivními prvky, z nichž by vozidla získávala informace. Tímto tématem jsem se ale z důvodu rozsahu práce nezabýval. Možná je to námět na další rozšíření mé práce. Kapitola aktivní bezpečnosti je završena prvky, s níž související, kde jsou uvedeny dnes používané zdroje světla ve vozidlech a elektronické systémy osvětlení vozidel.

Další část práce je zaměřena na pasivní bezpečnost, která je rozdělena na vnitřní a vnější. Alfou a omegou vnitřní pasivní bezpečnosti, vlastně samotného přežití v momentě dopravní nehody, jsou zádržné systémy a funkce karoserie. Cílem vnější pasivní bezpečnosti není posádka vozidla, ale ostatní účastníci silničního provozu, zejména chodci a cyklisté, kteří jsou dnes a denně ohrožováni na komunikacích.

V závěru jsou rozebrány komfortní elektronické systémy, kde se práce ubírá zejména na mikroklima ve vozidle v podobě částí jako větrání, topení a klimatizace. Dále je zde uveden zamykací a startovací systém a parkovací asistent.

Je zcela jasné, že by zde mohla být uvedena celá řada dalších mechatronických systémů, které se ale do rozsahu bakalářské práce nevešly, a proto zde byly vybrány ty nejzákladnější, ale i nejmodernější a dle mého uvážení nejzajímavější komfortní a bezpečnostní mechatronické systémy na trhu.

5 Seznam zdrojů

- [1] *Co je mechatronika?* [online]. Technická univerzita v Liberci [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.fm.tul.cz/pro-uchazece/co-je-mechatronika>
- [2] Bezpečnost automobilů: Euro NCAP Advanced. *DTest* [online]. 2013 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.dtest.cz/clanek-3012/bezpecnost-automobilu-euro-ncap-advanced>
- [3] ŠIKL, Petr. *Bezpečnostní systémy v osobních automobilech* [online]. 2008 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/bezpecnostni-systemy-v-osobnich-automobilech.html>
- [4] MRÁZEK, Jan. *VLIV PRVKU PASIVNÍ BEZPEČNOSTI VOZIDEL PŘI KOLIZÍCH S CHODCI* [online]. Brno, 2010 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41247. Diplomová. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.
- [5] SAJDL, Jan. Aktivní bezpečnost. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/aktivni-bezpecnost/>
- [6] Aktivní bezpečnost vozidla. *ŠMUCLER magazín* [online]. 2016 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.smucler.cz/blog/aktivni-bezpecnost-vozidla/>
- [7] VLK, František. *Automobilová elektronika 1: Asistenční a informační systémy*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc, nakladatelství a vydavatelství, 2006. ISBN 80-239-6462-3.
- [8] SAJDL, Jan. Pasivní bezpečnost. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/pasivni-bezpecnost/>
- [9] Pasivní bezpečnost vozidla. *ŠMUCLER magazín* [online]. 2016 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www.smucler.cz/blog/pasivni-bezpecnost-vozidla/>
- [10] *Karoserie* [online]. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>
- [11] VLK, František. *Automobilová elektronika 2: Systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc, nakladatelství a vydavatelství, 2006. ISBN 80-239-7062-3.
- [12] *Pasivní bezpečnost* [online]. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <http://www.autoskola-sprint.cz/aktuality/15-pasivni-bezpecnost>
- [13] PLŮCHA, Martin. *Komfortní systémy* [online]. 2012 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <http://www.automobilove-systemy.wz.cz/komfort.html>

- [14] BUTKOVIČ, Peter. *Systém ABS* [online]. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: https://www.sszepreprov.cz/dum/mov/VY_32_INOVACE_MOV_3ROC_34.pdf
- [15] *ABS slaví 40 let: Připomeňte si historii jednoho ze zásadních vynálezů* [online]. 2018 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/abs-slavi-40-let-pripomente-si-historii-jednoho-ze-zasadnich-vynalezu/>
- [16] SAJDL, Jan. ABS (Anti-lock Braking System). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>
- [17] SAJDL, Jan. ABSplus. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/absplus/>
- [18] JEDLIČKA, Milan. *Jak funguje systém ABS a ASR u nákladních vozidel, zobrazuje dobové video v češtině* [online]. 2020 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/jak-funguje-system-abs-a-asr-u-nakladnich-vozidel-zobrazuje-dobove-video-v-cestine>
- [19] PISKOŘ, Martin. *ASISTENČNÍ SYSTÉMY MODERNÍCH VOZIDEL* [online]. Brno, 2014 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=85194. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.
- [20] MARKUS, Frank. *Traction Control vs. Stability Control Systems: What Is the Difference?* [online]. 2020 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.motortrend.com/news/traction-control-vs-stability-control/>
- [21] *ESP (ESC)* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/aktivni-prvky-bezpecnosti/esp-esc>
- [22] SVATOŠ, Patrik. *Technologie v autech: ESP* [online]. 2017 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/technologie-v-autech-esp-650>
- [23] *Jaký je rozdíl mezi nedotáčivostí a přetáčivostí?* [online]. 2018 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.skoda-motorsport.com/cs/jaky-je-rozdil-mezí-nedotacivosti-a-pretacivosti-ridte-jako-profik/>
- [24] *ESP* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.aaaauto.cz/slovník/39545/esp.html>
- [25] EDS (Elektronische Differenzialsperre). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/eds-elektronische-differenzialsperre/>
- [26] *EDS Traction Control System* [online]. 2017 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <http://motortownonline.com/eds-traction-control-system/>

