

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY MODERNÍCH VOZIDEL

Autor práce: Radek Orosz DiS.
Studijní obor: Bezpečnostně právní činnost ve veřejné správě
Forma studia: kombinovaná
Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Mertl

2019

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce – v elektronické podobě ve veřejně přístupné části infodisku VŠERS a v tištěné podobě knihovnou VŠERS, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky vedoucího a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce systémem na odhalování plagiátů.

.....

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Mgr. Tomáši Mertlovi, dále Karlu Maškovi, Martinu Veselému a Janu Svejkovskému za cenné rady, připomínky, poskytnuté konzultace, osobní zkušenosti s opravami elektronických systémů motorových vozidel a metodické vedení práce.

ABSTRAKT

OROSZ, R. *Elektronické systémy moderních vozidel: bakalářská práce*. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2019. 60 s. Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Tomáš Mertl.

Klíčová slova: ABS, ESP, ASR, MSR, LGS, LKAS, ACC, autonomní řízení

Bakalářská práce analyzuje okruh vybraných elektronických systémů využívaných v moderních motorových vozidlech. Práce poskytuje pohled na tuto problematiku z pohledu autora a dále z pohledu expertů z oblasti automobilového průmyslu. Z následné komparace získaných informací je odvozen závěr práce. Vše je zkoumáno za použití důvěryhodných internetových zdrojů, odborné literatury, legislativních dokumentů a osobních zkušeností s uvedenou problematikou. Cílem práce je přiblížení a seznámení se s možnostmi, které nabízejí vybrané elektronické systémy zakomponované v moderních vozidlech, zejména s poukázáním na vyšší stupeň bezpečnosti při jejich provozování.

ABSTRACT

OROSZ, R. *Electronics Systems in Modern Vehicles: Bachelor thesis*. České Budějovice : The College of European and Regional Studies, 2019. 60 s. Supervisor: Mgr. Tomáš Mertl.

Key words: ABS, ESP, ASR, MSR, LGS, LKAS, ACC, autonomous drive

The bachelor thesis analyses the sector of selected electronics systems used in modern vehicles. The work provides view of this set of problems from my look, and further from the look of some experts in car industry. The conclusion of my thesis is derived from comparison of gained information.

All things are looked into with trustworthy internet sources, technical literature, legislative documents and my own experience in this theme.

The objective of this thesis is making clear and familiarization with possibilities, which selected electronics systems in modern vehicles propose, especially with reference to higher level of security in the operation.

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíl a metodika bakalářské práce	9
3. Krizové situace a příčiny dopravních nehod	10
4. Druhy bezpečnostních systémů	11
5. Elektronický systém ABS.....	15
5.1 Historie systému ABS	16
5.2 Struktura systému ABS	18
5.3 Varianty systému ABS	19
5.3.1 Systém ABSplus.....	20
5.3.2 Systém ABS + CBC	20
5.4 Osobní zkušenosti s řízením vozidel vybavených systémem ABS a vozidel bez systému ABS	21
5.5 Návaznost systému ABS na další elektronické systémy	26
5.5.1 Systém ESP a jeho modifikace	26
5.5.2 Zpracování dat systému ESP.....	28
5.5.3 Systém EDS	28
5.5.4 Systém ASR	29
5.5.5 Systém MSR.....	30
5.6 Poruchy systému ABS a jejich možná řešení	30
6. Elektronický systém LGS.....	33
6.1 Vývoj elektronického systému LGS.....	34
6.2 Dělení elektronického systému LGS	34
6.3 Osobní zkušenost se systémem LKAS	36
7. Elektronický systém ACC	37

7.1	Vysvětlení důležitých pojmů.....	38
7.1.1	Radar	38
7.1.2	Dopplerův jev.....	38
7.1.3	Lidar	39
7.1.4	Sonar	39
7.1.5	Infračervená kamera.....	39
7.1.6	Tempomat	40
7.2	Princip a funkce systému ACC.....	40
7.3	Negativa systému ACC	41
7.4	Varianty systému ACC.....	42
7.4.1	Systém ADR.....	42
7.4.2	Systém Follow-to-Stop.....	43
7.4.3	Adaptivní tempomat Audi.....	43
7.4.4	Systém ACCplus	44
7.4.5	Systém ACC Full Speed Range	44
8.	Elektronický systém autonomního řízení	45
8.1	Vývoj elektronického systému autonomního řízení	45
8.2	Možnosti využití elektronického systému autonomního řízení.....	46
8.3	Budoucnost elektronického systému autonomního řízení.....	50
9.	Závěr.....	52
10.	Seznam použité literatury	54
11.	Seznam obrázků	58
12.	Seznam použitých zkratk.....	59

1. Úvod

Automobilový průmysl v návaznosti na co možná nejvyšší stupeň bezpečnosti při řízení a provozu motorových vozidel stále více využívá nepřeborné množství moderních technologií. Tyto technologie pak mají za úkol ochránit přepravované osoby při možné havárii či dopravní nehodě, ke kterým vzhledem ke vzrůstajícímu počtu motorových vozidel na komunikacích stále častěji dochází. Aby k dopravním nehodám nedocházelo, usilují techničtí inženýři nejrůznějších světových automobilek o to, aby byly vyvíjeny stále nové elektronické systémy, které by dokázaly vznik dopravních nehod alespoň částečně eliminovat. Pokrokové elektronické systémy se nadále snaží modernizovat tak, aby byly co možná nejefektivnější a zaručovali vysokou míru bezpečnosti při provozu motorových vozidel, která jsou stále modernější, početnější, rychlejší a dostupnější, nežli tomu bylo dříve. Příležitostí ke vzniku havárie nebo dopravní nehody je obrovské množství, proto je jakákoliv pomoc při napomáhání řešit nejrůznější krizové situace řidiči vítána. Elektronické systémy do současných motorových vozidel jednoznačně patří. Existuje jich nepřeborné množství, přičemž mnohé z nich pracují na stejném nebo velmi podobném principu. Rozdílným mezi nimi bývá obvykle pouze jejich název. Každý renomovaný světový výrobce automobilů totiž využívá do svých modelů vozidel pouze prověřené elektronické systémy, které mohou být vyvinuty jak samotnými automobilkami, tak specializovanými externími firmami, které se zaměřují na konkrétní vývoj určitého systému na zakázku. Pak už jen záleží na tom, jak bude nově vyrobené vozidlo obsahující nejrůznější kombinaci těchto systémů přijato veřejností a hlavně zda toto nové vozidlo bude v běžném provozu na pozemních komunikacích skutečně bezpečné.

