

**VYSOKÁ ŠKOLA EVROPSKÝCH A REGIONÁLNÍCH
STUDIÍ, Z. Ú., ČESKÉ BUDĚJOVICE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**BEZPEČNOSTNÍ ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY
MODERNÍCH VOZIDEL**

Autor práce: Libor Pomikálek, DiS.

Studijní obor: Bezpečnostně právní činnost ve veřejné správě

Forma studia: Kombinovaná

Vedoucí práce: Mgr. Jaroslav Hovorka

Katedra: Katedra právních oborů a bezpečnostních studií

2018

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně, na základě vlastních zjištění a s použitím odborné literatury a materiálů uvedených v této práci.

Souhlasím, aby práce byla uložena v knihovně Vysoké školy evropských a regionálních studií v Českých Budějovicích a zpřístupněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění.

.....

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Mgr. Jaroslavu Hovorkovi, za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

ABSTRAKT

POMIKÁLEK, L. *Bezpečnostní elektronické systémy moderních vozidel : bakalářská práce*. České Budějovice : Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2018. 54 s. Vedoucí bakalářské práce : Mgr. Jaroslav Hovorka.

Klíčová slova: automobil, bezpečnost, elektronický systém, mikroelektronika.

Bakalářská práce se věnuje oblasti, ve které došlo v posledních několika desítkách let s využitím moderní mikroelektroniky k velmi dynamickému rozvoji. Zatímco na přelomu osmdesátých a devadesátých let představoval protiblokovací systém brzd ABS vrchol tehdejších technických možností, tak v současnosti, kdy se píše rok 2018, již probíhají v běžném silničním provozu intenzivní testy plně robotizovaných aut bez řidiče. Aplikace moderních elektronických systémů v automobilech má své nesporné přínosy. Ale důležitý je i kritický pohled na tuto oblast a zodpovězení některých otázek, které se ve všeobecném nadšení pro nové elektronické systémy mohou jevit jako poněkud provokativní z hlediska spolehlivosti, bezpečnosti a ovladatelnosti ze strany řidiče v krizových situacích.

ABSTRACT

POMIKÁLEK, L. *Safety Electronic Systems of Modern Vehicles : Bachelor thesis*. České Budějovice : The College of European and Regional Studies, 2018. 54 p.
Supervisor : Mgr. Jaroslav Hovorka.

Key words: automobile, safety, electronic system, microelectronics.

The bachelor thesis deals with the area, which has developed very dynamically in the last few decades using modern microelectronics. While at the turn of the eighties and nineties the ABS anti-lock braking system was the peak of the technical possibilities at the time, so at the present time of 2018, there are intensive tests of fully robotized cars without a driver in normal road traffic. Application of modern electronic systems in cars has its undisputed benefits. But critical is also the critical view of this area and the answer to some questions that may seem somewhat provocative in general enthusiasm for new electronic systems in terms of reliability, safety and manageability by the driver in crisis situations.

Obsah

Úvod.....	7
1 Cíl a metodika bakalářské práce	9
2 Elektronické asistenční systémy motorových vozidel-využití.....	10
3 Nejstarší a nejpoužívanější asistenční systémy.....	12
3.1 ABS	12
3.2 ESP.....	17
4 Současné bezpečnostní asistenční elektronické systémy	21
4.1 Osobní vozidla	21
4.1.1 Parkovací asistent.....	22
4.1.2 Asistent jízdy v kolonách.....	25
4.1.3 Systém sledování značek, chodců a cyklistů.....	27
4.1.4 Adaptivní tempomat.....	30
4.2 Nákladní vozidla	34
4.2.1 Adaptivní a prediktivní tempomat	36
4.2.2 Řízení stability vozidla.....	37
4.2.3 Systém varování při opuštění jízdního pruhu	40
4.2.4 Systém nouzového brzdění	41
5 Predikce asistenčních systémů vozidla	43
6 Vlastní zkušenost s elektronickými systémy	45
Závěr	48
Seznam použitých zdrojů	51
Seznam zkratek	54

Úvod

Počátky automobilové dopravy nacházíme na konci 18. století, kdy začaly být konány pokusy s vozidly, která byla poháněna parním strojem. První funkční automobily poháněné spalovacím motorem se na cestách objevily v osmdesátých letech devatenáctého století. Doslova explozi automobilismu přineslo až století dvacáté, a to zejména v jeho druhé polovině, kdy došlo k obrovskému nárůstu počtu automobilů na silnicích, zejména v určitých částech světa.

V průběhu dvacátého století se také zásadně změnila technická vyspělost automobilů. Zatímco automobil z počátku století byl v podstatě kočár, do kterého byl zastavěn jednoduchý spalovací motor, tak na konci století už byl automobil velmi vyspělým technickým výrobkem, v jehož konstrukci se uplatnily velmi pokrokové technologie.

V závěru 20. století se i v konstrukci automobilů začala uplatňovat zásadním způsobem elektronika ve dvou oblastech. Tou první byla oblast řízení motoru, kde splnění emisních norem EURO od počátku devadesátých let vyžadovalo aplikaci moderní elektroniky. Druhou oblastí byly asistenční systémy vozidla, které s využitím nejmodernějších elektronických prvků zásadním způsobem navýšily aktivní bezpečnost automobilů.

Na konci dvacátého století již byly osobní automobily vyšších tříd standardně vybavovány asistenčními systémy, jakými jsou např. ABS a ESP. Je třeba se zmínit, že v některých druzích dopravy se v průběhu dvacátého století uplatnily automatizované systémy řízení a řazení, kde člověk funguje pouze jako pouhý dozor nad konkrétním druhem dopravních prostředků. Letadla nebo námořní lodě jsou schopny se pohybovat po předvolených trasách, aniž by člověk přímo zasahoval do řízení. Obdobně se v železniční dopravě objevují automatizované systémy vedení vlaku, které dokážou automaticky řídit vlak podle stanovených traťových rychlostí a podle aktuální signalizace na návěstidlech.

V automobilové dopravě je to jinak. Při jízdě motorovým vozidlem existuje velké množství různorodých podnětů, na které je nutno reagovat při řízení automobilu. Ty způsobily, že v automobilech dostupné technologie ve dvacátém století neumožnily řízení těchto dopravních prostředků automatizovat a člověk – řidič je stále na prvním

místě, jakožto zásadní faktor řízení. V současné době, tedy v druhém desetiletí 21. století, technika opět pokročila a automatizované systémy řízení automobilů se již experimentálně ověřují v reálném provozu (např. USA).

V rámci této práce, která je zaměřena výhradně na bezpečnostní a asistenční systémy osobních motorových vozidel, budou objasněny principy a využití již velmi rozšířených asistenčních systémů ABS a ESP. Budou zde prezentovány další elektronické systémy, které pomáhají řidičům osobních, ale i nákladních automobilů při ovládní vozidla během jízdy. V závěru práce bude provedena krátká predikce vývoje asistenčních systémů automobilů, které se dokážou pohybovat v silničním provozu bez zásahů řidiče.

V práci bude zahrnuta i praktická zkušenost s vybraným asistenčním systémem, který už je běžnou součástí sériově vyráběných osobních i nákladních automobilů a kterým je systém ABS.

Cílem práce je detailněji seznámit odbornou i laickou veřejnost s elektronickými asistenčními systémy moderních vozidel, provést zhodnocení jejich přínosu v praktickém provozu i prognóza, jakým směrem se bude vývoj těchto systémů vyvíjet v blízké budoucnosti.

K tomu budou využity metody shromažďování dat, jejich analýza a syntéza, metody matematické, grafické i prognostické.

1 Cíl a metodika bakalářské práce

Hlavním cílem bakalářské práce je seznámení s bezpečnostními elektronickými systémy moderních osobních i nákladních vozidel, zhodnocení jejich přínosu v praktickém provozu, zejména z hlediska bezpečnosti, a předložení vlastní prognózy možného vývoje těchto systémů v blízké budoucnosti.

Vedlejším cílem bude provedení analýzy a popisu vybraných bezpečnostních elektronických systémů moderních vozidel určených pro osobní i nákladní přepravu a seznámit tak odbornou veřejnost s jejich funkcemi a možnostmi využití řidičem nebo jejich nasazení a činnosti bez vlivu řidiče během jízdy. Pro jednotlivé kategorie vozidel bude vybrán určitý počet bezpečnostních elektronických systémů, které budou podrobněji popsány po stránce principu jejich fungování. Zároveň bude rozšířena i úvaha o možném výhledu do budoucnosti těchto systémů v rámci silniční dopravy.

Práce bude rozdělena na dvě části, a to část teoretickou, kde budou uvedeny informace o vybraných elektronických systémech, zvyšující bezpečnost jízdy a část praktickou, ve které budou zpracovány vlastní poznatky o využití těchto systémů. Obě části budou obsahovat celkem šest kapitol.

Teoretická část bude zaměřena na samostatný historický vývoj bezpečnostních mechanických a později i elektronických systémů vozidel, a bude proveden rozbor a popis vybraných systémů.

V části praktické, bude proveden popis vlastních zkušeností s bezpečnostním elektronickým systémem – ABS, které byly získány ve škole smyku na mokré skluzové folii na betonové vzletové a přistávací dráze malého letiště.

K tvorbě práce budou využity metody sběru dat, analýzy, syntézy a dedukce, metoda deskriptivní a grafická.

Základním zdrojem informací byla dostupná odborná literatura a internetové zdroje.

2 Elektronické asistenční systémy motorových vozidel-využití

Tato kapitola bude věnována objasnění a seznámení s bezpečnostními elektronickými asistenčními systémy, které jsou v osobních motorových vozidlech zabudovány, a které řidičům těchto vozidel pomáhají v řízení a zejména v ovládání vozidla během jízdy od rozjezdu počínaje do procesu bezpečného brzdění a zastavení vozidla konče.

Současné elektronické asistenční systémy jsou přímo „prošpikovány“ moderní elektronikou a jsou často vzájemně propojeny, tak aby se vzájemně podporovaly nebo ve vhodnou chvíli doplňovaly. Moderní elektronika aktivně napomáhá konstruktérům automobilů výrazně posunout jejich vývoj hned v několika oblastech, kterými jsou:

- oblast aktivní i pasivní bezpečnosti automobilů
- oblast vlivu automobilů na životní prostředí, zejména v oblasti plyných a tuhých emisí spalovacích motorů
- oblast jízdního a uživatelského pohodlí, jak pro řidiče, tak i pro ostatní cestující
- oblast hospodárnosti provozu automobilů.

Samozřejmě nemůžeme zúžit celý vývoj v oblasti automobilismu pouze na elektroniku. V moderním automobilu najdeme také mnoho vyspělých mechanických, hydraulických i pneumatických zařízení. Ale právě doplnění těchto, řekněme, klasických systémů o elektronické prvky zásadním způsobem posunulo možnosti konstruktérů.

A právě obrovská kapacita paměťových modulů a schopnost mikropočítačů zpracovávat velké množství vstupních údajů v rekordně krátkém čase umožnila aplikovat v různých částech automobilů řešení, která usnadňují práci řidiče, zvyšují bezpečnost a komfort. V současné době lze hovořit o několika okruzích elektronických asistenčních systémů. Odborná literatura uvádí, že elektronické asistenční systémy v automobilech je možno rozřadit do následujících okruhů:¹

¹ VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel. Díl 1.* Brno, 2002, s. 2.

- elektronické řazení převodovky a automatické ovládání spojky
- protiblokovací systémy ABS
- protiprokluzové systémy ASR
- elektronická stabilizace jízdy ESP
- regulace rychlosti jízdy
- aktivní odpružení a regulace tlumičů pérování
- klimatizace
- nastavování sedadel s pamětí přednastavených poloh
- automatická regulace hlavních světlometů a systémy nočního vidění
- diagnostika systémů vozidla
- kontrola a udržování bezpečné vzdálenosti
- sledování jízdy v jízdních pruzích
- navigační systémy vozidel
- asistenční systémy usnadňující parkování
- kontrola prostoru spadajícího do mrtvého úhlu zpětných zrcátek
- konektivita individuálních elektronických zařízení (tablet, chytrý telefon)
- automatické řazení

Příklad z praxe:

Ještě před dvěma desítkami let se na našich silnicích pohybovalo mnoho automobilů typu Škoda 105/120, které byly vybaveny klasickým konzervativně řešeným karburátorem. Aby bylo možno motor v zimním období nastartovat a udržet ho v prvních desítkách sekund v provozu, tak bylo nutno velmi citlivě pracovat s ručním nastavením sytiče, systému ruční regulace bohatosti palivové směsi. I zkušeným řidičům se stávalo, že na první křižovatce došlo k zastavení chodu motoru. Ani zařazení do proudu jedoucích vozidel nebylo snadné, neboť motor zpravidla neběžel pravidelně a nepodával dostatečný výkon. To je v dnešní době, kdy máme ráno na první křižovatce k dispozici jen několik sekund k výjezdu z vedlejší ulice, zcela nepředstavitelné. K tomu nám v dnešní moderní době pomáhají moderní motory s turbodmyčadlem nebo s přímými vstřiky paliva. Současné modely automobilů od automobilky Škoda, ale i od ostatních výrobců jsou vybaveny automatickým sytičem. Dnes se zcela spoléháme na to, že elektronická řídicí jednotka zabezpečí od otočení klíčku hladký chod motoru a my se budeme moci plně soustředit na sledování silničního provozu.