- [27] SAJDL, Jan. *Brzdový asistent* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/brzdovy-asistent/>
- [28] LEANSE, Alex. *Stop Right There—Automatic Emergency Braking Explained* [online]. 2020 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.motortrend.com/news/automatic-emergency-braking/>
- [29] *Automatic Emergency Braking* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.safercar.gov/Vehicle+Shoppers/Safety+Technology/aeb-1/>
- [30] *Asistent rozjezdu do kopce. ŠMUCLER magazín* [online]. 2017 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.smucler.cz/blog/asistent-rozjezdu-do-kopce/>
- [31] *ASISTENT ROZJEZDU DO KOPCE* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.aaaauto.cz/slovník/39719/asistent-rozjezdu-do-kopce.html>
- [32] *HSA a HDC: Hill Descent Control (HDC) - Asistent pro rozjezd z kopce* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.amservisplus.cz/technologie/hsa>
- [33] *Hill Descent Control (HDC)** [online]. 2018 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.volvocars.com/cz/support/manuals/s60/2017w17/podpora-ridice/podpora-ridice/hill-descent-control-hdc>
- [34] SAJDL, Jan. *Multikolizní brzda – MKB* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/multikolizni-brzda/>
- [35] ZELINKA, Jiří. *Multikolizní brzda – jak funguje a v jakých vozech ji najdeme?* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/magazin/multikolizni-brzda-ndash-jak-funguje-a-v-jakych-vozech-ji-najdeme/1532>
- [36] ZELINKA, Jiří. *Hlídaní mrtvého úhlu aneb Blind Spot Assist – jak funguje?* [online]. 2020 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/magazin/hlidani-mrtveho-uhlu-aneb-blind-spot-assist-ndash-jak-funguje/1235>
- [37] SVATOŠ, Patrik. *Nesmysl, nebo pomocník: Jak funguje hlídání mrtvého úhlu?* [online]. 2019 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/blbost-nebo-pomocnik-hlidani-mrtveho-uhlu-muze-davat-smysl-21001071>
- [38] NOVÁK, Martin. *Jak funguje Lane Assist? Vysvětlíme vám vše o systému hlídání jízdních pruhů* [online]. 2019 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/magazin/jak-funguje-lane-assist-vysvetlime-vam-vse-o-systemu-hlidani-jizdnich-pruhu/248>
- [39] SAJDL, Jan. *Lane Assist. Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/lane-assist/>

- [40] Lane Assist – systém pro udržování jízdního pruhu. *ŠMUCLER magazín* [online]. 2017 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.smucler.cz/blog/lane-assist/>
- [41] *Systém udržování v jízdním pruhu* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.ford.cz/pred-nakupem/objevte/technologie/zazitek-z-jizdy/system-udrtovani-v-jizdnim-pruhu>
- [42] *Nová ŠKODA Superb – Lane Assist* [online]. 2016 [cit. 2021-04-04]. Dostupné z: https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy-archiv/inspirativni-bezpecnostni-technologie-nova-skoda-superb-s-inovativnimi-bezpecnostnimi-systemy-pro-vyssi-bezpecnost-komfort/attachment/su_tech_006_line_assist/
- [43] ZELINKA, Jiří. *Head-up displej – jak funguje a jaké jsou druhy?* [online]. 2020 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/magazin/head-up-displej-ndash-jak-funguje-a-jake-jsou-druhy/1469>
- [44] SAJDL, Jan. HUD (Head-Up Display). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/hud-head-up-display/>
- [45] ŽÁK, Dalibor. *Kontrola tlaku v pneumatikách: Nejde jen o spotřebu paliva a bezpečnost* [online]. 2018 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/kontrola-tlaku-pneumatikach-nejde-jen-spotrebu-paliva-bezpecnost/>
- [46] DRDLÍČEK, Josef. *Povinná kontrola tlaku v pneumatikách - TPMS* [online]. 2017 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.pneumatiky.cz/povinna-kontrola-tlaku-v-pneumatikach-tpms-t4>
- [47] SAJDL, Jan. *Tempomat (Cruise Control)* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/tempomat/>
- [48] SAJDL, Jan. ACC (Adaptive Cruise Control). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/acc-adaptive-cruise-control/>
- [49] DUSIL, Tomáš. *Adaptivní tempomat: Jak funguje? A jaké známe druhy?* [online]. 2017 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/adaptivni-tempomat-jak-funguje-a-jake-zname-druhy-104364>
- [50] *Nebezpečný mikrospánek: Proč vzniká a jak se mu vyhnout* [online]. 2020 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://auto-mania.cz/nebezpecny-mikrospanek-proc-vznika-a-jak-se-mu-vyhnout/>
- [51] *Pětinu dopravních nehod způsobuje únava. Mikrospánek nepřemůžete, zastavte* [online]. 2019 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/spanek-mikrospanek-odpocinek-nehoda.A190625_142431_automoto_fdv