Zavádění moderních elektronických asistentů a prvků napomáhá řidiči řešit komplikované dopravní situace efektivněji, rychleji a bezpečněji. K tomuto závěru docházím mimo jiné z mé dlouholeté pracovní praxe, jelikož jsem zaměstnán u Policie České republiky, kde jsem zařazen jako inspektor dopravního inspektorátu, služba dopravních nehod. Náplní mé práce je prioritně zpracovávání dopravních nehod, se kterými se ve službě setkávám každým dnem. Mohu proto zcela objektivně sdělit, že pokud by vozidla zúčastněná na těchto dopravních nehodách nebyla opatřena žádnými moderními elektronickými systémy, následky kolizí by byly mnohonásobně vyšší, než je tomu doposud. To platí i v opačném případě, tedy pokud budou vozidla vybavována nejrůznějšími pomocnými systémy, následky dopravních nehod se mohou a budou snižovat.

2. Cíl a metodika bakalářské práce

Cílem bakalářské práce bude vysvětlit a poukázat na některé vybrané elektronické systémy, které jsou používány v moderních vozidlech, jejich vývoj, alternativy a stručnou historii, a to na podkladě zjištěných informací a osobních zkušeností. Na základě těchto informací dále analyzovat a poukázat jejich klady, případně jejich zápory. Dalším cílem bude pozastavit se nad vybranými elektronickými systémy, objasnit způsob jejich použití a nahlédnout do historie jejich vzniku. U vybraných elektronických systémů bude cílem zamyslet se na způsobu jejich využití a přínosu v blízké budoucnosti. V neposlední řadě bude cílem přiblížit problematiku vybraných elektronických systémů využívaných v motorových vozidlech zejména laické veřejnosti.

Pro sepsání bakalářské práce bude využita kombinace několika metod zpracování, především metoda abstrakce, komparace a analýzy. Základním úkolem bude vstoupit do problematiky elektronických asistenčních systémů a přenést získané informace do bakalářské práce. Získané informace budou základem k porozumění elektronických systémů z pohledu laické veřejnosti a pochopení jejich funkce v moderních motorových vozidlech. Pro zpracování bakalářské práce bude využito dostupné odborné literatury, osobních zkušeností a dále přímých zkušeností odborníků z oblasti automobilového průmyslu a autoopraven. Uvedená literatura bude zprvu podrobena metodě analýzy, aby byla následně porovnána s praktickým využitím uvedených elektronických systémů.

3. Krizové situace a příčiny dopravních nehod

Během řízení motorového vozidla vzniká velké množství situací, které můžeme označit za krizové. Při těchto krizových situacích může vzniknout vysoké riziko vzniku dopravní nehody, která je nežádoucí. Krizové situace jsou charakteristické tím, že se velmi rychle mění, především náhlou a neočekávanou překážkou vzniklou během jízdy, vběhnutím dítěte do vozovky nebo neočekávaným jednáním druhého účastníka silničního provozu. Na takovou náhlou situaci je třeba rychlé a správné reakce ze strany řidiče, přičemž by nemělo docházet k dalším krizovým situacím pro ostatní účastníky silničního provozu. Ke zvládnutí náhlé krizové situace je také třeba uváženého jednání ze strany ohroženého řidiče. To bývá problémem, pokud k takovému jednání musí dojít při vysoké rychlosti jízdy nebo při jízdě v nepřehledném úseku komunikace. Dalším důležitým faktorem, který je třeba zmínit, jsou fyzikální zákony, se kterými však řidič zpravidla nepočítá. Překročením meze těchto zákonů dochází k neovladatelnosti vozidla, případně ke vzniku smyku. Reakce řidičů bývají nepřiměřené a přehnané. Je to dáno zejména nezkušeností s takovými situacemi. Následkem takových reakcí bývá vznik havárie nebo dopravní nehody.¹

Dopravní nehoda je z pohledu platné legislativy vymezena v ustanovení § 47 zákona č. 361/2000Sb., o provozu na pozemních komunikacích, takto: „Dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu.“² Příčin vzniku dopravních nehod je celá řada, z vlastní zkušenosti mohu říci, že každá vzniklá dopravní nehoda je svým způsobem originální. Ze statistik je obecně nejpočetnější příčinou dopravních nehod nepřizpůsobení rychlosti jízdy zejména schopnostem konkrétního řidiče, vlastnostem vozidla a též technickým vlastnostem komunikace, po které právě jede. Mezi další příčiny řadíme celkový způsob jízdy vozidla, dále nedání přednosti v jízdě jinému účastníkovi silničního provozu nebo nedodržování bezpečné vzdálenosti za dalším jedoucím vozidlem. V neposlední řadě je třeba k těmto příčinám i zakomponovat dopravní situace, které jsou nezaviněné jednáním řidiče. Sem řadíme zejména dopravní nehody se zvěří. I těchto dopravních nehod je značné množství, přičemž následky i v těchto případech mohou být tragické.

¹ ZANTEN, A. *Regulace jízdní dynamiky ESP*. Praha, 2001. s. 4-5 ISBN 80-902585-8-1.

² Česko. Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. In *ÚZ – pravidla silničního provozu*. Ostrava: Sagit, 2016, s. 27

Z tohoto pohledu je patrné, že aby nedocházelo ke krizovým situacím a následným dopravním nehodám, je třeba vyrábět vozidla bezpečnější, vybavená modernějšími elektronickými systémy, které by řidiči mohly s krizovými situacemi do jisté míry pomoci. Je potřeba stávající systémy modernizovat a doplňovat za těmito účely:

- co nejlépe podporovat řidiče v extrémních jízdách
- předcházet haváriím a dopravním nehodám
- co nejvíce mírnit následky vzniklých havárií a dopravních nehod

Účelem takové modernizace by měla být podpora řidiče ve správném řešení vzniklé krizové situace. K tomu dochází vyhodnocením parametrů naměřeným různými vozidlovými snímači a čidly a následným vhodným zásahem do řízení, čímž se vozidlo opět stává ovladatelné.