3 Nejstarší a nejpoužívanější asistenční systémy

Nejstarší elektronické asistenční systémy se začaly běžně v osobních motorových vozidlech objevovat již v první polovině 20. stol. Mezi nejstarší asistenční, i když ještě mechanický systém, můžeme řadit „Anti-lock Braking System“ dnes známý jako **ABS** systém. Ten je charakterizován jako systém aktivní bezpečnosti vozidla, který zabraňuje zablokování kola při brzdění. ABS systém byl vynalezen v roce 1929, původně pro brzdový systém letadel, francouzským vynálezcem Gabrielem Voisinem. V této době se ještě nejednalo o elektronický brzdový systém, ale o asistenční systém na zcela mechanické bázi.

ASR je systém regulace prokluzu kol vozidla, běžně označovaný zkratkou ASR z anglického Anti-Slip Regulation. Tento systém pomáhá stabilizovat automobil pomocí přibrzdění některého z kol a omezením výkonu motoru, tedy snížením kroutícího momentu, například při rychlém průjezdu zatáčkou.

Dalším asistenčním systémem, který je označovaný zkratkou **ESP**, převzato z anglického „Electronic Stability Program“ což v překladu znamená elektronický stabilizační program. Ten rozšiřuje a doplňuje funkce systémů ABS a ASR tím, že svými zásahy do řízení pomáhá zvládnout krizové situace, které mohou při řízení nastat. Jestliže je zjištěn nestabilní stav jízdních vlastností vozidla dojde samočinně k aktivaci ESP, které vozidlo stabilizuje pomocí cílených brzdových zásahů, kterými vytvoří opačný otáčivý moment, než ten, který dostal vozidlo do smyku.

3.1 ABS

Jedním ze základních prvků aktivní bezpečnosti, jehož zavedení do konstrukce a výroby motorových vozidel spadá do třicátých let minulého století a patří dnes mezi systémy preventivní bezpečnosti současných automobilů, a to jak osobních tak i nákladních. Jedná se o protiblokovací systém brzd, který známe pod všeobecně rozšířenou zkratkou ABS (Anti-lock Braking System). S určitým zjednodušením jej můžeme popsat jako systém, který zabraňuje během brzdění tomu, aby se brzdící kolo

zablokovalo. Přesněji řečeno, aby se intenzivně brzdící kolo stále, aspoň do určité míry odvalovalo.

Průběžné odvalování brzděného kola je základní podmínkou toho, aby si vozidlo i při prudkém brzdění zachovalo svoji směrovou stabilitu a aby ho bylo možné aspoň do určité míry směrově řídit. Zablokované kolo totiž nepřenáší žádnou boční sílu, a tudíž neumožňuje zatočení zpravidla předních kol.² Pokud dojde k zablokování brzděného kola, vozidlo se pak zpravidla dostane do nekontrolovatelného smyku.

Druhá světová válka přinesla zásadní pokrok v oboru letadlové techniky a technické vynálezy z tohoto oboru lidské činnosti se uplatnily i v automobilovém průmyslu. Letadla se stala velmi používanou a nebezpečnou zbraní, ale také důležitým přepravním prostředkem lidí a materiálu.

Jedním z velkých problémů, se kterými se konstruktéři letadel potýkali, bylo přistání letadel na vzletových a přistávacích drahách, které vykazovaly velmi nízký koeficient smykového tření. Týkalo se to zejména drah travnatých a s nezpevněným povrchem, ale také drah betonových, pokud byly mokré, namrzlé nebo jinak významně znečištěné. Pokud docházelo při nutném intenzivním brzdění k blokování kol podvozku. To vedlo k různým problémům, jakými byly poškozené pneumatiky, jejich lokální odření, případně prodření, a k těm horším patřila ztráta směrové stability nebo vyjetí z dráhy v důsledku smyku. U letadel, která nebyla vybavena předřovým podvozkem, kterých byla v té době většina, mohlo dojít na dráze, která byla pouze lokálně kontaminována, i k převrácení letadla na záda.

V padesátých letech dvacátého století, konkrétně v roce 1952 se společnosti Dunlop podařilo vyvinout systém MAXARET, který působil jako ochrana proti zablokování kol u letadel. Zkoušky prokázaly zkrácenou brzdovou dráhu až o 30% a zabránění poškození pneumatik i brzdových destiček, což dříve vznikalo jako důsledek blokování kol. Systém MAXARET pracoval čistě na mechanicko-hydraulické bázi.

V roce 1966 zahájila malá britská automobilka Jensen prodej svého nového, ale do značné míry revolučního, modelu sportovního vozu Jensen FF. Jednalo se o první sériově vyráběný sportovní vůz, který byl vybaven pohonem všech kol, který byl také

² AUTOLEXICON.NET. *ABS (Anti-lock Braking System)*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>>.

vybaven protiblokovacím systémem brzd. Jednalo se o systém MAXARET, který byl modifikován pro použití v automobilu, i když byl systém původně zaveden v letectví. Automobil Jensen FF byl však konstrukčně značně složitý, těžký a drahý. Celkově bylo vyrobeno jen asi něco přes tři sta těchto vozů.³

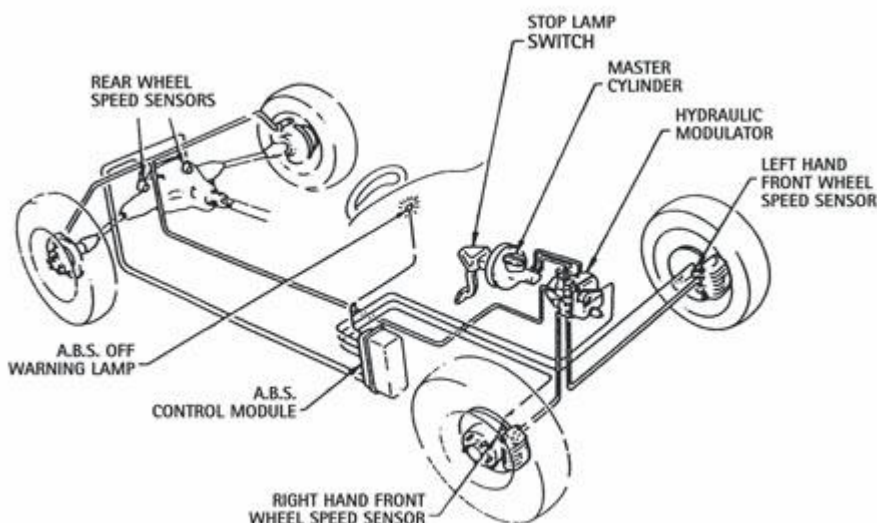
Konstruktéři v průběhu doby dospěli k závěru, že ke spolehlivému fungování protiblokovacího zařízení brzděných kol v automobilu je třeba, aby bylo vybaveno elektronickou řídicí jednotkou. Ta je totiž jediná schopna dostatečně rychle reagovat na vzniklou situaci a na základě několika vstupních informací spolehlivě generovat a předávat řídicí povely pro brzdový systém.

Na přelomu šedesátých a sedmdesátých let dvacátého století vybavil americký Ford své nejluxusnější modely Thunderbird a Continental Mark elektronicky řízeným protiblokovacím systémem kol nazvaný Sure – Track, jako volitelným doplňkem. Tento systém působil jen na zadní kola automobilů, které s ním byly vybaveny. Zajišťoval tedy významné zlepšení podélné stability vozu při intenzivním nebo panickém brzdění.

Teprve v roce 1978 zavedla německá automobilka Mercedes Benz do sériové výroby systém ABS Bosch s elektronickým ovládním brzdového systému, který působil na všechna čtyři kola automobilu. Na rozdíl od systému Ford Sure – Track tento nový asistenční systém umožňoval, aby se vozidlo dalo i v průběhu intenzivního brzdění řídit předními koly, která se stále do jisté míry odvalovala.

³ HAGERTY. *Anti-lock Brakes: Who Was Really First?* [Online]. 2013 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<https://www.hagerty.com/articles-videos/articles/2013/04/09/antilock-brakes>>.

Obr. 1: Hlavní části systému ABS⁴



wheel speed sensor – senzor rychlosti otáčení kol

a.b.s. control module – řídicí jednotka ABS

a.b.s. off warning lamp – výstražná kontrolka systému ABS na přístrojové desce

stop lamp switch – spínač brzdových světel

master cylinder – hlavní brzdový válec

hydraulic modulator – modulátor brzdového tlaku do jednotlivých větví ABS

S využitím jednoduchého schématu na obr. 1. lze blíže představit, jak protiblokovací systém ABS funguje v praxi. Při zapnutém zapalování a v libovolném jízdním stavu snímají snímače otáček na všech čtyřech kolech signály, které jsou potřebné pro výpočet obvodových rychlostí kol a posílají je dál na řídicí jednotku. Když řídicí jednotka z přijímaných signálů rozpozná nebezpečí blokování, spustí v hydraulické jednotce čerpadlo pro zpětnou dodávku brzdové kapaliny pro magnetické ventily brzdového systému příslušných kol. Každé přední kolo je ovlivňováno přes jemu přiřazený pár elektromagnetických ventilů tak, aby – nezávisle na jiných kolech - mohlo optimálně přispět k brzdění.⁵

⁴ MAXGRAPHX.COM. *Abs-diagram*. [Online]. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.maxgraphx.com/schemamecanique/Freins/slides/abs-diagram.html>>.

⁵ VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel. Díl 2*. Brno, 2002, s. 304-305.

Obě zadní kola jsou brzděna stejnou intenzitou, jelikož mají společné tlakové potrubí, přičemž rozhodující pro zásah ABS regulace je kolo s nižší přilnavostí. Důsledkem toho je, že kolo, které by teoreticky mohlo brzdit lépe, je mírně nedobrzděno. To má velmi příznivý vliv na stabilitu vozidla při brzdění.

Pro každou brzdou větev jsou v brzdovém systému vozidla zařazeny dva elektromagnetické ventily a řídicí jednotka je přepíná do třech možných stavů, kterými jsou:

- a) stav, kdy ventily kol jsou **v základním stavu**, to znamená, že vstupní je otevřený a výstupní uzavřený a kdy hlavní brzdový válec a brzdové válečky jsou přímo propojeny; zároveň tlak na brzdový pedál je přenášen na brzdy,
- b) ve druhém stavu brzdění je působením elektrického proudu uzavřen vstupní ventil a výstupní ventil zůstává v základním, tedy v uzavřeném stavu a hlavní brzdový válec je od příslušné větve brzdového potrubí oddělen, ale v příslušné brzdě zůstává konstantní tlak,
- c) třetí stav odbrzdění znamená, že působením elektrického proudu jsou oba elektromagnetické ventily ve změněném stavu, kdy je vstupní ventil uzavřený a výstupní otevřený. Příslušné brzdy jsou propojeny s čerpadlem pro zpětnou dodávku brzdové kapaliny a tlak v brzdách klesá.

Vzhledem ke krátké reakční době, kterou umožňuje elektronické řízení systému ABS, je možno za 1 sekundu uskutečnit 12 až 16 regulačních cyklů.

Pro správnou funkci protiblokovacího systému ABS by bylo ideální, kdyby řídicí jednotka ABS znala skutečnou rychlost vozidla. Její měření se ale v naprosté většině případů odvozuje od rychlosti otáčení jednotlivých kol. To však není při intenzivním brzdění praktické, neboť u kol může docházet ke skluzu. Proto pracuje systém ABS s veličinou tzv. „referenční rychlost vozidla“, kterou se označuje proces, kdy řídicí jednotka provádí kalkulaci rychlosti tak, že vytváří tzv. „diagonálu“, kdy vychází z rychlosti kol předních a zadních kol na opačných stranách vozidla, tedy křížem. Na této diagonále potom rychleji se otáčející kolo stanovuje referenční rychlost. V průběhu intenzivního brzdění není ani toto zjišťování rychlosti spolehlivé a ve skluzu mohou být obě kola na diagonále. Řídicí jednotka si tedy během regulační fáze referenční rychlost sama počítá z rychlosti na počátku brzdění a předpokládaného zpomalování vozidla.

V současné moderní době má tento asistenční a bezpečnostní elektronický systém řadu modifikací. Jednou z nich je elektronický systém ABSplus nebo systém ABS + CBC.