- [52] SAJDŁ, Jan. DAC (Driver Alert Control). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/dac-driver-alert-control/>
- [53] DAC - Systém sledování únavy řidiče. *ŠMUCLER magazín* [online]. 2016 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.smucler.cz/blog/system-sledovani-unavy-ridice/>
- [54] SAJDŁ, Jan. DAM (Driver Attention Monitoring). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/dam-driver-attention-monitoring/>
- [55] NOVÁK, Martin. *Asistent rozpoznávání dopravních značek umí zobrazovat aktuální informace v reálném čase* [online]. 2019 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/magazin/asistent-rozpoznavani-dopravnich-znacek-umi-zobrazovat-aktualni-informace-v-realnem-case/796>
- [56] *Understanding The Traffic Sign Recognition System* [online]. 2020 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://rts.i-car.com/collision-repair-news/understanding-the-traffic-sign-recognition-system.html>
- [57] *Vidět a být viděn* [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.videt-a-byt-viden.cz/ridici>
- [58] *Vidět a být viděn – po roce opět seřízení světlometů zdarma: Zásady správného svícení, vedoucí ke zvýšení bezpečnosti účastníků silničního provozu:* [online]. 2018 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://motofocus.cz/servisy-servisni-koncepty/43255,videt-a-byt-viden-po-roce-opet-serizeni-svetlometu-zdarma-2>
- [59] ŽLEBEK, Michal. *OSVĚTLENÍ AUTOMOBILU* [online]. Brno, 2013 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=64553. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.
- [60] *Jak LED diody fungují* [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://eshop.ledsolution.cz/led-diody-technicke-udaje/>
- [61] DAŇKOVÁ, Andrea. *Osvětlovací systémy vozidel* [online]. 2013 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: https://otik.zcu.cz/bitstream/11025/9388/1/Osvetlovaci%20systemy%20vozidel_Andrea%20Dankova_BP_2013_e-verze.pdf. Bakalářská práce. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI.
- [62] *Laserové světlo v automobilovém průmyslu: Otázky a odpovědi o inovativní laserové technologii* [online]. [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.osram.cz/am/specials/trendslighting-innovations/laser-light-new-headlight-technology/questions-and-answers-on-innovative-laser-technology/index.jsp?fbclid=IwAR3cqmlKg71VlheWvfO0Xvnu3M41S7DnY2oyDFZ7-L4HnGqqERLBADyPwls>