4. Druhy bezpečnostních systémů

Elektronické systémy zabudované v moderních motorových vozidlech mají především za úkol zvyšovat bezpečnost a komfort jízdy a určitým způsobem napomáhat řidiči při zvládnutí nejrůznějších neočekávaných krizových situací. Dále mají tyto systémy za úkol zvyšovat hospodárnost provozu, snižovat počet nežádoucích emisních plynů vypouštěných do ovzduší a tím zlepšovat životní prostředí. Pokud budeme brát v potaz pouze silniční motorovou dopravu, tak se v současné době využití těchto systémů uplatňuje jak u osobních, tak nákladních motorových vozidel a mnohé z těchto systémů jsou uplatňovány též u motocyklů. Je zřejmé, že počet krizových situací vznikajících na pozemních komunikacích a především dopravních nehod vznikajících vlivem těchto krizových situací je přímo úměrný narůstajícímu počtu provozovaných vozidel. Postupným zaváděním moderních elektronických systémů do motorových vozidel může vést ke snižování počtu dopravních nehod nebo alespoň ke zmírnění jejich následků.

Obecným současným trendem v řízení vozidla je v současné době ta skutečnost, že dosud využívané mechanické prvky a elektronické systémy začínají být nahrazovány modernějšími systémy zvanými „X-by-Wire“³, ve kterých se využívá snímání nejrůznějších povelů řidiče moderními senzory. Doručené informace jsou následně

³ VLK, F. Automobilová elektronika 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 4. ISBN 80-239-6462-3

elektronicky zpracovávány a jsou přeposílány do řídicích jednotek konkrétních asistenčních systémů. Jako příklad lze uvést systém „Drive-by-Wire“, což je systém elektronického pedálu plynu⁴, avšak tento systém dosud není na dostatečně vysoké technologické úrovni, aby mohl být již komponován do vozidel. Mezi další takové systémy můžeme zařadit podpůrné systémy řízení - „Steer-By-Wire“ nebo brzdové soustavy - „Brake-By-Wire“, které jsou potřebné pro zavedení moderních komfortních a bezpečnostních systémů, které však je možné zavést pouze za předpokladu funkčnosti a návaznosti na tyto X-By-Wire systémy.

Elektronické systémy ve vozidlech dělíme podle způsobu jejich použití na čtyři základní skupiny, kterými jsou:

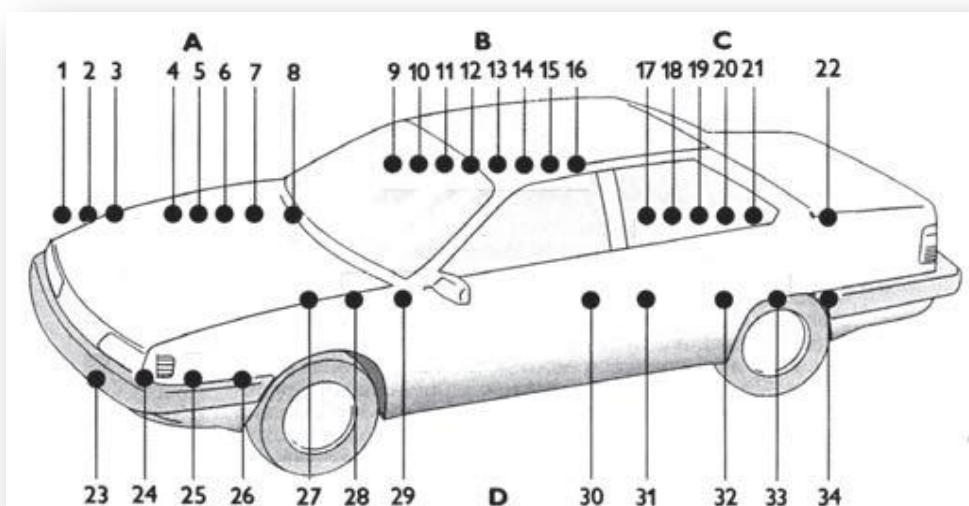
- Komunikační systémy
- Systémy hnacího ústrojí
- Systémy komfortní jízdy
- Bezpečnostní systémy⁵

Na následujícím obrázku číslo 1 je zobrazeno schéma a rozdělení elektronických systémů použitých v automobilu. Jedná se o informativní schéma pro nastínění rozmístění jednotlivých elektronických systémů ve vozidle podle jejich využití.

⁴ VLK, F. Automobilová elektronika 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 4. ISBN 80-239-6462-3.

⁵ VLK, F. Automobilová elektronika 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 3. ISBN 80-239-6462-3.

Obrázek 1 - Schéma rozmístění elektronických systémů ve vozidle⁶



A - **Hnací soustava:** 1 – řízení samočinné převodovky, 2 – regulace vstřikování vznětového motoru, 3 – digitální řízení zapalování a vstřikování zážehového motoru, 4 – sonda lambda, 5 – regulace volnoběhu, 6 – diagnostika motoru, 7 – elektronický akcelerační, 8 – řídicí jednotka motoru

B – **Komunikační soustava:** 9 – výstup hlasového syntezátoru, 10 – řízení různých funkcí hlasem, 11 – rádio, 12 – palubní počítač, 13 – telefon, 14 – navigační přístroj, 15 – nová technologie displejů, 16 – systém multiplex

C – **Zařízení pro komfort:** 17 – tempomat, 18 – vytápění a klimatizace, 19 – seřizování polohy sedadel s pamětí, 20 – centrální zamykání, 21 – regulace odpružení, 22 – čidlo vzdálenosti při couvání

D – **Bezpečnost:** 23 – radarová výstraha nejmenší bezpečné vzdálenosti, 24 – stírače a ostřikovače světlometů, 25 – hlavní světlomety s výbojkami, 26 – regulace stíračů a ostřikovačů, 27 – autodiagnostika vozidla, 28 – indikátor servisních intervalů, 29 – monitor provozních náplní a opotřebení brzd, 30 – spouštěcí soustavy airbagů a napínačů bezpečnostních pasů, 31 – zabezpečovací soustava vozidla (alarm, imobilizér), 32 – kontrola tlaku v pneumatikách, 33 – protiblokovácí a protiprokluzová soustava, 34 – soustava řízení dynamiky vozidla.