Systém ABSplus je zdokonalený protiblokovací systém ABS, vyvinutý automobilkou Volkswagen speciálně pro offroadové a SUV vozy. Tento systém nyní patří k sériovému vybavení a je důležitým prvkem aktivní bezpečnosti vozidla. Systém dokáže zkrátit brzdovou dráhu vozidla na nepevném povrchu (písek, štěrk) až o 20% tím, že hrne částičky nepevného povrchu před částečně zablokovaná kola. Tím vytváří brzdící klín, který zvyšuje účinnost brzdění.⁶

Systém ABS + CBC byl představen automobilkou BMW v roce 1997. Zkratka CBC pochází z anglického Cornering Brake Control, což znamená brzdění v zatáčkách. Tento asistenční systém byl navržen jako doplnění a vylepšení současného systému ABS. Systém CBC svou funkcí výrazně potlačuje stáčivé momenty působící kolem svislé osy vozu, které vznikají při brzdění v zatáčkách. Systém ABS + CBC funguje tak, že upravuje velikost brzdícího tlaku působícího na jednotlivá kola zvlášť, automobil proto brzdí mnohem efektivněji a intenzivněji v zatáčkách.⁷

3.2 ESP

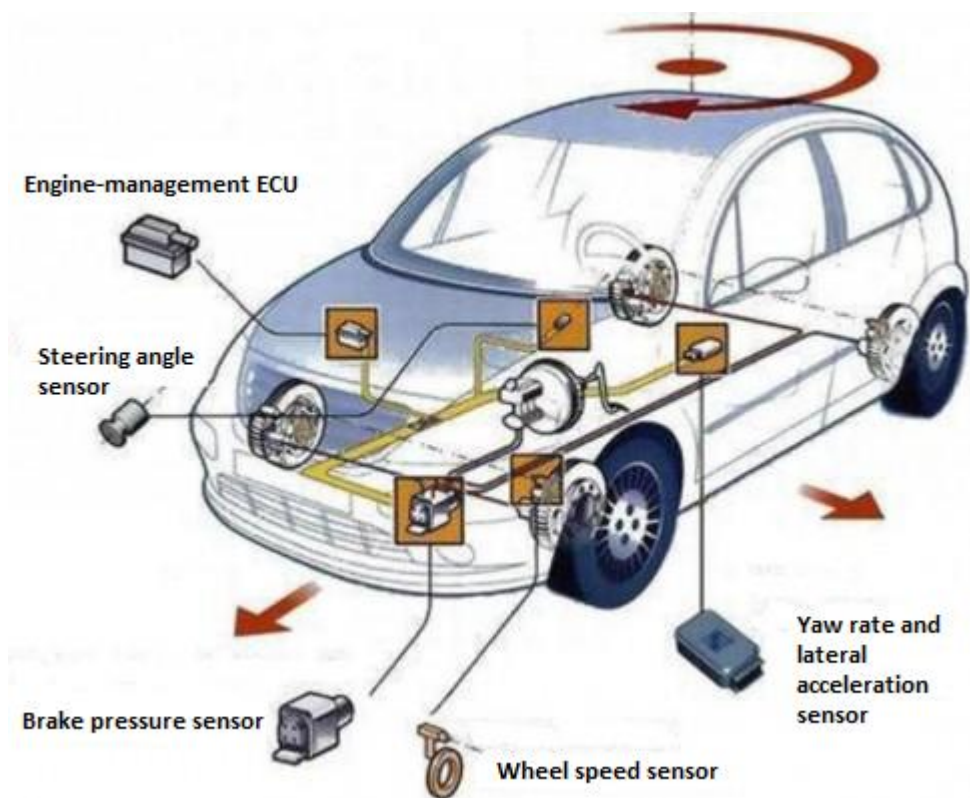
Kromě ABS je dalším velmi rozšířeným asistenčním systémem aktivní bezpečnosti ESP. V českém překladu používáme označení elektronický stabilizační program, což je odvozeno z anglického ESP, tedy Electronic Stability Programme. Na rozdíl od systému ABS, který je aktivován při brzdění, zasahuje systém ESP i při jízdě ustálenou rychlostí vždy, když detekuje rozpor mezi tím, kam řidič vozidlo směřuje a tím, kam vozidlo skutečně jede.⁸

⁶ AUTOLEXICON.NET. *ABSplus*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/absplus/>>.

⁷ AUTOLEXICON.NET. *ABS + CBC (Cornering Brake Control)*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-cbc-cornering-brake-control/>>.

⁸ AUTOLEXICON.NET. *ESP (Electronic Stability Programme)*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>>.

Obr. 2: Hlavní části systému ESP⁹



steering angle sensor – snímač natočení volantu

engine- management ECU – řídicí jednotka motoru

yaw rate and lateral acceleration sensor – snímač příčného zrychlení a rotace vozidla kolem svislé osy

wheel speed sensor - senzor rychlosti otáčení kol

brake pressure sensor – snímač tlaku brzdové kapaliny

Na obr. 2. jsou popsány jednotlivé části systému ESP a jejich funkce. Stabilizace jízdy vozidla je dosažena samočinnými zásahy ze strany řídicí jednotky ESP do brzd jednotlivých kol a hnacího momentu motoru bez zásahu řidiče. Zjistí-li systém prostřednictvím snímačů příčně dynamický kritický stav vozidla, dochází k přibrzdění příslušných kol, tím se vytvoří točivý moment kolem svislé osy vozidla, který kompenzuje nežádoucí nedotáčivý, popř. přetáčivý pohyb vozidla.¹⁰

⁹ SEBASTIENRAMASSAMY. *ESP : Electronic Stability Program*. [Online]. 2013 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<https://sebastienramassamy.wordpress.com/2013/12/15/esp-electronic-stability-program/>>.

¹⁰ VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel. Díl 2*. Brno, 2002, s. 345.

Na rozdíl od systému ABS, který ovládá jen sílu brzdění jednotlivých kol, pracuje systém ESP i se zásahy do točivého momentu motoru. Například zpomalení vozu při průjezdu obloukem může zvýšit účinnost natočení předních kol a tím omezit tendence k nedotáčivému chování vozu u automobilů s motorem vpředu a pohonem předních kol.

Stabilizace pomocí přibrzdování kol tak trochu připomíná řízení pásových vozidel přibrzdováním příslušného pásu. Pokud hrozí vybočení zadní části vozu při přetáčivém pohybu vozidla, jsou přibržděna kola na vnější straně oblouku a na přední kolo působí větší brzdná síla než na zadní. U nedotáčivého pohybu vozidla dochází ke korekci jízdní dráhy brzděním kol na vnitřní straně oblouku, kdy vyšší brzdná síla působí na zadní kolo. Podle aktuální situace je tímto systémem také regulován hnací moment motoru.

Implementace systému ESP přinesla do sériové výroby v roce 1995 další zásadní zvýšení aktivní bezpečnosti osobních automobilů, ale jízdní stabilita nákladních vozů, autobusů a souprav byla řešena později.

V roce 1995 se stal Mercedes Benz řady „E“ prvním sériově vyráběným automobilem, který mohl být vybaven systémem ESP. V roce 1997 ovšem došlo k události, která urychlila vývoj systému ESP a jeho aplikaci i u vozů nižších tříd. Redakce švédského motoristického časopisu tehdy podrobila v té době nový Mercedes Benz třídy „A“ tzv.: „losímu testu“, což je prakticky simulace nenadálého vyhýbacího manévru. K tomu dochází obvykle při rychlostech od 70 km/h výše, kdy dochází ze strany řidiče ke ztrátě ovladatelnosti vozu. Vůz Mercedes Benz třídy „A“, který nebyl vybavený systémem ESP však neztratil pouze směrovou stabilitu, ale rovnou se převrátil. Reakcí na to bylo, že automobilka Mercedes Benz vybavila i svůj nejmenší model systémem ESP sériově. Vzhledem k tomu, že ESP mělo pozitivní vliv na stabilitu vozu a bezpečnost osádky vozidla, proto i ostatní výrobci osobních motorových vozidel začaly tento systém montovat do svých vozidel.

Tento trend byl završen tím, že systém ESP se stal tak důležitou součástí osobních motorových vozidel, že Evropská unie k povinnosti vybavit vozidla tímto systémem přijala legislativu. Podle nařízení Evropské komise musí být všechny automobily nově homologované po 1. listopadu 2011 vybaveny systémem ESP. Zdokonalené verze ESP,

které zahrnují implementaci dalších bezpečnostních prvků, které byly pro odlišení přejmenovány na ESC z anglického Electronic Stability Control.¹¹

¹¹ AUTOLEXICON.NET. *ESP (Electronic Stability Programme)*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>>.

4 Současné bezpečnostní asistenční elektronické systémy

Současné elektronické asistenční systémy jsou velmi spolehlivými pomocníky řidiče motorových vozidel. Zároveň zvyšují bezpečnost provozu na pozemních komunikacích a také komfort běžné jízdy. Tyto asistenční systémy jsou součástí výbavy vozidla proto, aby umožnily řidičům včas reagovat na různé a často nenadálé změny v provozu na pozemních komunikacích, na meteorologické změny a jiná obdobná nebezpečí.

4.1 Osobní vozidla

Současná osobní motorová vozidla obsahují řadu bezpečnostních elektronických asistenčních systémů, které jednak ovlivňují řízení a ovládání vozidla za jízdy, a jednak přinášejí jízdní komfort řidiči i osádce vozidla. Tyto systémy také umožňují rychlou a spolehlivou komunikaci osádky s okolním světem, a také umožňují snadnou orientaci v terénu a dodržování zvoleného směru jízdy nebo rychlosti.

V této části práce budou krátce představeny další elektronické asistenční systémy osobních motorových vozidel, kterými jsou:

- 1) Parkovací asistent**
- 2) Asistent jízdy v kolonách**
- 3) Systém sledování značek, chodců a cyklistů**
- 4) Adaptivní tempomat**

4.1.1 Parkovací asistent

V devadesátých letech dvacátého století začalo být tvarování karoserií osobních automobilů stále pod větším vlivem zvyšujících se bezpečnostních požadavků. To vedlo mimo jiné k tomu, že zasklená plocha vozu, zejména po stranách se začala výrazně zmenšovat, neboť okna, která nejsou do karoserie vlepena, významně snižují její strukturální pevnost. Zároveň se důsledkem snahy výrobců o dosažení co největšího zavazadlového prostoru, se v zádi vozu zvýšila výše spodní hrany zadního okna, což vedlo opět ke snížení rozhledových možností řidiče.

Důsledkem snahy o nejaerodynamičtější tvar vozu bylo i to, že z místa řidiče obvykle není vidět přední hranu kapoty motorového prostoru. Toto všechno přispělo k tomu, že výhled z vozu se pro řidiče všemi směry, mimo dopředu, zásadním způsobem zhoršil. Důsledkem toho je, že při parkování řidič rozměry svého vozu spíše odhaduje, než aby viděl jeho rohy. Navíc došlo k zásadnímu zhuštění zejména městského provozu a nalezení parkovacího místa ve městě se často podobá výhře v loterii.

Všechny uvedené skutečnosti vedly odborníky z oblasti vývoje automobilů k tomu, aby se pokusili parkování, které je pro část řidičů velmi náročným úkonem, usnadnit. Prvním krokem, který se podařil, byla aplikace tzv.: „*parkovacích senzorů*“, které jsou podstatou parkovacího asistenta.

Parkovací senzory vozidla jsou vlastně snímače instalované na zádi vozidla, které se skládají z vysílače a přijímače. Každý snímač jednotlivě vysílá a přijímá ultrazvukové signály o frekvenci 30 kHz.¹² Z času od vyslání do zachycení odraženého signálu dokáže snímač vypočítat vzdálenost k překážce. Snímače mohou být rozmístěny ve vzdálenosti maximálně 80 cm od sebe. To je kvůli tomu, že při couvání se musíme vyhnout nejen kolizi s překážkami plošného charakteru, jako jsou příď nebo zád' jiného vozu nebo zeď, ale neměli bychom narazit ani do značky, sloupu veřejného osvětlení nebo stromu.

¹² VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel. Díl 2.* Brno, 2002, s. 522.

Měření vzdálenosti od překážek, které nemají plošný charakter, probíhá pomocí triangulace¹³, kdy je vzdálenost od překážky změřena dvěma různými snímači a systém pak vzdálenost od vozu dopočítá. Parkovací senzory jsou pouze indikátorem vzdálenosti od překážky, která je indikována zpravidla na displeji přístrojového panelu automobilu. Vzdálenost od překážky, zpravidla menší než 1 metr je indikována výrazným, dobře slyšitelným akustickým signálem „pípáním“ s proměnlivou frekvencí.

Vyšším stupněm využití parkovacích senzorů v automobilovém průmyslu a ve zkvalitnění bezpečnosti během parkování, zejména mezi další vozidla, bylo instalování moderních ultrazvukových čidel zejména do osobních motorových vozidel. Tato čidla umožňují spolehlivé a velmi přesné měření vzdálenosti a rychlou komunikaci s řídicí jednotkou vozidla. Tato čidla byla doplněna zadním, a u vozidel vyšší třídy, i předním kamerovým systémem, který pomáhá řidiči při parkování lépe se orientovat v prostoru.

Využití ultrazvukových čidel v konstrukci vozidel pomohlo vývojovým pracovníkům při dalším významném kroku k usnadnění obsluhy automobilu, kterým je nový druh parkovacího asistenta. Jde o asistenční systém umožňující ***poloautomatické parkování*** do řady podélně parkujících vozidel.

Pokud je systém poloautomatického parkování aktivován a řidič projíždí se svým automobilem sníženou rychlostí do 40 km/h podél řady podélně parkujících vozidel a vyhledává vhodná místa pro zaparkování. Použitím příslušného ukazatele směru řidič systému indikuje, na které straně vozovky má vyhledávat mezi zaparkovanými automobily vhodnou mezeru. Pokud má systém detekovat mezeru mezi zaparkovanými automobily, nesmí boční odstup mezi vozidly přesáhnout 1,5 m. Pokud je mezera dostatečně velká, aby tam vůz dokázal nacouvat. Vhodná mezera musí zhruba o jeden metr přesahovat délku parkujícího automobilu. Na multifunkčním displeji vozidla se objeví zpráva „Parkovací místo nalezeno“. Poté je řidič naveden na správnou počáteční pozici pro provedení manévru, a to vedle automobilu stojícího ve směru jízdy před mezerou, a dále dostane pokyn k zařazení zpátečky. Zařazením zpátečky je aktivován parkovací asistent a na multifunkčním displeji se objeví příslušná zpráva „Aktivní zásah do řízení! Sledujte okolí vozu!“.