- [63] *Laserové světlomety – postrach tmy* [online]. 2015 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/laserove-svetlomety-postrach-tmy_32367.html
- [64] MIČKA, Jan. *Laserové světlomety Audi R8 svítí až 600 metrů daleko. Fungují tak i v praxi?* [online]. 2016 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/laserove-svetlomety-audi-r8-sviti-az-600-metru-daleko-funguji-tak-i-v-praxi-94234>
- [65] *Audi přibližuje svoji novou novou generaci osvětlení technologií OLED* [online]. 2020 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://auto-mania.cz/audi-priblizuje-svoji-novou-novou-generaci-osvetleni-technologiei-oled/>
- [66] HUMPLÍK, Jiří. *První na světě: digitální technologie OLED v zadních svítlích modelu Audi Q5* [online]. 2020 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://automix.denik.cz/nova-auta/audi.html>
- [67] SAJDL, Jan. *Adaptivní brzdová světla* [online]. [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/adaptivni-brzdova-svetla/>
- [68] *Světlomety s technologií LED Matrix* [online]. [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.smucler.cz/blog/svetlomety-s-technologiei-led-matrix/>
- [69] NOVÁK, Martin. *Víte, jak fungují LED Matrix světlomety a proč je opravdu dobré je mít? Vysvětlíme vám to* [online]. 2019 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/magazin/vite-jak-funguji-led-matrix-svetlomety-a-proc-je-opravdu-dobre-je-mit-vysvetlime-vam-to/195>
- [70] SAJDL, Jan. *Interaktivní světlomety. Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/interaktivni-svetlomety/>
- [71] VAŠICA, Tomáš. *Řízené systémy výhledu z vozidla a signalizace* [online]. Praha, 2014 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/63775/F6-DP-2014-Vasica-Tomas-Rizene_systemy_vyhledu_z_vozidla_a_signalizace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Diplomová. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ v Praze.
- [72] SAJDL, Jan. *BMW Night Vision* [online]. [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/bmw-night-vision-nocni-videni/>
- [73] JIRÁK, Jakub. *SIMULÁTOR NÁRAZU – METODY VYUŽITÍ* [online]. Praha, 2015 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/63784/F6-BP-2015-Jirak-Jakub-VKZP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ v Praze.
- [74] MATĚJKA, Milan. *Návrh koncepce osobního automobilu s nekonvenčními prvky pasivní bezpečnosti* [online]. Pardubice, 2012 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z:

- https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/46242/MatejkaM_NavrhKoncepce_MG_2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Diplomová. Univerzita Pardubice.
- [75] TOMKOVÁ, Jana. *Dopravně bezpečnostní akce* [online]. 2013 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/dopravne-bezpecnostni-akce-623543.aspx>
- [76] VLČEK, Martin. *Využití mechatroniky pro zvýšení aktivní a pasivní bezpečnosti automobilů* [online]. In: . 2011 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: http://home.zcu.cz/~rcermak/opvk_cm/M_07.pdf
- [77] SAJDL, Jan. *Airbag*. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/airbag/>
- [78] *Airbag Basics* [online]. [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.safemotorist.com/Articles/Airbags/>
- [79] WOODFORD, Chris. *Airbags* [online]. 2020 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.explainthatstuff.com/airbags.html>
- [80] *Jak správně nastavit opěrku hlavy? Polovina řidičů to dělá špatně!* [online]. 2018 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/spravne-nastavit-operku-hlavy-polovina-ridicu-dela-spatne/>
- [81] SAJDL, Jan. *Aktivní opěrka hlavy*. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/aktivni-operka-hlavy/>
- [82] *Deformation zones* [online]. [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.seat.com/car-terms/d/deformation-zones.html>
- [83] SAJDL, Jan. *ECall* [online]. [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/ecall/>
- [84] *Aktivní a pasivní prvky bezpečnosti motorových vozidel* [online]. 2015 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.czrso.cz/clanek/aktivni-a-pasivni-prvky-bezpecnosti-motorovych-vozidel/?id=1611>
- [85] SAJDL, Jan. *PPDB (Pyrotechnic Pedestrian Deployable Bonnet)*. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/ppdb-pyrotechnic-pedestrian-deployable-bonnet/>
- [86] OLIVÍK, Pavel. *Aktivní kapota: měkčí dopad pro chodce* [online]. 2011 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: https://www.autorevue.cz/aktivni-kapota-mekci-dopad-pro-chodce_1

- [87] SMĚŠNÝ, Karel. *Jak funguje airbag pro chodce?* [online]. 2012 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/nove-modely/jak-funguje-airbag-pro-chodce.html>
- [88] *Proč používat nezávislé topení?* [online]. [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.webasto-comfort.com/cs-cz/vytapeni/nezavisle-topeni-do-auta/why-heating/>
- [89] ŠIKL, Petr. *Nezávislé topení v autě v zimě potěší* [online]. 2008 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/nezavisle-topeni-v-aute-v-zime-potesi.html>
- [90] SAJDL, Jan. *Klimatizace A/C (AC AirCondition)*. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/klimatizace-ac-ac-aircondition/>
- [91] SAJDL, Jan. *KESY (Keyless Access)*. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/system-kessy-keyless-access/>
- [92] NOVÁK, Martin. *Bezklíčové otevírání auta ala KESY/Keyless. Jak funguje a je bezpečné? Vysvětlíme* [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/magazin/bezklicove-otevirani-auta-ala-kessykeyless-jak-funguje-a-je-bezpecne-vysvetlime/510>
- [93] SAJDL, Jan. *Park Assist (parkovací asistent)*. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/park-assist-parkovaci-asistent/>
- [94] SAJDL, Jan. *Remote parking pilot*. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/remote-parking-pilot/>