⁶ VLK, F. Elektronické systémy motorových vozidel. *Soudní inženýrství: časopis pro soudní znalectví v technických a ekonomických oborech*. [online] Brno: Ústav soudního inženýrství Vysokého učení technického v Brně. 2005, č. 4, s. 194 [cit. 2018.11.18]. ISSN 1211-443x. Dostupné z WWW: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-04-193-212.pdf>

Dále je možné elektronické systémy rozdělit podle míry aktivního zásahu do řízení v kritických situacích na dva základní prvky:

- prvky aktivní bezpečnosti
- prvky pasivní bezpečnosti⁷

Hlavní rozdíl mezi aktivními a pasivními prvky bezpečnosti najdeme ve způsobu jejich využití. Prvky aktivní bezpečnosti mají za úkol předejít vzniku dopravní nehody napomáháním při řešení vzniklé nebezpečné situace, jako je například uvedení vozidla do smyku při prudkém brzdění. Elektronických systémů spadajících do kategorie prvků aktivní bezpečnosti je celá řada, jako příklad můžeme uvést pravděpodobně veřejnosti nejznámější systém „Anti-lock brake system“ neboli systém ABS, který je v současné době jedním z nejzákladnějších elektronických systémů zaváděných do vozidel. Elektronický systém ABS je v další části této bakalářské práce autorem podrobně popsán. Oproti tomu, prvky pasivní bezpečnosti mají za úkol minimalizovat možné následky v případě vzniku dopravní nehody. Mezi prvky pasivní bezpečnosti řadíme zejména deformační zóny vozidla. To jsou části karoserie vozidla přímo určené k deformování v případě dopravní nehody, čímž dochází ke zmírnění celkových následků střetu, zejména ochraně cestujících ve vozidle. Do prvků pasivní bezpečnosti dále řadíme systém airbagů a napínačů bezpečnostních pásů.

Nelze říct, že by jedny z uvedených prvků byly důležitější, nežli druhé z nich. Společně však vysoce zvyšují bezpečnost motorového vozidla. Elektronické systémy jsou stále vyvíjeny a zdokonalovány tak, aby riziko vzniku nejrůznějších krizových situací bylo minimální. Od nejzákladnějších k těm nejsložitějším a nejmodernějším systémům tvoří v současné době velmi důležitou a ucelenou součást každého motorového vozidla.

⁷ MATTES, B. *Bezpečnostní a komfortní systémy*. Praha: Robert Bosch, 2000. s. 1-2. ISBN 80-902585-9-x.

5. Elektronický systém ABS

Elektronický systém **ABS** - "**Anti-lock brake system**", čili protiblokovací brzdový systém, je v současné době jedním ze základních elektronických systému užívaných v motorových vozidlech. Jedná se o systém, který zabraňuje zablokování kol vozidla při brzdění, po kterém by mohlo dojít ke ztrátě přilnavosti kol vozidla k povrchu komunikace. Tím dochází ke zvýšení stability vozidla a ve vysoké míře se eliminuje vznik smyku, při kterém se vozidlo stává v podstatě neřiditelným.

Obrázek 2 - Úhybný manévr vozidla⁸



Na obrázku číslo 2 je v jeho levé části zakreslena situace, kdy dochází k náhlému úhybnému manévru s vozidlem opatřeným systémem ABS. V pravé části obrázku je zakreslena shodná situace, avšak vozidlo v tomto případě není opatřeno systémem ABS. Jak je na obrázku vidět, řidič vozidla opatřeného systémem ABS dokáže danou situaci zvládnout bez rizika, že by se vozidlo dostalo do smyku. Oproti tomu ten samý řidič za shodných podmínek, avšak při jízdě s vozidlem bez systému ABS, se při snaze reagovat úhybným manévrem na vzniklou situaci dostává s vozidlem do smyku. Při tom vozidlo vlivem fyzikálních zákonů částečně ztrácí přilnavost s vozovkou a stává se ve své podstatě nekontrolovatelným.

⁸ Zdroj: AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2019-02-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system>>

5.1 Historie systému ABS

Historie systému ABS sahá až do období první světové války, kdy byl vynalezen pro letecký průmysl francouzským průkopníkem letectví a konstruktérem letadel a automobilů Gabrielem Voisinem, který jej využil pro letadla své konstrukce. Systém ABS byl ve své době jednoduchý, avšak zkušenosti s jeho použitím dokázaly, že je účinný. Princip spočíval ve využití setrvačnicku připojenému k podvozku letadla, konkrétně k brzdovému kotouči, který se měl točit stejnou rychlostí, jako jednotlivá kola. Setrvačnick byl připojen k ventilu a byl propojen s brzdovými hadičkami. Při dotyku kol s pevnou zemí při přistávání a následném brzdění docházelo k rozdílu rychlostí kol a setrvačnicku, čímž se otevřel ventil, kterým bylo upuštěno malé množství brzdové kapaliny do připojené nádoby. Ventil se po chvíli opět uzavřel v důsledku vyrovnání rychlostí kola a setrvačnicku. Tento systém se ukázal jako použitelný a účinný. Dále byl však vyvíjen a již v roce 1936 si nechala německá firma Bosch patentovat „**Zařízení k zabránění silného brzdění kol motorového vozidla**⁹⁾“. Další vývoj byl však již směřován k tomu, aby bylo pro systém ABS využito stále více dokonalejší elektroniky. Na počátku sedmdesátých let 20. století byla v tomto směru nejdále ve vývoji americká firma Chrysler, která ve spolupráci s další americkou firmou Bendix Corporation vyvinula elektronický protiblokovací brzdový systém pojmenovaný „sure brake¹⁰⁾“. Tento systém byl v roce 1971 použit ve vozidle Chrysler Imperial. Roku 1975 začala firma Bosch vyvíjet v kooperaci s automobilkou Mercedes-Benz moderní elektronický systém ABS a roku 1978 na základě tohoto vývoje vznikl systém nazvaný ABS Bosch 2S. Tento systém byl poprvé zabudován do osobního vozidla Mercedes-Benz třídy S typ W116, následovaného osobním vozidlem BMW řady 7 E23. Prvním vozidlem na světě, které bylo sériově vybaveno systémem ABS, bylo v roce 1985 osobní vozidlo Ford Scorpio. V roce 1989 zdokonalila firma Bosch svůj systém ABS pojmenovaný ABS 2E. Od původního ABS se lišil spojením elektroniky a hydraulického systému brzd. K dalšímu zdokonalení systému došlo v roce 1993, kdy byl vyvinut systém nazvaný ABS Bosch 5.0. Lišil se zejména rozměry a hmotností, když byl o polovinu lehčí, než předchozí systém 2E. V současné době nejmodernější