¹³ AUTOLEXICON.NET. *Park Assist (parkovací asistent)*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/park-assist-parkovaci-asistent/>>.

Řidič uvede vůz do pomalého pohybu a otáčení volantem probíhá samočinně. S pomocí couvacích senzorů je řidič upozorněn na ukončení couvání. Pokud by byla mezera mezi vozidly krátká, může být řidič vyzván k popojetí dopředu, případně i opětovnému couvání a popojíždění dopředu. Volantu si při těchto manévrech řidič nevšímá. Řidič během celého manévru ovládá pohyb vpřed a vzad pouze plynem a celý manévr musí obezřetně monitorovat. V případě hrozící kolize s chodcem nebo nějakou překážkou musí řidič aktivně zasáhnout, pokud pohne s volantem, tak je parkovací asistent deaktivován.

Dalším stadiem vývoje parkovacího asistentu je jeho ***plně automatická verze parkování***. Ta může být namontována v automobilu, který je vybaven automatickou převodovkou. Od výše popsaného systému se odlišuje tím, že řidič nemusí dělat nic, jen obezřetně sledovat okolí vozu a v případě hrozící kolize zasáhnout aktivně do řízení. Volba směru jízdy zařazením příslušného rychlostního stupně a pomalé popojíždění probíhá zcela automaticky.

Nejmodernější parkovací asistenty umožňují i výběr mezi parkováním podélným a příčným. Automobilka BMW nabízí od roku 2016 u vybraných luxusních modelů vybavených automatickou převodovkou plně automatizované parkování v podélném i příčném směru.

Dalším zlepšením parkování je zejména u velkých limuzín a SUV doplnění ***parkovacího asistenta parkovací kamerou***, která sleduje prostor za zádí vozu. Pro velkou část řidičů je to poměrně nepříjemný pocit, když automatika směřuje mohutnou zád' vozu někam do neznáma, ale parkovací kamera na bázi videa umožňuje řidiči snadno rozpoznat překážky, které se nacházejí v prostoru za vozidlem i vedle něj. Parkovací kamera se automaticky aktivuje, jakmile je zařazena zpátečka. Na displeji navigačního systému pak uvidíme, zda je prostor za vozidlem volný. Parkovací kamera pracuje pouze v rámci zorného pole svého objektivu. Obraz z kamery je na displeji navigačního systému doplněn pomocnými liniemi, které se přizpůsobují aktuálnímu úhlu natočení volantu vozidla. Tento systém je velmi dobrým pomocníkem také při propojování přípojného vozíku. V současnosti je možné využít parkování pomocí dálkového ovládní, nebo pomocí chytrého mobilního telefonu.

4.1.2 Asistent jízdy v kolonách

Každý kdo jezdí automobilem v provozu velkých měst a jejich blízkém okolí, se často setkává s nudnou a otravnou jízdou v pomalu se pohybujících kolonách. Pro řidiče je řízení v takových podmínkách velmi nepříjemné, protože ujetá vzdálenost za časovou jednotku je zpravidla velmi malá, ale řidič musí být stále plně soustředěn. Neustálé sledování pohybu vozidel před sebou, opakované rozjíždění a zastavování je velmi únavné.

Vývojoví pracovníci v automobilovém průmyslu se i nad problematikou usnadnění jízdy v pomalu se pohybujících kolonách zamysleli a určitou stavebnicí, která je sestavena ze systémů již známých, dokázali přijít s novým vhodným asistenčním systémem – *ASISTENTA JÍZDY V KOLONÁCH*, který můžeme najít také v nejnovějším modelu Superb automobilky Škoda.¹⁴ V následujících odstavcích se můžeme podívat na to, z jakých komponentů se tento systém skládá a trochu si popsat jejich funkci.

Prvním důležitým komponentem, kterým musí být automobil vybaven, je systém „ACC“ (z anglického Autonomous Cruise Control), který v češtině nejčastěji nazýváme „*adaptivním tempomatem*“.

Tento tempomat umí udržovat řízením motoru předem nastavenou rychlost, která u vozidel s manuální převodovkou musí odpovídat rozsahu dostupnému pro daný zařazený rychlostní stupeň. Tempomat je zpravidla možné používat od určité minimální rychlosti, zpravidla od 30 km/h.

Další důležitou součástí systému „*asistenta jízdy v kolonách*“ je laserový nebo radarový měřič vzdálenosti, který je umístěn v přední masce nebo nárazníku automobilu. Ten umožňuje sledovat vzdálenost vozidla jedoucího před vozidlem vybaveným ACC, případně s pomocí řídicí jednotky počítat rychlost změny této vzdálenosti. *Adaptivní tempomat* dokáže v určitém rozsahu přizpůsobit rychlost vpředu jedoucímu vozidlu, dodržovat bezpečný odstup od tohoto vozidla. V případě nutnosti adaptivní tempomat vozidlo i přibrzdí, případně u vozidla s manuální převodovkou

¹⁴ ŠKODA Storyboard. *Superb s inovativními bezpečnostními systémy*. [Online]. 2015 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z WWW: <<https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy/nova-skoda-superb-tiskova-mapa/>>.

na multifunkčním displeji upozorní na nutnost změny rychlostního stupně. Stejně jako u dalších asistenčních systémů se ani v tomto případě nejedná o autopilot, který zcela automaticky dokáže správně zareagovat na všechny situace, ke kterým může v běžném provozu dojít. I při použití ACC musí řidič pozorně sledovat provoz a v případě potřeby do řízení rychlosti vozidla aktivně zasáhnout.¹⁵

- Druhým důležitým komponentem systému asistenta jízdy v koloně je také systém Lane Assistant, což překládáme do češtiny jako asistent pro udržování vozu v jízdním pruhu. Tento asistent významně snižuje riziko nechtěného opuštění zvoleného jízdního pruhu. Ke správnému fungování tohoto systému je nutné, aby byla vozovka opatřena dostatečně zřetelným a kontrastním vodorovným dopravním značením, což bohužel není v České republice samozřejmostí.

Senzorem celého systému je zpravidla kamera, která je umístěna za čelním sklem pod jeho horním okrajem v oblasti pod vnitřním zpětným zrcátkem, aby řidiči neomezovala výhled čelním sklem. Obraz z kamery je dále elektronicky zpracováván zejména s ohledem na identifikaci vodorovného dopravního značení na principu kontrastu mezi barvou vozovky a barvou dělicích nebo vodících čar. Pokud začne vůz vybavený tímto systémem vyjíždět ze svého jízdního pruhu a systém to detekuje jako neúmyslné vyjetí, protože není dáván signál o změně směru jízdy, tak systém varuje jednak opticky na multifunkčním displeji a dále se může jednat o výstrahu rozvibrováním volantu.

Pokud systém vyhodnotí, že řidič na výstrahy nereaguje, tak lehkým zásahem do řízení vůz opět vrátí do správného směru. Systém zpravidla funguje až od určité rychlosti, nejčastěji od 60 km/h. Pokud řidič proti působení systému na volantu zapůsobí silou, dojde k deaktivaci asistenčního systému.¹⁶

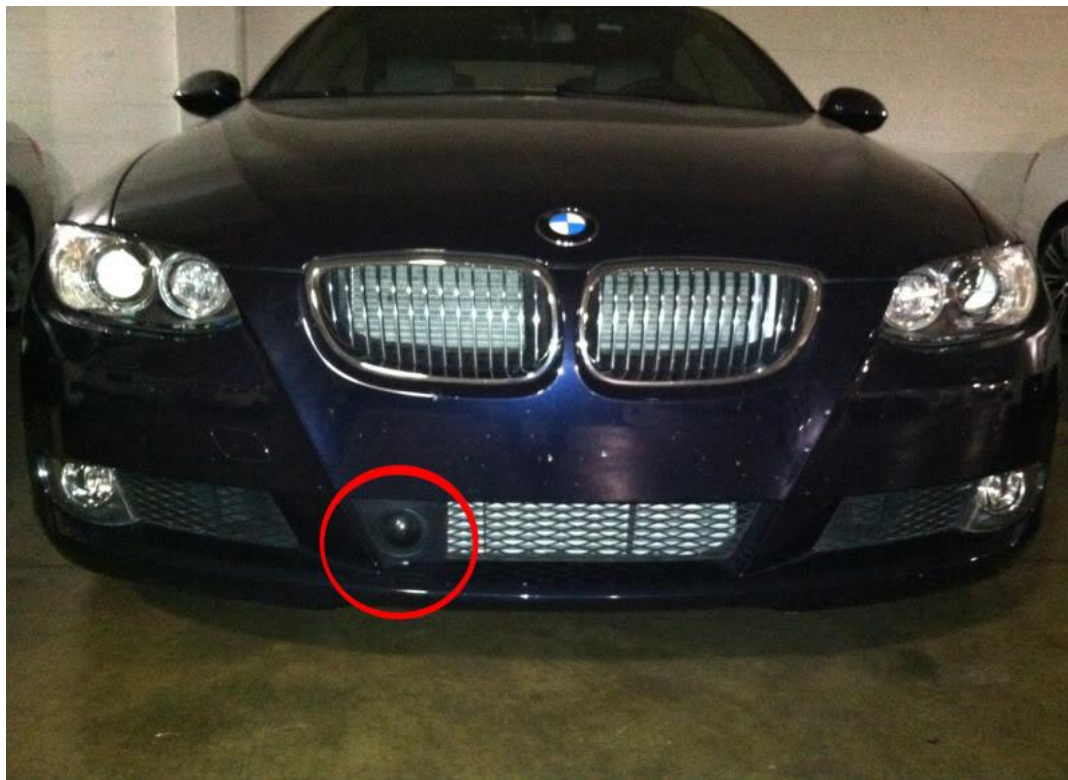
- Posledním nezbytným komponentem asistentu jízdy v kolonách **je automatická převodovka**. V tomto případě se jedná o notoricky známou záležitost, která má za sebou desítky let vývoje. Pro automatizaci jízdy v koloně je automatická převodovka nezbytně

¹⁵ TIPCARS. *Jak funguje adaptivní tempomat v praxi?*. [Online]. 2006 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.tipcars.com/magazin-jak-funguje-adaptivni-tempomat-v-praxi-2058.html>>.

¹⁶ BESIP. *Systém sledování jízdního pruhu*. [Online]. 2012 [cit. 2017-02-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti/system-sledovani-jizdniho-pruhu>>.

nutná, protože kolony se často pohybují nízkou rychlostí až do úplného zastavení. A naopak někdy se kolona rozjede i na rychlost nad 70 km/h.

Obr. 3: Červený kroužek označuje umístění senzoru pro měření vzdálenosti u automobilu BMW¹⁷



4.1.3 Systém sledování značek, chodců a cyklistů

U dalšího asistenčního systému se automobilová doprava inspirovala provozem na železnici. Moderní vlaky jsou na stanovišti strojvedoucího vybaveny takzvaným opakovačem návěstidel, na kterém se strojvedoucímu zobrazuje stejný signál, který ukazuje návěstidlo, ke kterému se vlak blíží. Tento systém má tu výhodu, že i za zhoršené viditelnosti jako je mlha, hustý déšť, sněžení nedojde k přehlédnutí návěstidla nebo nezaregistrování jeho signálu.

Na silnici je situace o něco komplikovanější, neboť provoz je zpravidla upraven dopravními značkami, které zpravidla nejsou světelného kontrastního charakteru.

¹⁷ F80. BIMMERPOST. COM. ACC- Active Cruise Control. [Online]. 2014 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://f80.bimmerpost.com/forums/showthread.php?t=984035>>.

Technické řešení systému TSR (z anglického Traffic Sign Recognition) spočívá v tom, že kamera s vysokou rozlišovací schopností, která je umístěna za čelním sklem motorového vozidla pod jeho horním okrajem v oblasti pod vnitřním zpětným zrcátkem. Toto umístění bylo zvoleno proto, aby řidiči neomezovala výhled čelním sklem, který během jízdy sleduje prostor před vozidlem.

Řídící jednotka systému TSR porovnává sledovaný obraz s databází základních dopravních značek, kterou má uloženou v paměti. Pokud dojde ke shodě mezi zaznamenaným obrazem a značkou z databáze, tak se značka objeví na multifunkčním displeji na přístrojové desce automobilu. Zobrazují se zpravidla hlavní zákazové a příkazové značky. To proto, aby nedocházelo k zahlcení řidiče přívalem dopravních značek. Po projetí kolem této značky, se značka po určitém čase zobrazení začne zobrazovat méně výrazně, až postupně z displeje zmizí.

Systém sledování značek není systém, který by sám o sobě dokázal řešit nějaké krizové situace. Jde spíše o další ukázkou toho, jak bylo nalezeno další využití pro kameru s vysokou rozlišovací schopností umístěnou v automobilu. TSR asistent může řidiči například pomoci, když usilovně vyhlíží vhodné místo pro předjetí před ním jedoucím vozidlem, tím, že ho upozorní na přehlédnutou značku „zákaz předjíždění“. Jeho funkce je tedy spíše preventivní. Zároveň si ale musíme klást otázku, jestli je vhodné, aby se řidič snažil sledovat velké množství informací na multifunkčním displeji místo toho, aby se plně věnoval sledování skutečného provozu před vozidlem a zda umístění tohoto asistenta do vozidla nebude příčinou dopravních nehod.

Kromě výše popsaného systému sledování značek, který se zaměřuje pouze na sledování statických objektů, už vývoj pokročil tak daleko, že je možno detekovat i objekty dynamické, tedy pohyblivé.

Technici od společnosti Volvo v roce 2010 představili systém, který dokáže rozpoznávat chodce a předcházet kolizím s nimi. O několik let později představili také modernizaci tohoto systému, která dokáže rozpoznat cyklisty před vozem a opět umožňuje lépe předcházet kolizi s nimi.¹⁸ Při vytváření tohoto systému vývojoví pracovníci vycházeli z toho, čím už jsou špičkově vybavené automobily hardwarově

¹⁸ BBC. *Volvo unveils cyclist alert-and-brake car systém*. [Online]. 2013 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.bbc.com/news/technology-21688765>>.

vybaveny a vlastní vývojové práce probíhaly zejména v oblasti tvorby a ladění software. Systém sledování chodců a cyklistů využívá následující komponenty:

- Od systému ACC (adaptivní tempomat) si půjčuje radarový senzor, který je umístěn v masce vozu a také systém automatického brzdění vozidla.
- Kameru s vysokým stupněm rozlišení, která je umístěna za čelním sklem těsně pod jeho horním okrajem, už známe ze systémů Lane Assistant (asistent pro jízdu v pruzích) a TSR (systém rozpoznávání dopravních značek).

A jak systém TSR pracuje? Radarový senzor detekuje dynamický objekt před vozidlem a získaný radarový odraz řídicí jednotka vybavená velmi výkonným procesorem analyzuje společně s obrazem získaným z vysoce citlivé kamery. Pokud po zpracování dostupných informací řídicí jednotka vyhodnotí zaznamenaný objekt jako chodce nebo cyklistu, a zároveň, že se tento objekt pohybuje takovým směrem, že hrozí kolize s automobilem, tak vyšle akustický varovný signál k řidiči. V tu chvíli je řidič varován dostatečně slyšitelným akustickým signálem a zároveň je řídicí jednotkou aktivován systém automatického brzdění.

Obr. 4: Systém detekuje pohybující se objekty před vozidlem (chodci, cyklisté)¹⁹



Systém sledování chodců a cyklistů je dalším asistenčním systémem, který může přispět ke zvýšení aktivní bezpečnosti. Na rozdíl od systému rozpoznávání dopravních

¹⁹ BBC. *Volvo unveils cyclist alert-and-brake car systém.* [Online]. 2013 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.bbc.com/news/technology-21688765>>.

značek nijak nerozptyluje řidičovu pozornost a dává o sobě vědět pouze v případě hrozící kolize. Otázkou zůstává jeho spolehlivost v hustém městském provozu s velkým množstvím aut, cyklistů i chodců. Mohlo by se snadno stát, že by mohl spíše řidiče obtěžovat množstvím falešných poplachů a nouzové brzdění před imaginárními překážkami by mohlo způsobit klasické městské kolize v kolonách způsobené nedobrzděním.

4.1.4 Adaptivní tempomat

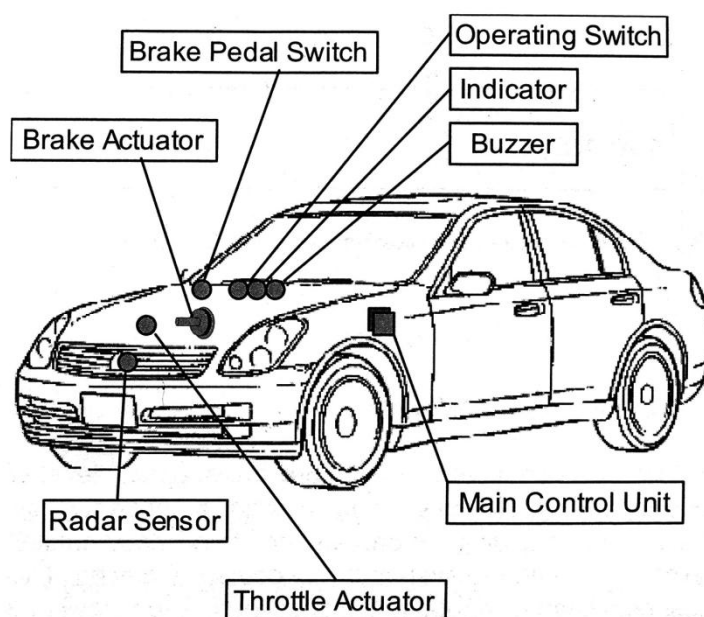
Adaptivní tempomat ACC (z anglického Autonomous Cruise Control), je klasický tempomat doplněný senzorem, který snímá vzdálenost od před ním jedoucího vozidla. Systém adaptivního tempomatu zvládne samočinně přibrzdit, ale i zastavit vozidlo za předpokladu, že je vozidlo vybaveno automatickou převodovkou. Jestliže je vozidlo vybaveno manuální převodovkou, objeví se na multifunkčním displeji upozornění na změnu převodového stupně. Poté se dokáže vozidlo znovu rozjet a zrychlit na předem nastavenou rychlost podle aktuální dopravní situace před vozidlem, čímž dodržuje nastavenou bezpečnou vzdálenost od vozidla jedoucího před ním.

Nápad regulace a udržování konstantní rychlosti pochází již z doby parních strojů. V té době se o to staral odstředivý regulátor, podobný způsob se používal i u benzínových motorů, který reguloval příděl paliva do válců. Současný tempomat si patentoval po desetiletém vývoji slepý Ralph Teetor v roce 1945. Poprvé se tento tempomat komerčně objevil v roce 1958 v Chrysleru Imperial. Adaptivní tempomat do automobilového průmyslu přineslo Mitsubishi v roce 1995. Donedávna byly výsadou luxusních vozů a vozů vyšší třídy. Vlivem obrovského vývoje a miniaturizace jsou dnes adaptivní tempomaty nabízeny i ve vozech střední třídy, kde se pozvolna stávají standardní výbavou.

Adaptivní tempomat spolupracuje s radarem, který je v přídě vozu, většinou je umístěný v předním nárazníku. Sofistikovanější systémy používají více druhů senzorů, které lépe pokryjí celé okolí vozidla a tak adaptivní tempomat může pracovat i od nulové rychlosti. Rychlost jízdy se optimalizuje za pomoci dat z řídicí jednotky motoru, pomocí navigačního systému GPS, map a v poslední řadě pomocí informací ze senzorů monitorujících okolí vozu.

Adaptivní tempomat dále dokáže varovat řidiče před hrozcí kolizí nebo v případě nutnosti vozidlo připravit k intenzivnímu brzdění. V tomto případě se nechá systém ACC doplnit o adaptivní brzdová svétla, která fungují ve dvou režimech. Kromě klasické funkce brzdových svétel mají ještě funkci krizového brzdění, při které se intenzivněji rozblíkají. Cílem je včasné varování řidičů jedoucích za vozidlem o hrozcí krizové situaci.²⁰

Obr. 5: ACC systém²¹



radar sensor – radarový snímač

throttle actuator – pohon škrtkící klapky

main control unit – hlavní řídící jednotka

brake actuator – pohon brzdy

brake pedal switch – spínač brzdového pedálu

operating switch – provozní spínač

indicator – indikátor

buzzer – bzučák

²⁰ VAVŘÍK, J. *Adaptive Cruise Control*. [Online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2010 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://docplayer.cz/16965351-Adaptive-cruise-control.html>>.

²¹ JURGEN, R. K. *Adaptive Cruise Control*. Warrendale, 2006, s. 35.

Adaptivní tempomat vnáší do automobilové dopravy řadu výhod a ulehčení:

- snížení zatížení pro řidiče
- komfortní jízda
- udržování a přizpůsobení rychlosti
- hlídání bezpečného odstupu
- optimalizace spotřeby paliva

Adaptivní tempomat je bezpečnostní a asistenční systém, který pomáhá k bezpečnější jízdě, ale většina současných systémů ACC je omezena v následujících případech:

- při jízdě v klikatých zatáčkách a v prudkých kopcích
- při jízdě za hustého deště či sněžení
- při jízdě křižovatkou a na parkovištích
- cena
- neexistuje optimální vzdálenost k vpředu jedoucímu vozidlu
- neregistrují zaparkovaná vozidla
- nemusí rozpoznat některé překážky provozu, např. motocyklisty
- často funguje jen v určitém rychlostním rozmezí (30 – 180 km/h)

Adaptivní tempomat, ale i veškeré sofistikované zařízení se neobejdou bez přesných dat z nejrůznějších senzorů. Současné moderní automobily jsou vybaveny stále větším množstvím těchto senzorů. Přesnost a aktuálnost těchto dat hrají významnou roli na správné fungování těchto systémů. Mezi nejpoužívanější senzory u adaptivního tempomatu patří radar, lidar, sonar, infračervená kamera, CCD a CMOS kamera.

Radar neboli radiolokátor je elektronický přístroj určený k identifikaci, zaměření a určení objektů pomocí velmi krátkých elektromagnetických vln. Název radar je zkratka pro RAdio Detecting And Ranging. Mezi hlavní výhody radaru patří malá citlivost na mlhu, déšť, sníh a jiné nepříznivé povětrnostní podmínky, nevadí mu ani prašné prostředí a špatné světelné podmínky. Radar vysílá elektromagnetické vlnění tenkým kuželem kruhového nebo eliptického průřezu o frekvenci od 30 MHz

až po desítky GHz. Dosah radarů u adaptivního tempomatu je do 150 m. Pro adaptivní tempomat se používají primární a aktivní radary. Mezi tyto radary patří MMW RADAR (z anglického milimeter-wave radar), který pracuje na frekvenci 76 – 77 GHz a s dosahem do 150 m. Dalším typem je FM-pulse Doppler radar a SRR (z anglického Short-Range-Radar), který pracuje na frekvenci 24 GHz a s dosahem od 2 do 20 m.

Lidar je optické zařízení určené k detekci, určení vzdálenosti a dalších informací o nalezeném cíli pomocí laserového pulsu. Název lidar je zkratka pro LIght Detection And Ranging. Mezi hlavní výhody lidaru patří vysoká přesnost, úzký paprsek, velký dosah a vysoká rychlost paprsku. Jeho nevýhodou je cena, ale i vyšší citlivost na povětrnostní podmínky a na provoz v prašném prostředí. Na rozdíl od radaru používá lidar kratší vlnové délky elektromagnetického spektra záření, laser využívá vlnové délky 850 – 1650 nm. Laserový paprsek je pro lidské oko nezávadný a neviditelný. K měření se používají 1D laserové dálkoměry a 2D laserové scannery.

Sonar je zařízení na principu radaru, které místo radiových vln používá ultrazvuk, což se nechá popsat jako zvuková navigace a zaměřování. Název sonar je zkratka pro SOund Navigation And Ranging. Sonar používá ultrazvuk nad hranici slyšitelnou pro lidské ucho o frekvenci vyšší než 20 kHz. Nevýhodou sonaru je, že odražený signál nemusí směřovat zpátky k vysílači, jeho směr se může několikrát změnit. Další nevýhodou je, že zvukový signál se nešíří jako paprsek, ale jako kužel a díky tomu je těžké určit směr detekované překážky. Další nevýhodou kvůli nízké rychlosti zvuku je lokalizace rychleji se pohybujících se objektů. Nejčastější použití sonaru v automobilovém průmyslu je jako pomocníka při parkování.

Infračervená kamera slouží k detekci objektů za pomoci infračerveného světla o vlnové délce 880 nm, díky tomu je schopna snímat a zobrazovat záření objektů ve formě obrazů, neboli termogramů a tím umožňuje řidiči vidět mnohem dále a lépe. Řidič tak snadno detekuje a monitoruje překážky jako je zvěř, chodci, cyklisté a jiné objekty na vozovce nebo v její těsné blízkosti a tak má mnohem více času reagovat na vzniklé nebezpečí. Infračervená kamera je schopná pracovat i v naprosté tmě, kouři či lehké mlze. Toto světlo je pro lidské oko neviditelné.

CCD a CMOS kamera je technologie umožňující záznam digitálního obrazu. Název CCD (z anglického Charge-Coupled Device), který můžeme přeložit do češtiny jako zařízení s vázanými náboji a název CMOS (z anglického Complementary Metal-

Oxide-Semiconductor), který můžeme přeložit do češtiny jako doplňující se kov-oxid-polovodič. Rozdíl mezi technologií CCD a CMOS je v tom, že senzory CCD přesouvají vzniklý náboj z pixelu na pixel a převádějí jej na napětí až na výstupním uzlu, zatímco senzory CMOS převádějí náboj na napětí uvnitř každého pixelu. Jedná se o polovodičový snímač měřící intenzitu světla, které na něj dopadá. Senzory jsou vyráběny z křemíku. Kamery se nachází v přední části automobilu k detekci překážek, značek, pro sledování jízdních pruhů a v zadní části automobilu pomáhají při parkování. Pomocí nich je možné i sledování a hlídání mrtvých úhlů ve zpětných zrcátkách. Kameru je možné vybavit i přisvícením pro noční vidění.²²

4.2 Nákladní vozidla

I když elektronické bezpečnostní a asistenční systémy jsou ve většině případů nejprve vyvíjeny pro aplikaci v osobních automobilech, nezdá se, že tyto systémy aplikovány následně i u nákladních vozidel a u autobusů. Je tomu tak proto, že vývoj a aplikace těchto moderních asistenčních a bezpečnostních systémů je zpravidla u osobních vozů jednodušší a také proto, že výrobci automobilového průmyslu osobních automobilů odebírají tato zařízení v řádově vyšších množstvích, což je podstatné pro jejich ekonomiku.