⁹⁾ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2019-02-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system>>

¹⁰⁾ HAGERTY. *Protiblokovací brzdy: Kdo byl opravdu první?* [online] Copyright © 1996-2019 The Hagerty Group, LCC [cit. 2019-03-23]. Dostupné z WWW: <<https://www.hagerty.com/articles-videos/articles/2013/04/09/antilock-brakes>>

verzí je systém ABS Bosch 8.0, avšak je velmi pravděpodobné, že dojde i k jeho další modernizaci.

Faktem, že systém ABS je v současné době jeden z nejdůležitějších systému zakomponovaných do moderních motorových vozidel, potvrzuje i rozhodnutí sdružení ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles neboli Evropská asociace výrobců automobilů) z roku 2004. Toto rozhodnutí spočívalo v dohodě evropských výrobců automobilů, že od tohoto data budou všechna nově homologovaná motorová vozidla opatřena systémem ABS.¹¹

Na následujícím obrázku číslo 3 je znázorněn vývoj systému ABS firmou Bosch. V závislosti na zdokonalování systému ABS v průběhu let je patrné, že systém je stále menší, lehčí, avšak více efektivní. V tabulce uváděné hodnoty jsou směrem shora dolů tyto: Generace systému ABS, váha uváděná v kilogramech, počet součástí a celková operační paměť systému uváděná v kilobytech.

Obrázek 3 - Tabulka vývoje systému ABS¹²

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

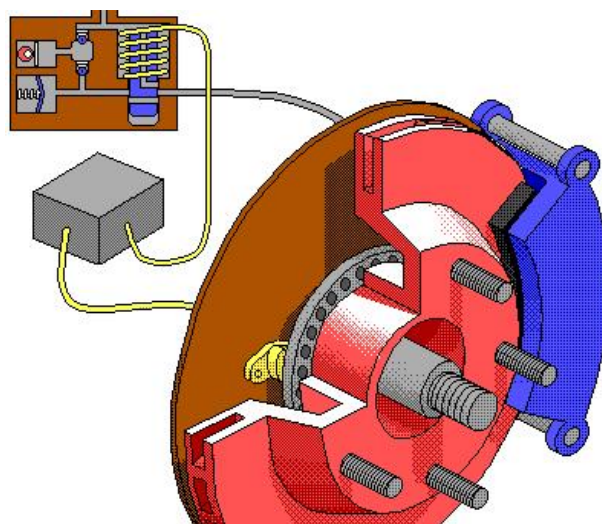
¹¹ MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY. *Prvky aktivní bezpečnosti motorových vozidel a kriminalistické stopy*. [online] Copyright © 2018 Ministerstvo vnitra České republiky [cit. 2018-11-05]. Dostupné z WWW: <<https://www.mvcr.cz/sluzba/docDetail.aspx?docid=33845&doctype=ART>>

¹² AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2018-11-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system>>

5.2 Struktura systému ABS

System ABS se skládá z několika různých komponentů. Prvním a nejdůležitějším z nich je řídicí jednotka systému ABS, která má za úkol vyhodnotit situaci brzdění. Na obrázku číslo 4 je řídicí jednotka znázorněna šedou krabičkou, do které vedou dva žluté vodiče. Za pomoci regulačního ventilu, na obrázku znázorněného hnědou součástí nad řídicí jednotkou, dokáže řídicí jednotka snižovat tlak působící na brzdové obložení. Tímto snížením tlaku v brzdové soustavě dochází k poklesu výkonu brzd a tím k opětovnému uvedení zablokovaného kola do pohybu. Dále je systém opatřen snímačem otáček kola, na uvedeném obrázku znázorněn žlutým čidlem ve výřezu brzdového kotouče (znázorněn růžovou barvou) a snímacími neboli impulsními kroužky. Ve starším provedení byly impulsní kroužky upevněny na náboji kol a byly tvořeny kovovým kroužkem připomínajícím hřebínek. V novějším provedení jsou již impulsní kroužky obsaženy ve vnějších guferech (gumové těsnění ložisek a hřídelí) ložisek jednotlivých kol a jsou tvořeny magnetickým kroužkem. Tuto novější variantu nazýváme jako *magnetorezistenční* nebo také *aktivní* snímač otáček. Aktivní snímač má výhodu v tom, že dokáže snímat otáčky kol již od nulových rychlostí. Tento klad je nadále využíván například u protipokluzových asistenčních systémů při rozjezdu vozidla¹³.

Obrázek 4 - Schéma brzdové soustavy¹⁴

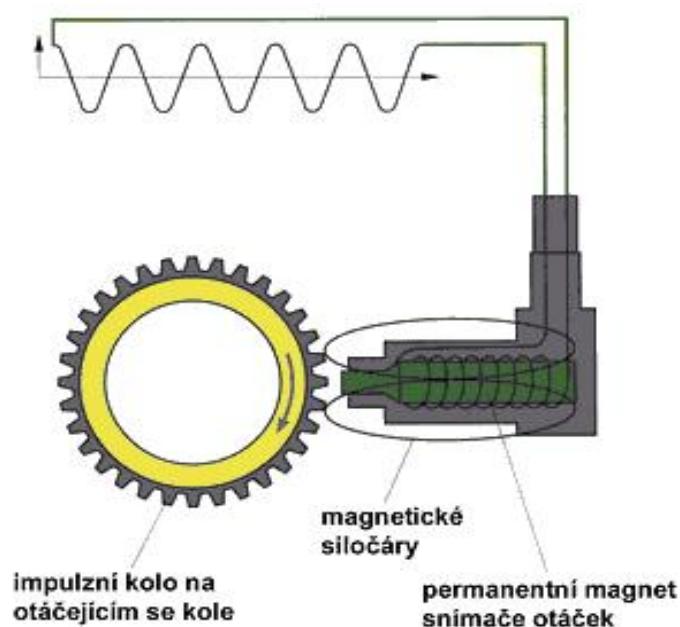


¹³ VLK, F. *Automobilová elektronika 1*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 130. ISBN 80-239-6462-3.

¹⁴ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2018-11-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system>>

Snímačem otáček a impulsním kroužkem je vybaveno každé kolo. Snímač má za úkol přenášet řídicí jednotce informace o otáčení každého kola a v případě zablokování kola dává pokyn řídicí jednotce k uvedení kola znovu do pohybu. Spojení mezi snímačem otáček kola a impulsním kroužkem je znázorněno na obrázku číslo 5. Celá komunikace pracuje na principu vysílání magnetických siločar, které vysílá magnet umístěný v čidle snímače. Siločáry se poté odrážejí od impulsního kroužku v závislosti na rychlosti jízdy vozidla a tím je zaznamenáván pohyb každého kola.

Obrázek 5 - Schéma impulsního kroužku a snímače otáček¹⁵



5.3 Varianty systému ABS

Varianty elektronického systému ABS můžeme mezi sebou odlišit zejména použitím odlišných typů řídicích jednotek, které jsou základním stavebním kamenem celého systému. Existují 2-kanálové, 3-kanálové a 4-kanálové řídicí jednotky. Firma Bosch, která je v současné době hlavním a nejvýznamnějším výrobcem systému ABS, však používá již pouze 3- a 4-kanálové řídicí jednotky, jelikož 2-kanálové systémy řídicí jednotky již mají některá omezení a tím nesplňují ta nejpřísnější kritéria pro výběr typu řídicí jednotky. Rozdíl mezi 3- a 4-kanálovým systémem je v použití různého počtu čidel snímačů otáček kol a v zapojení brzdových okruhů. U 3-kanálového systému se používají 3 nebo 4 čidla snímačů otáček kol a zapojení brzdového okruhu

¹⁵ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou.* [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2018-11-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system>>

přední a zadní nápravy. Systém pracuje tak, že obě přední kola jsou regulována samostatně, ale kola na zadní nápravě jsou řízena společně. Oproti tomu 4-kanálový systém je v tomto směru dokonalejší. Používají se 4 čidla snímačů otáček kol a zároveň jsou regulována kola přední i zadní nápravy samostatně. Brzdové okruhy jsou v tomto případě zapojeny úhlopříčně. Tento systém je bezpečnější a nemůže při něm dojít k zablokování zadních kol, jak tomu může být u použití 3-kanálové řídicí jednotky. Vozidlo je během brzdění nebo při vyhýbání se mnohem stabilnější. Tento typ řídicí jednotky dokáže daleko přesněji reagovat na zablokování jednotlivých kol během jízdy.

5.3.1 Systém ABSplus

Elektronický systém ABSplus byl vyvinut a patentován společností Volkswagen Group zejména pro SUV a offroadová vozidla pro jízdu na nezpevněném povrchu v terénu, zejména na polních nebo lesních cestách. Jde v podstatě o vylepšený systém protiblokovacího brzděného systému ABS použitý poprvé u typu Volkswagenem Touareg využitelný pro jízdu na nezpevněném povrchu. Na komunikaci tvořené šterkovým, hliněným nebo jiným nezpevněným povrchem dokáže při použití systému ABSplus zkrátit brzdovou vzdálenost až o 20% oproti brzdě dráze za pomoci základního systému ABS.¹⁶

Princip vylepšeného systému ABSplus spočívá v tom, že pokud jede vozidlo na nezpevněném povrchu a dochází k prudkému brzdění, ztrácí vozidlo přilnavost ke komunikaci a stabilitu, čímž se prodlužuje brzděná dráha. Systém ABSplus během brzdění při sešlápnutém brzdovém pedálu dokáže oproti systému ABS nechat kola na malou chvíli zablokovaná, čímž se před zablokovaná kola dostane malé množství povrchu nezpevněné komunikace. Tím se před koly vytvoří malý klín, který následně při opětovném odblokování kol napomáhá snižovat rychlost vozidla a tím snižuje vzdálenost brzdě dráhy.

5.3.2 Systém ABS + CBC

Elektronický systém CBC – „Cornering Brake Control“ byl vyvinut a představen v roce 1997 automobilkou BMW jako doplněk a vylepšení k elektronickému systému ABS pro použití při jízdě v zatáčkách nebo při náhlém úhybném manévru. Systém

¹⁶ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou.* [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2018-11-12]. Dostupné z WWW: < <http://www.autolexicon.net/cs/articles/absplus/>>

pracuje na principu úpravy velikosti brzdného tlaku, který působí na jednotlivá kola. Úpravou tlaku dokáže vozidlo efektivněji brzdit, a to především v zatáčkách, kdy při vyšších rychlostech na vozidlo působí dostředivé síly. Díky těmto silám by v krajních případech mohlo dojít až k převrácení vozidla na bok. Působením systému ABS + CBC dochází k vyhodnocení krajní situace a zvýšením brzdného tlaku v konkrétních kolech dojde k efektivnímu přibrzdění vozidla a tím k bezpečnému zvládnutí vzniklé krizové situace.¹⁷

5.4 Osobní zkušenosti s řízením vozidel vybavených systémem ABS a vozidel bez systému ABS

Během své praxe v řízení motorových vozidel jsem měl možnost řídit na jedné straně vozidla, která nebyla opatřena systémem ABS a jeho doplňků a na straně druhé ta vozidla, která již byla z výroby těmito systémy opatřena. Mohu tedy říct, že jízda s vozidly, která jsou systémem ABS vybavena, je zejména na kluzkých pozemních komunikacích daleko bezpečnější a komfortnější. Při jízdě na suché, neznečištěné komunikaci, která je tvořena vrstvou živice a je ideálně v přímém směru, rozdíl není tak patrný.