Podle údajů Svazu dovozců automobilů bylo v České republice v roce 2017 prvně registrováno 291 tisíc osobních a lehkých užitkových vozidel, 10 tisíc nákladních automobilů a tisíc autobusů.²³ Ze statistiky nelze zjistit, kolik vozidel z celkového počtu vozidel je vybaveno asistenčním a bezpečnostním systémem, případně je-li nějakým systémem vybaven, zjistit konkrétní typ systému.

Obecně můžeme říci, že reálně existuje několik velmi dobrých důvodů pro to, aby byly elektronické bezpečnostní a asistenční systémy zaváděny i u nákladních automobilů a autobusů. Některé z těchto důvodů jsou uvedeny v následujícím přehledu a patří mezi ně:

²² VAVŘÍK, J. *Adaptive Cruise Control*. [Online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2010 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://docplayer.cz/16965351-Adaptive-cruise-control.html>>.

²³ SDA/CIA Svaz Dovozců Automobilů. *Registrace nových vozidel*. [Online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://portal.sda-cia.cz/stat.php?n#str=nova>>.

- z pohledu osob, které v rámci své profese musí řídit automobily, právě řidiči nákladních automobilů a autobusů tráví za volantem nejvíce času, musí být schopni vzdorovat únavě a stresu, a udržet dlouhodobě pozornost,
- nákladní automobily, soupravy a autobusy jsou velmi rozměrné a řidič musí často jen na základě zkušenosti odhadovat, kde se pohybuje zád' nebo pravá strana vozidla,
- nákladní automobily, jejich soupravy a autobusy mají díky svým rozměrům a hmotnostem mnohem horší manévrovací schopnosti, pomalejší akceleraci a zejména jejich brzdná dráha je výrazně delší než u osobních motorových vozidel, a u řidiče vozidel o hmotnosti nad 15 000 nebo 40 000 kg se vyžaduje tedy daleko větší zkušenost a předvídavost,
- řidič nákladního automobilu nebo autobusu nemá možnost vybrat si dobu, kdy náklad nebo cestující poveze, musí jezdit za tmy, za mlhy, za deště i v zimě a to i na špatně sjízdných vozovkách,
- pokud řidič nákladního automobilu, soupravy nebo autobusu ztratí nad vozidlem kontrolu, tak s velkou pravděpodobností ohrozí na zdraví nebo na životě další účastníky silničního provozu, v případě autobusu i velké množství přepravovaných cestujících.

V této části práce budou krátce představeny další elektronické asistenční systémy nákladních motorových vozidel, kterými jsou:

- 1) Adaptivní a prediktivní tempomat**
- 2) Řízení stability vozidla**
- 3) Systém varování při opuštění jízdního pruhu**
- 4) Systém nouzového brzdění**

4.2.1 Adaptivní a prediktivní tempomat

Zejména v případě dálkových jízd a kamionové dopravy představuje pro řidiče významné zlepšení pohodlí řízení a pro ostatní účastníky zvýšení bezpečnosti, pokud je v nákladním automobilu nebo tahači instalován adaptivní tempomat. Stejně jako u osobních automobilů adaptivní tempomat udržuje přednastavenou rychlost řidičem vozidla. Z hlediska konstrukce vozidla je propojen s radarovým snímačem, který je instalován v přední části vozidla. Ten prozkoumává jízdní pruh do vzdálenosti zhruba 150 metrů před vozidlem. Pokud je ve stejném jízdním pruhu zaznamenáno další vozidlo, tak adaptivní tempomat, v případě potřeby sníží rychlost tak, aby byl zachován bezpečný rozestup.

Ke snížení rychlosti u nákladních vozidel a autobusů je možné využít tři základních prostředků:

- systém sníží výkon motoru, tedy tím, že ubere plyn,
- systém využije zpomalovací brzdu, takzvaný retardér,
- systém použije klasické vzducho-tlakové brzdy vozidla.

Systém adaptivního tempomatu může být také vybaven funkcí výstrahy před nárazem do překážky. Tato funkce upozorní řidiče na překážku v jízdním pruhu a nutnost nouzového brzdění. V tomto případě vozidlo nebrzdí automaticky, ale brzdit musí řidič sám.

Dnes již existuje i vyšší vývojový stupeň tempomatu a to „*prediktivní tempomat*“. Jak už vyplývá z jeho názvu, jedná se o tempomat, který má schopnost jistého stupně predikce, tedy předvídání. Ta vyplývá z propojení s velmi pokročilou technologií GPS, která umožňuje naprosto přesné určení zeměpisné polohy vozidla. V návaznosti na to je systém schopný předvídat jízdní podmínky do vzdálenosti v následujících 1 – 2 km před vozidlem. Jízdními podmínkami jsou myšleny například stoupání, klesání, zastavěné území obce nebo serpentiny.

V návaznosti na očekávané jízdní podmínky systém prediktivního tempomatu stanovuje v určitém rozsahu vhodnou rychlost jízdy, případně, pokud je to nutné

a vozidlo je vybaveno automatickou převodovkou, volí i ve správném místě nejvhodnější rychlostní stupeň.²⁴

Technologie prediktivního tempomatu je motivována zejména snahou o maximální úsporu paliva. Z toho vyplývá snaha o jízdu na co nejnižší rychlostní stupeň. Takže vozidlo s prediktivním tempomatem například nepodřazuje těsně před koncem stoupání, neboť již předvídá následující rovinu či klesání a proto se zvýší rychlost i zařazení vyššího rychlostního stupně přesněji než by to udělal člověk.

Prediktivní tempomat tedy umožňuje i jisté odchylky proti přednastavené rychlosti, pokud je to bezpečné z hlediska provozu a je to i v zájmu úspory paliva. Následuje-li například po klesání dlouhé stoupání, může prediktivní tempomat umožnit rozjetí vozu nebo soupravy na rychlost o něco vyšší než je přednastavená, protože to umožní úspornější zdolání následujícího stoupání.

Odborníci udávají, že prediktivní tempomat může uspořit až 3% paliva na kopcovité trase a přiměřeně snížit plynné emise.²⁵

4.2.2 Řízení stability vozidla

Nákladní automobily, soupravy a autobusy jsou při řešení nouzových situací na silnici, jako jsou příliš rychlý nájezd do zatáčky, kluzká vozovka, nouzové brzdění nebo vyhýbací manévr, vystaveny zvýšenému nebezpečí vyjetí mimo vozovku nebo převržení vozidla, kde jde často o položení vozidla na bok.

Jestliže se těžké vozidlo dostává do smyku, případně kola na jedné straně vozidla ztrácejí styk s vozovkou, je možno takovou situaci řešit pouze blesku rychlou reakcí v řádu desetin sekundy. Většinou není v silách ani velmi zkušeného řidiče, aby v daném časovém intervalu rozpoznal vznik nebezpečné situace a ještě na tuto

²⁴ DAF Trucks CZ. *Pohodlí a bezpečnostní systémy- adaptivní tempomat*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.daftrucks.cz/cs-cz/trucks/comfort-and-safety-systems-euro-6/adaptive-cruise-control>>.

²⁵ DAF Trucks CZ. *Pohodlí a bezpečnostní systémy-prediktivní tempomat*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.daftrucks.cz/cs-cz/trucks/comfort-and-safety-systems-euro-6/predictive-cruise-control>>.

situaci adekvátně reagoval. Naštěstí je však už v dnešní době k dispozici varianta systému ESP (Electronic Stability Programme) pro nákladní automobily, soupravy a autobusy. Pro tato těžká vozidla se skládá systém ESP ze dvou hlavních modulů.²⁶

a) modul DSP a

b) modul ROP.

a) modul DSP (Dynamic Stability Programme), můžeme přeložit do češtiny, jako systém dynamické stability. Ten se stará o to, aby souprava zůstávala stabilní i na vozovkách s nízkým součinitelem smykového tření. DSP v podstatě detekuje rozpor mezi tím, kam vozidlo nebo soupravu směřuje řidič a tím, kam vozidlo či souprava skutečně směřuje. Korekce pohybu vozidla do požadovaného směru je prováděna dostupnými prostředky, to znamená regulací otáček motoru nebo brzděním příslušných kol vozidla nebo soupravy.

b) modul ROP (Roll Over Protection), můžeme přeložit do češtiny jako ochrana proti převržení. Funkce tohoto modulu je zřejmá už z jeho názvu. Má chránit vozidlo nebo soupravu proti převržení, případně položení na bok.

Funkce systému jízdní stability je založena na systému snímačů, z jejichž vstupů dokáže řídicí jednotka zjistit chování soupravy v každém okamžiku jízdy. Základními snímači systému jsou:²⁷

- snímač úhlu natočení volantu
- senzor příčného zrychlení
- senzor otáčení podél svislé osy
- senzory rychlosti otáčení kol

²⁶ MAN Truck Germany. *Electronic Stability Program (ESP)*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.truck.man.eu/de/en/man-world/technology-and-competence/safety-and-assistance-systems/electronic-stability-program/Electronic-Stability-Program.html>>.

²⁷ DAF Trucks CZ. *Pohodlí a bezpečnostní systémy-řízení stability vozidla*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.daftrucks.cz/cs-cz/trucks/comfort-and-safety-systems-euro-6/vehicle-stability-control>>.

Obr. 6: Zalomená souprava – častý obrázek po dopravní nehodě kamionu²⁸



System jízdní stability je velmi významným prvkem aktivní bezpečnosti nákladních automobilů, nákladních souprav i autobusů. Vzhledem k tomu, že se všichni účastníci silničního provozu na vozovkách pohybují za všech podmínek i při výrazně zhoršené sjízdnosti vozovek, je systém DSP opravdu velkým přínosem pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu. Navíc těžká vozidla, pokud nad nimi řidič ztratí kontrolu, představují velké nebezpečí i pro další účastníky silničního provozu, zejména pro protijedoucí účastníky. Je třeba v souvislosti s tímto asistenčním systémem zdůraznit, že při dopravní nehodě autobusu je zpravidla na zdraví i životě ohroženo často i několik desítek cestujících.

U návěsových souprav, které jsou v kamionové dopravě nejčetnější, často dochází při nouzovém až panickém brzdění k jevu, jehož následek ukazuje obr. 5. viz výše. Přední náprava tahače zatížená motorem a brzděním brzdí velmi intenzivně, ale těžký návěs, díky tomu, že zadní náprava tahače je zatížená méně, vychýlí tahač z přímého směru a dochází k přetočení tahače až do maximální možné výchylky točny návěsu. V tomto stavu se již souprava smýká zcela neřiditelně a zpravidla končí buď v protisměru, nebo úplně mimo vozovku. I tomuto nebezpečnému jevu dokáže správně fungující systém řízení stability vozidla, soupravy zabránit.

²⁸ ZÁCHRANNÝ-KRUH.CZ. *Dopravní nehoda*. [Online]. 2015 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://policejnidnik.cz/wp-content/uploads/2015/03/4641ccz.jpg>>.

Systém jízdní stability navíc patří k těm pomocníkům, kteří se při běžné jízdě nijak neprojevují, neodvádějí pozornost řidiče od řízení a zasahují až opravdu v případě skutečné potřeby.

4.2.3 Systém varování při opuštění jízdního pruhu

Název tohoto systému je odvozen od anglického Lane Departure Warning, ve zkratce LDW. Tento systém si klade za cíl zabránit nehodám, k jejichž vzniku často přispívá únava nebo stereotypní dlouhá jízda po víceproude silnici nebo dálnici. Na nich dochází k nehodám nebo incidentům, během nichž řidič bez varování vybočí ze svého jízdního pruhu. Zejména v zemích, jako je Česká republika, kde se velké procento tranzitní dopravy realizuje na vozovkách s obousměrným provozem, patří následky nehod s přejetím těžkého vozidla do protisměru k těm nejzávažnějším.

Systém varování LDW při opuštění jízdního pruhu funguje tak, že kamera s vysokým rozlišením obrazu, která bývá umístěna za čelním sklem vozidla a snímá vozovku před vozidlem, především vodorovné značení jízdního pruhu. Řídící jednotka LDW reálný obraz zpracovává a vyhodnocuje jej. Ze zaznamenaného obrazu určuje polohu vozidla vzhledem k vodorovnému značení jízdního pruhu na vozovce. Pokud systém detekuje situaci, kdy vozidlo opouští svůj jízdní pruh a zároveň řidič nedává znamení o změně směru jízdy, dojde k aktivaci varovného signálu. Systém ztlumí signál z rádia nebo přehrávače do reproduktorů, a na straně, kde hrozí nebezpečí vybočení z jízdního pruhu, se z reproduktoru ozývá pronikavý zvukový signál určený řidiči, který se plně nevěnuje řízení vozidla.

I systém varování při opuštění jízdního pruhu je významným příspěvkem ke zvýšení bezpečnosti silničního provozu. Zejména pokud je řidič již unaven dlouhou jízdou nebo ztrácí koncentraci vlivem dlouhé monotónní jízdy ustálenou rychlostí po dálnici, tak může tento systém LDW odvrátit vznik krizových situací, případně i dopravních nehod. I systém varování při opuštění jízdního pruhu má svá provozní omezení, která vyplývají z toho, že jeho fungování je závislé na optickém senzoru. Funkci systému může narušit špinavé, namrzlé či zamlžené přední okno, stejně jako nezřetelné, špinavé nebo zasněžené vodorovné dopravní značení.