Rozdíly v řízení těchto vozidel jsem však shledal při zvládnání různých krizových situací, například když jsem se zúčastnil kurzu bezpečné jízdy na uzavřeném polygonu poblíž obce Dlouhá Lhota u Příbrami. Tohoto kurzu jsem se zúčastnil hned dvakrát, kdy jsem nejprve měl možnost vyzkoušet si celý okruh se služebním vozidlem Škoda Octavia II v barvách Policie České republiky. Později jsem si kurz zopakoval se svým osobním vozidlem tovární značky Volkswagen Passat Variant. Obě vozidla měla ve výbavě zakomponována elektronické systémy ABS, ESP a ASR. Svým soukromým vozidlem jsem se kurzu zúčastnil zejména proto, abych mohl porovnat rozdíly v chování různých vozidel během krizových situací. Vyřazením uvedených systémů z provozu u mého soukromého vozidla jsem se dále pokusil simulovat situaci, kdy těmito systémy vozidlo vybaveno není. Abych mohl všechny testy porovnat, označil jsem si vozidla, která jsem při testech použil, jako *Octavia*, *Passat +* a *Passat -*. Během tohoto kurzu jsem si tedy mohl vyzkoušet nejrůznější krizové situace, které během řízení mohou nastat. Veškeré testy jsem prováděl vždy na třech druzích povrchu, kdy

¹⁷ CBT CARBIKETECH.COM. *Co je to ovládání v zatáčkách v autech a jak to funguje?*. [online] Copyright © 2019 CarBikeTech [cit. 2019-01-22]. Dostupné z WWW: <<https://carbiketech.com/cornering-brake-control/>>

první z nich vždy simuloval suchý povrch, druhý z nich mokrý a třetím druhem povrchu bylo náledí simulované nástřikem vody na vrstvu speciální barvy natřené na povrchu komunikace.

První test byl založen na pouhém brzdění při jízdě v přímém směru v různých rychlostech na různých površích. Test byl na první pohled jednoduchý, ale potřebný pro zjištění vlastností vozidla při krizovém brzdění. Při tomto prvním testu jsem si ověřil, že se každé vozidlo skutečně chová v daných situacích odlišně. Se zvyšující se rychlostí jízdy byly délky brzdných drah vozidel rozdílné. Zajímavý na tomto testu byl fakt, že vozidlo *Passat*- měl nejkratší brzdnou dráhu na suchém povrchu, zatímco na mokrém povrchu i na náledí vlivem vyřazených elektronických systémů z provozu byla brzdná dráha ve všech rychlostech nejdelší. Dále jsem si ověřil, že záleží také na hmotnosti a těžišti vozidla, přičemž vozidlo *Passat+* vlivem vyšší hmotnosti potřebuje k úplnému zastavení delší dráhu, než vozidlo *Octavia*.

Obrázek 6 – Test brzdění při jízdě přímým směrem¹⁸



Druhý test simuloval situaci, kdy je třeba využít úhybného manévru. Skládal se z jízdy v přímém směru a následným náhlým objetím pevné překážky tvořené vodní stěnou, která se vytvořila na pravé nebo levé straně ve směru jízdy v závislosti na rozhodnutí instruktora kurzu. Při tomto testu se již projevil zejména rozdíl mezi vozidlem opatřeným uvedenými elektronickými systémy a vozidlem, na kterém byly tyto systémy vypnuté. Při nižších rychlostech jízdy do zhruba 60 km/hod se všechna vozidla na suchém povrchu dokázala překážce vyhnout, avšak se vzrůstající rychlostí o několik desítek km/hod v jízdě již vozidlo *Passat*- i na suchém povrchu nedokázalo

¹⁸ Zdroj: autor bakalářské práce

bezpečně překážku objet. Na mokrém povrchu i na náledí se při rychlosti jízdy 50 km/hod, respektive 40 km/hod v případě náledí, již vozidlo *Passat*- dostalo do smyku a nedokázalo se překážce bezpečně vyhnout. Oproti tomu vozidla *Octavia* a *Passat+* zvládla tento manévr i při rychlosti 90 km/hod na suchém povrchu, při rychlosti 75 km/hod na mokrém povrchu a při rychlosti 50 km/hod na náledí. I při tomto testu se projevil mírný hmotnostní rozdíl mezi vozidly *Passat+* a *Octavia*, kdy v konečném výsledku mělo vozidlo *Octavia* v porovnání s vozidlem *Passat+* nepatrně lepší výsledky.

Obrázek 7 - Test úhybného manévru¹⁹



Třetí test byl směřován na průjezd po vnitřním a vnějším obvodu kružnice, kdy vnitřní část kružnice byla opět opatřena vrstvou speciální barvy, která simuluje mokrý povrch a v kombinaci s vodou náledí. Tento test můžeme využít zejména na kruhových objezdech. Test spočíval v co nejrychlejším průjezdu nejprve po vnějším obvodu kružnice simulujícím suchý povrch a následným několikanásobným objetím kružnice. Při tomto testu není podle mého názoru tak důležité vyhodnocovat jednotlivou rychlost jízdy. Všechna vozidla byla vlivem odstředivých sil vytlačována směrem ven z kružnice a mým úkolem nebylo zjistit, kdy se vozidla dostanou vlivem těchto sil mimo ně. Naopak jsem měl za úkol vozidlo v co možná nejvyšší rychlosti udržet v plynulém kroužení okolo přechodu vnitřní a vnější kružnice. Důležitým závěrem pro mě v tomto případě byl fakt, že pokud se vozidlo dostane při zatáčení do smyku a směřuje mimo profil kružnice, je důležité co nejrychleji snížit rychlost. Aby však vozidlo dokázalo

¹⁹ Zdroj: autor bakalářské práce

brzdit, je důležité před brzděním nejprve srovnat kola do přímého směru jízdy, kterým vozidlo v danou chvíli směřuje a poté krátce zabrzdit. Toto pravidlo platilo pro všechny druhy povrchů. Vozidlo po tomto manévru zpomalilo a následně dokázalo opět bezpečně reagovat na průjezd po kružnici. Při jízdě na povrchu tvořeném náledím byl jediný rozdíl pro bezpečné projetí pouze v rychlosti jízdy, která byla násobně nižší, než v případě suchého povrchu. I při tomto testu byl výsledek s vozidlem *Passat*- nejhorší, kdy mělo vozidlo zejména absencí elektronického systému ASR a ESP/ESC tendenci dostávat se do přetáčivého smyku.