4.2.4 Systém nouzového brzdění

Elektronický asistenční systém nouzového brzdění nákladních vozidel EBA (z anglického Emergency Braking Assistance) je povinný asistenční systém pro nově se registrující nákladní vozidla s celkovou hmotností nad osm tun, pro nákladní vozidla se dvěma nebo třemi nápravami a s pneumatickým odpružením zadní nápravy či náprav. Toto opatření je platné pro asistenční systém EBA Level 1 od 1. 11. 2015 na základě legislativního opatření EU č. 661/2009 Evropské komise. Od listopadu 2018 vstoupí v platnost nové opatření pro asistenční systém EBA Level 2.

Nouzový brzdňý asistent funguje za pomoci kombinace informací z radaru, který je umístěný v přední části vozidla a kamery umístěné za čelním sklem. Toto spojení těchto dvou snímačů umožňuje asistenčnímu systému poskytnout řidiči spolehlivé informace o situaci na silnici před vozidlem, tím že snímá odstup, polohu, pozici a rychlost před ním jedoucího vozidla.

Obr. 7: Systém EBA pracuje s radarovou technologií a s kamerou²⁹



Pro asistenční systém EBA je nejdůležitější, aby dokázal rozpoznat stacionární překážky se stejnou jistotou jako před ním jedoucí vozidla. Systém musí být schopný rozpoznat podstatné objekty, jako jsou odstavená porouchaná vozidla na krajnici vozovky i v jízdním pruhu nebo vozidlo, které stojí na konci dopravní zácpy

²⁹ AUTOMOTOREVUE. *Asistenční systémy – Dokonalá souhra*. [Online]. 2015 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/asistencni-systemy-dokonala-souhra_44483.html>.

od nepodstatných objektů, kterými mohou být dopravní značky, vjezdy do tunelů a podjezdů, mostní konstrukce a podobně. Aby nedošlo k nouzovému brzdění omylem, asistenční systém reaguje až tehdy, když je nouzová situace analyzována jako vysoce pravděpodobná. Systém analyzuje situaci intenzivněji a po delší dobu, aby se ubezpečil, že před vozidlem, v jeho jízdním pruhu se nachází statická překážka provozu.³⁰

Hrozí-li nebezpečí najetí na před ním jedoucí vozidlo nebo na stacionární překážku, je řidič ihned varován, současně se sníží hnací síla motoru a rozsvítí se brzdová světla. Jestliže řidič vozidla nereaguje, aktivuje se brzdový systém vozidla. Zásah řidiče vozidla má vždy přednost před systémem. Pokud řidič vozidla reaguje na varovný signál a vozidlo přiměřeně přibrzdí, tím se asistenční systém EBA deaktivuje.

Varování řidiče na nestandardní situaci nebo možnou kolizi probíhá několika různými způsoby. Jedním ze způsobů varování řidiče na základě rozhodnutí systému EBA je, že se rozblíkají symboly na displeji palubní desky. Dalšími způsoby jsou slovní upozornění, akustické varování pomocí radiopřijímače, za současného deaktivování funkce telefonu a hands free sady. Dalším možným způsobem je redukce hnacího momentu motoru vozidla, toto je pro nereagujícího řidiče podstatná výstraha, pokud ale ani poté řidič nereaguje, vozidlo na krátký okamžik samovolně přibrzdí, kdy je citelně rozpoznatelný lehký, redukovaný tlak účinku brzd.³¹

Pokud je nebezpečí kolize analyzováno jako pravděpodobné a řidič vozidla stále nereaguje na situaci vzniklou před vozidlem, systém EBA spustí razantní nouzové brzdění. V ideálních podmínkách dokáže zabránit srážce s překážkou i z plné rychlosti 80 km/h. Při nouzovém brzdění se automaticky zapne systém ESS (z anglického Emergency Stopping Signal), to můžeme přeložit do češtiny jako signál nouzového zastavení. Při spuštění tohoto systému se kromě brzdových světel také rychle aktivují výstražná směrová světla a zvýšenou frekvencí blikání předních světlometů signalizuje ostatním řidičům nouzovou situaci.

³⁰ AUTOMOTOREVUE. *Asistenční systémy – Dokonalá souhra*. [Online]. 2015 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/asistencni-systemy-dokonala-souhra_44483.html>.

³¹ AUTOMOTOREVUE. *Elektronika – Brzdit a chránit!*. [Online]. 2014 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/technika/elektronika-brzdit-a-chronit_43047.html>.

5 Predikce asistenčních systémů vozidla

Současný vývoj technologií, jak v oblasti různých senzorů a optických snímačů, tak i v oblasti paralelního zpracování velkého objemu dat, již umožňuje sestavení pokusných vozidel, která se dokážou pohybovat v silničním provozu bez zásahů řidiče.

Jednotlivá pokusná vozidla, jejichž pořizovací ceny se pohybují v řádu desítek milionů amerických dolarů, provádějí testovací jízdy. Testy jsou realizovány zatím většinou pod dozorem živého řidiče, který může v komplikovaných situacích převzít řízení. O těchto vozidlech se mluví jako o vozidlech s autopilotem, o automobilech bez řidiče, o robotických automobilech nebo o automatizovaných pozemních vozidlech. První pokusy se konaly s vozidly, která se pohybovala po tratích vyznačených barevnými pruhy nebo ve vozovce vestavěnými vodiči.

V současné době výzkumníci používají špičková optická čidla, která pocházejí z vyspělých vojenských technologií, pokročilý software a specializovaný hardware přizpůsobený svému účelu. S největšími obtížemi se pokusná vozidla potýkají v hustém nepředvídatelném městském provozu. Problémem není ani tak hardwarová stránka věci, kde se nejmodernější technologie jeví jako dostatečné, ale zatím ještě není k dispozici umělá inteligence, která by si dokázala poradit s velkým množstvím různorodých podnětů, které je nutno paralelně zpracovávat.

Velkou překážkou v zavedení plně automatizovaných vozidel do běžného provozu je nepředvídatelné chování ostatních účastníků silničního provozu, jako třeba náhlá změna jízdy v jízdních pruzích bez použití znamení o změně směru jízdy nebo přejíždění do protisměru při průjezdu zatáčkami apod.

K určování pozice vozidla na virtuální mapě je dnes do značné míry možno používat pokročilých GPS technologií, ale nelze se na ně plně spoléhat. Stále je nutno mít na zřeteli situace, jakými jsou výpadky signálu, jízda v tunelu nebo manévry v podzemních garážích.

Technicky si řídicí mechanismus autonomního automobilu můžeme představit jako tři základní moduly:³²

- Prvním modulem jsou senzory, které slouží k získávání informací o poloze vozidla a situaci v jeho bezprostředním okolí. Mezi používané senzory patří laserové snímače, radary, kamery, ultrazvuková čidla a GPS.
- Druhým modulem je jakýsi mozek systému, řídicí jednotka. Ta má na starosti zpracování všech informací získaných senzory, rozhodovací procesy a uživatelské interface, propojení člověk - stroj.
- Třetím modulem jsou vlastní řídicí systémy, které na základě příkazů řídicí jednotky vozidlo přímo ovládají. Do této oblasti patří ovládání motoru, řízení, brzdový systém apod.

Obr. 8: Autonomní vozidlo společnosti Google. „Klobouk“ na střeše obsahuje rotační čidlo pro sledování situace kolem vozidla, s úhlem záběru 360^o.³³



³² FORREST, A., KONCA, M. *Autonomous Cars and Society*. [Online]. Worcester: Worcester Polytechnic Institute, 2007 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-043007-205701/unrestricted/IQPOVP06B1.pdf>>.

³³ BUSINESSINSIDER. *The pioneer of Google's self-driving car is now teaching others how to build one*. [Online]. 2015 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.businessinsider.com/the-pioneer-of-googles-autonomous-car-is-training-an-army-of-would-be-robotic-car-specialists-2015-12>>.

6 Vlastní zkušenost s elektronickými systémy

V této kapitole bych rád přiblížil svou praktickou zkušenost s praotcem všech asistenčních a bezpečnostních elektronických systémů, s ABS. Měl jsem možnost zúčastnit se nácviku zvládnání krizových situací, škola smyku na mokré skluzové folii. Výcvik probíhal tím způsobem, že na betonové vzletové a přistávací dráze malého letiště byla připevněna smyková folie, která byla pro snížení součinitele adheze průběžně zkrápěna vodou.

Pro provádění nácviku byla k dispozici vozidla Škoda Octavia 1. generace a to v provedení s ABS a bez ABS. Při provádění praktického nácviku se ukázalo, že relativně malý rozvor tohoto automobilu, který činí 2512 mm, je velmi vhodný pro zvýraznění chování vozidla ve smyku.

Z úkolů, které byly prováděny, mi nejvíce utkvěly v paměti dva. V prvním případě se jednalo o určitou formu úhybného manévru, který měl být prováděn za současného plného brzdění. Na skluzové folii byla vytyčena trasa manévru dopravními kužely. U vozidel, které nebyly vybaveny ABS docházelo ke dvěma typům situací.

- Prvním typem byla situace, kdy řidič buď včas neuvolnil, nebo vůbec neuvolnil brzdový pedál a vůz při intenzivním brzdění pokračoval s vytočenými předními koly v přímém směru a projel vyznačenou překážkou.
- Druhým typem byla situace, kdy řidič před otočením volantem sice změnil směr jízdy, ale při dalším sešlápnutí brzdového pedálu, kdy se již vozidlo nepohybovalo po přímé dráze, často docházelo ke smyku a následné ztrátě kontroly nad vozem.

U vozů, které byly vybaveny systémem ABS, naopak neměli s průjezdem vyznačené dráhy při intenzivním brzdění problém ani méně zkušený řidiči. Při opakovaných pokusech zkoušeli řidiči přelstít systém ABS pomocí vyšší nájezdové rychlosti, případně trhavých pohybů volantem, ale ani tyto experimenty nezpůsobily, že by při prováděném manévru došlo ke ztrátě kontroly nad vozidlem.

Druhým zajímavým manévrem, který jsem si zapamatoval, bylo intenzivní brzdění v přímém směru, kdy se vůz levými koly pohyboval po smykové folii a pravými koly po drsném betonovém povrchu vzletové a přistávací dráhy.

Vozy, které nebyly vybaveny ABS, se hned v počátku brzdícího manévru začaly stáčet doprava vlivem lépe brzdících kol na suchém betonu. Následkem vybočení vozu bylo, že se obě zadní kola dostala na kluzký povrch a následoval neodvratný přetáčivý smyk a často i takzvané „hodiny“, kdy došlo i k vícenásobnému přetočení vozu o 360°. Zajímavostí tohoto nácviku byl ještě jeden jev, kdy někteří řidiči „výzkumníci“ nedodržovali stanovená pravidla a snažili se zvyšováním nájezdové rychlosti dosáhnout co největšího počtu otoček smýkajícího se vozu. Důsledkem toho bylo, že vozidlo v několika případech opouštělo několik desítek metrů dlouhou smykovou folii v plném bočním smyku takovou rychlostí, že při sklouznutí zpět na drsnou betonovou plochu došlo k jeho prudkému zbrzdění a v jednom případě málem i k převržení.

Provádění stejného manévru s vozy vybavenými ABS bylo víceméně nudné, vozy vzorně udržovaly přímý směr a většinou nebyla nutná ani korekce směru jízdy volantem.

O užitečnosti systému ABS jsem měl možnost se přesvědčit i v praxi. Zmínil bych jeden konkrétní případ. Pohyboval jsem se s vozidlem po silnici nižší třídy, jejíž šířka neumožňovala pohodlné minuty dvou osobních vozidel bez vjetí na travnatou krajnici a snížení rychlosti. Bylo deštivé počasí. V protisměru jsem zaregistroval vozidlo Volkswagen Passat, které se pohybovalo vyšší rychlostí víceméně středem vozovky. Řidič měl na práci zřejmě něco důležitějšího, než bylo věnování se řízení vozidla. Na vzniklou situaci jsem reagoval intenzivním brzděním za současného najetí pravými koly na travnatou krajnici. Z pulsování brzdového pedálu jsem poznal, že ABS zapracovalo. Vysoká frekvence pulsů svědčila o tom, že trakce pneumatik na mokré trávě byla nízká. Nicméně úhybný manévr jsem úspěšně dokončil a byl jsem rád, že jsem se do takové situace nedostal s vozidlem, které nebylo vybaveno ABS.

Na obr. 9. a 10. je zachycen nácvik brzdění jedněmi koly na kluzkém povrchu z veřejně přístupného videa. Obrázky názorně dokumentují výše popsanou zkušenost.

Obr. 9: Vůz brzdící levými koly na kluzkém povrchu se vychyluje ze směru³⁴



Obr. 10: Vůz brzdící levými koly na kluzkém povrchu v přetáčivém smyku³⁵



³⁴ YOUTUBE. *BMW 3er*. [Online]. 2009 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<https://www.youtube.com/watch?v=6DM6Q3domJU>>.

³⁵ YOUTUBE. *BMW 3er*. [Online]. 2009 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<https://www.youtube.com/watch?v=6DM6Q3domJU>>.

Závěr

Cíle vytyčeného v úvodu práce bylo dosaženo, práce obsahuje popis bezpečnostních elektronických systémů využívaných ve vozidlech, ale také v konstrukci motorových vozidel nákladních. Byl proveden rozbor těchto bezpečnostních systémů, je uvedeno jejich využití během jízdy i v krizových situacích, které mohou nastat v dopravním provozu. Byl zmíněn i jejich historický vývoj od bezpečnostních systémů mechanických přes systémy elektronické až po, v současné době zkoušeným systémům plně automatizovaným.

Problematika moderních bezpečnostních elektronických a asistenčních systémů v automobilech je značně rozsáhlá a nelze ji celou v této práci zcela postihnout. Proto pro potřeby této práce byly vybrány jen některé z nich. Jde o systémy, které spadají do relativně nové oblasti bezpečnosti provozu na silničních komunikacích i komfortu řidičů a osádky během jízdy. Je tomu tak proto, že se vývoj automobilů v posledních několika desítkách let skokově posunul. Proto se také tyto elektronické systémy mohou užitečně uplatnit v celé škále výrobků automobilového průmyslu. V práci jsou popsáni vybraní zástupci elektronických systémů určených pro osobní automobily jako konstrukční prvek nákladních motorových vozidel, jízdních souprav a autobusů.

S tím, že moderní elektronické systémy v automobilech patří k příslušenství automobilů, které se v posledních letech bouřlivě rozvíjí a je předmětem ostrého konkurenčního boje. Proto i získávání odborného materiálu k jednotlivým systémům bylo složité. Je tomu tak proto, že informace o konstrukci nejnovějších elektronických bezpečnostních a asistenčních systémů není běžně k dispozici na veřejně přístupných zdrojích, a pokud ano, pak obsahují jen minimum podrobnějších technických informací. Není problém zjistit, jak systém funguje z uživatelského hlediska, jaké jsou jeho hlavní komponenty, ale podrobnosti výrobci z důvodů ochrany patentů neuvádějí.

Moderní elektronické bezpečnostní a asistenční systémy představují bezesporu významný posun ve vývoji automobilů. Zejména systémy zaměřené do oblasti aktivní, preventivní bezpečnosti posunuly možnosti automobilu vysoko nad laťku, kterou představovalo jejich přímé ovládání člověkem. Propojení citlivých senzorů se superrychlým zpracováním dat pomocí mikroprocesorů přineslo zcela nové možnosti

v řešení krizových a kolizních situací, které patří k nejčastějším příčinám dopravních nehod se závažnými následky.

Každá mince má ovšem dvě strany a tou negativní stranou této mince je až slepá důvěra některých řidičů ve schopnosti soudobých automobilů. Zejména méně zkušení jedinci bez technického vzdělání za volanty moderních silných osobních automobilů, které jsou vybaveny náhonem na všechna kola, ABS, ESP, mají tendenci zcela nekriticky přeceňovat schopnosti svého stroje a mají pocit jakési nesmrtelnosti. Jenže fyzikální zákony jsou neúprosné. Příliš rychlý nájezd do zatáčky na lehce namrzlé vozovce stačí k tomu, aby automobil vybavený všemi myslitelnými elektronickými systémy tuto zatáčku opustil zcela klasicky po tečně se všemi následky odpovídajícími nájezdové rychlosti a překážkám, které vozidlu stojí v cestě.

Současné elektronické asistenční systémy jsou také velkým přínosem v oblasti komfortu jízdy a ovládání vozidla. Významným způsobem snižují zátěž řidiče, což je zejména u osobních automobilů významné z pohledu pohodlí řidiče. U nákladních automobilů a autobusů elektronické asistenční systémy pomáhají snížit zátěž jejich řidičů a tím posílit bezpečnost jízdy, řidičů i osádky vozidel. Je praxí ověřeno, že pokud jsou v konstrukci vozidla zabudovány tyto systémy, umožňují méně unavenému řidiči urazit předem stanovenou vzdálenost bezpečně a je bdělejší a lépe připravený na řešení složitějších situací než řidiči vozidel, kde tyto systémy absentují.

Teoreticky by měl být řidič profesionál schopen adekvátně reagovat na nebezpečnou situaci na vozovce 4 minuty po zahájení jízdy, stejně jako 4 hodiny při jízdě v provozu. Systémy, jako například parkovací asistent, mohou také snížit méně zkušeným nebo méně obratným řidičům stres za volantem, což je rovněž příspěvek jak k pohodlí, tak i k bezpečnosti.

Co by mělo být všem moderním elektronickým systémům společné, ať už přispívají k bezpečnosti nebo ke komfortu, je to, aby nerozptylovaly pozornost řidiče. Také pokud funkce těchto systémů vyžaduje nějaký zásah řidiče, mělo by být jejich ovládání co nejjednodušší a pokud možno intuitivní. Můžeme si to uvést na dvou příkladech:

- Co je platné, že je automobil vybaven adaptivním tempomatem, když řidič, pátrající po tom, jak nastavit předvolenou rychlost, narazí na dálnici do stojící kolony před sebou?

- Rozporuplným pomocníkem může být třeba i systém TSR (rozpoznávání dopravních značek). Když bude řidič uprostřed města nadšeně sledovat, jak mu na multifunkčním displeji naskakují nové a nové dopravní značky a srazí při tom chodce, tak to asi není očekávaný přínos bezpečnostního systému.

Pokud jde o autonomní plně robotizované automobily bez řidiče, tak teprve blízká budoucnost nejbližších desetiletí asi ukáže, jestli se jedná o směr, jakým se bude automobilová doprava ubírat. Také se může ukázat, že se jedná jen o jakousi exhibici vědců a techniků, ukazující kam až sahají možnosti soudobé vědy a techniky. V tomto směru jsou předpovědi opravdu obtížné, zvláště když máme historické příklady z minulosti, která není zase až tak vzdálena. Kdo by si na přelomu 19. a 20. století pomyslel, že ta podivná rachotící, nespolehlivá monstra se spalovacím motorem během pár desítek let zcela nahradí koně, jak na silnicích, tak i při polních a dalších pracích?

Závěrem bych rád ještě zmínil jeden aspekt, o kterém se ve všeobecném nadšení nad rychlým rozvojem moderních elektronických systémů v automobilech příliš nahlas nemluví. A to jsou opravy a údržba těchto systémů.

Mnoho uživatelů automobilů se setkalo se situací, kdy se jim rozsvítila na přístrojové desce kontrolka systému řízení emisí, populární „grilované kuře“. Těm méně šťastným ještě přešel motor do nouzového režimu, což znamená citelné zhoršení jízdních výkonů automobilu. Přesto, že tyto systémy již pracují v automobilech dvě desítky let, tak odstraňování a řešení těchto závad v servisech i dílnách je značně problematické a připomíná poněkud alchymii.

Mechanici po hodinách zkoumání diagnostiky navrhnou přezkoumat či rovnou vyměnit kdejaký díl. Snímač polohy plynového pedálu, systém recirkulace výfukových plynů, lambda sondy, katalyzátor. Pokud ani to nepomůže, posledním trumfem zůstává výměna elektronické řídicí jednotky motoru (ECU), protože její cena se pohybuje zpravidla v řádu desítek tisíc korun.

Dokážeme si opravdu představit, jak tito mechanici se snaží marně bojovat s dvacet let starou elektronikou, diagnostikují, opravují a seřizují radarové a ultrazvukové senzory a jejich řídicí jednotky? A s jakým úspěchem? Na tyto otázky nám dá odpověď další vývoj v oblasti motorismu.

Seznam použitých zdrojů

Literární zdroje

1. JURGEN, R. K. *Adaptive Cruise Control*. Warrendale : SAE International, 2006. 474 s. ISN 978-0-7680-1792-2.
2. VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel. Díl 1*. 1. vyd. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 298 s. ISBN 80-238-7282-6.
3. VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel. Díl 2*. 1. vyd. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.

Elektronické zdroje

1. AUTOLEXICON.NET. *ABS (Anti-lock Braking System)*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>>.
2. AUTOLEXICON.NET. *ABSplus*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/absplus/>>.
3. AUTOLEXICON.NET. *ABS + CBC (Cornering Brake Control)*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-cbc-cornering-brake-control/>>.
4. AUTOLEXICON.NET. *ESP (Electronic Stability Programme)*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>>.
5. AUTOLEXICON.NET. *Park Assist (parkovací asistent)*. [Online]. 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/park-assist-parkovaci-asistent/>>.
6. AUTOMOTOREVUE. *Asistenční systémy – Dokonalá souhra*. [Online]. 2015 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/asistencni-systemy-dokonala-souhra_44483.html>.
7. AUTOMOTOREVUE. *Elektronika – Brzdit a chránit!*. [Online]. 2014 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/technika/elektronika-brzdit-a-chranit_43047.html>.

8. BBC. *Volvo unveils cyclist alert-and-brake car systém.* [Online]. 2013 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.bbc.com/news/technology-21688765>>.
9. BESIP. *Systém sledování jízdního pruhu.* [Online]. 2012 [cit. 2017-02-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti/system-sledovani-jizdniho-pruhu>>.
10. BUSINESSINSIDER. *The pioneer of Google's self-driving car is now teaching others how to build one.* [Online]. 2015 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.businessinsider.com/the-pioneer-of-googles-autonomous-car-is-training-an-army-of-would-be-robotic-car-specialists-2015-12>>.
11. DAF Trucks CZ. *Pohodlí a bezpečnostní systémy- adaptivní tempomat.* [Online]. 2018 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.daftrucks.cz/cs-cz/trucks/comfort-and-safety-systems-euro-6/adaptive-cruise-control>>.
12. DAF Trucks CZ. *Pohodlí a bezpečnostní systémy-prediktivní tempomat.* [Online]. 2018 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.daftrucks.cz/cs-cz/trucks/comfort-and-safety-systems-euro-6/predictive-cruise-control>>.
13. DAF Trucks CZ. *Pohodlí a bezpečnostní systémy-řízení stability vozidla.* [Online]. 2018 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.daftrucks.cz/cs-cz/trucks/comfort-and-safety-systems-euro-6/vehicle-stability-control>>.
14. FORREST, A., KONCA, M. *Autonomous Cars and Society.* [Online]. Worcester: Worcester Polytechnic Institute, 2007 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-043007-205701/unrestricted/IQPOVP06B1.pdf>>.
15. F80. BIMMERPOST. COM. *ACC- Active Cruise Control.* [Online]. 2014 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://f80.bimmerpost.com/forums/showthread.php?t=984035>>.
16. HAGERTY. *Anti-lock Brakes: Who Was Really First?* [Online]. 2013 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<https://www.hagerty.com/articles-videos/articles/2013/04/09/antilock-brakes>>.
17. MAN Truck Germany. *Electronic Stability Program (ESP).* [Online]. 2018 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.truck.man.eu/de/en/man->

- world/technology-and-competence/safety-and-assistance-systems/electronic-stability-program/Electronic-Stability-Program.html>.
18. MAXGRAPHX.COM. *Abs-diagram*. [Online]. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.maxgraphx.com/schemamecanique/Freins/slides/abs-diagram.html>>.
 19. SDA/CIA Svaz Dovozců Automobilů. *Registrace nových vozidel*. [Online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://portal.sda-cia.cz/stat.php?n#str=nova>>.
 20. SEBASTIENRAMASSAMY. *ESP : Electronic Stability Program*. [Online]. 2013 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z WWW: <<https://sebastienramassamy.wordpress.com/2013/12/15/esp-electronic-stability-program/>>.
 21. ŠKODA Storyboard. *Superb s inovativními bezpečnostními systémy*. [Online]. 2015 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z WWW: <<https://www.skoda-storyboard.com/cs/tiskove-zpravy/nova-skoda-superb-tiskova-mapa/>>.
 22. TIPCARS. *Jak funguje adaptivní tempomat v praxi?*. [Online]. 2006 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.tipcars.com/magazin-jak-funguje-adaptivni-tempomat-v-praxi-2058.html>>.
 23. VAVŘÍK, J. *Adaptive Cruise Control*. [Online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2010 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://docplayer.cz/16965351-Adaptive-cruise-control.html>>.
 24. YOUTUBE. *BMW 3er*. [Online]. 2009 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<https://www.youtube.com/watch?v=6DM6Q3domJU>>.
 25. ZÁCHRANNÝ-KRUH.CZ. *Dopravní nehoda*. [Online]. 2015 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://policejnidennik.cz/wp-content/uploads/2015/03/4641ccz.jpg>>.

Seznam zkratek

1. ABS - Anti-lock Braking System - Protiblokovací brzdový systém
2. ASR - Anti-Slip Regulation - Systém regulace prokluzu kol
3. ESP - Electronic Stability Programme - Elektronický stabilizační program
4. ESC - Electronic Stability Control - Elektronická kontrola stability
5. ACC - Adaptive Cruise Control - Adaptivní tempomat
6. TSR - Traffic Sign Recognition - Systém rozpoznávání dopravních značek
7. DSP - Dynamic Stability Programme - Systém dynamické stability
8. ROP - Roll Over Protection - Systém na ochranu proti převržení
9. LDW - Lane Departure Warning - Systém varování při vyjetí z pruhu
10. ECU - Electronic Control Unit - Elektronická řídicí jednotka
11. GPS - Global Position System - Systém globální polohy
12. EBA - Emergency Braking Assistance - Asistent nouzového brzdění
13. ESS - Emergency Stopping Signal - Signál nouzového zastavení
14. CCD - Charge-Coupled Device - Zařízení s vázanými náboji
15. CMOS - Complementary Metal-Oxide-Semiconductor - Doplnující se kov-oxid-polovodič