Obrázek 8 - Průjezd po obvodu kruhového objezdu²⁰



Poslední ze skupiny mnoha testů na různých stanovištích, který je podle mého názoru pro běžný provoz na pozemních komunikacích důležitý, byl test při průjezdu vodní vanou naplněnou vrstvou několika centimetrů vody. Tento test má za úkol napodobit situaci, kdy může dojít k jevu zvanému aquaplaning. Je to jev, který vzniká například za deště nebo sněžení. Souvisí se schopností pneumatiky reagovat na přísun vody, případně sněhu, který se nachází na povrchu vozovky, po které vozidlo jede. Voda vytváří před otáčejícími se pneumatikami vlivem jejich vytlačování vodní klín. V případě, kdy pneumatiky ztratí schopnost přilnavosti k vozovce, se stává vozidlo neovladatelné a chová se stejně jako při jízdě na ledě. Ztráta této schopnosti souvisí s několika faktory. Jsou jimi hloubka dezénu pneumatiky, množství vody na vozovce, povrch komunikace a rychlost vozidla. Test na polygonu jsem vzhledem k jeho technickým podmínkám nemohl vyzkoušet s vozidlem *Passat*-. Test spočíval v najetí

²⁰ Zdroj: autor bakalářské práce

vozidlem ve vysokých rychlostech do koryta naplněného vrstvou vody a následným zabrzděním vozidla na určitou vzdálenost. Důležitý faktor pro úspěšné zabrzdění jsem v tomto případě spatřil v zachování chladné hlavy při tom, když se vozidlo do aquaplaningu dostane. Je důležité držet volant v přímém směru jízdy, kterým vozidlo jede, mít sešlápnutý pedál spojky a čekat do okamžiku, kdy vozidlo opět získá adhezi s povrchem komunikace. To se stane zpravidla zpomalením vozidla nebo změnou povrchu vozovky. Až v tomto případě je možné začít brzdit. Překvapil mě i způsob, kterým se aquaplaning pozná, totiž že vozidlo v tu chvíli nejeví žádný odpor a navodí tedy pocit, jako kdyby plachtilo vzduchem. Byl jsem však překvapen, že jsem v tomto případě nezaznamenal žádný rozdíl v brzdě dráze mezi vozidly *Octavia* a *Passat*+

Obrázek 9 - Simulace Aquaplaningu²¹



Po absolvování kurzu bezpečné jízdy se mi potvrdila má dřívější zkušenost, že jízda s vozidlem, které je vybaveno systémem ABS a jeho doplňky je mnohem bezpečnější. Vozidlo je za jízdy stabilnější, reakce na zásah do řízení je plynulejší. Dokáže lépe reagovat na pedály brzdy i plynu. Nejdůležitější zkušeností z mého osobního pohledu je však to, že při řízení vozidla opatřeného systémem ABS a jeho dalších doplňujících elektronických systémů se toto vozidlo mnohem lépe ovládá při nepředvídatelném úhybném manévru. Takové úhybné manévry jsou nutné například při snaze vyhnout se během jízdy například náhlému vběhnutí dítěte do vozovky nebo bezprostřednímu vběhnutí lesní zvěře před jedoucí vozidlo. Pokud vozidlo není systémem ABS vybaveno, dochází při těchto manévrech často ke smyku, při kterém se stává neřiditelným a tím pádem nebezpečnějším.

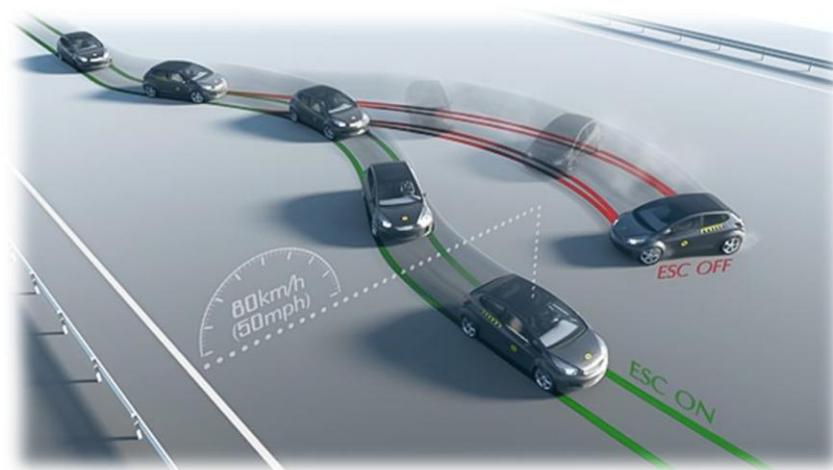
²¹ Zdroj: autor bakalářské práce

5.5 Návaznost systému ABS na další elektronické systémy

Elektronický systém ABS jako základní systém užívaný v moderních vozidlech má přímou návaznost na další důležité elektronické systémy, které mají systém ABS doplnit a tím ještě více snížit možnost vzniku krizové situace během jízdy.

5.5.1 Systém ESP a jeho modifikace

Obrázek 10 - Systém ESC²²



Prvním z nich je elektronický systém **ESP** neboli "**Electronic stability programme.**" Také se můžeme setkat s názvem **ESC** - "**Electronic Stability Control**", který se od systému ESP liší v podstatě pouze názvem a mírnou inovací svých funkcí. Systém ESC je používán automobilkou Volkswagen, avšak princip obou těchto systémů je stejný. Jeho úkolem je elektronická stabilita vozidla používáním cílených elektronických zásahů do brzdového systému, převodového ústrojí a řízení motoru. Těmito zásahy dochází ke stabilizaci vozidla v případech, kdy vozidlo začne vybočovat ze směru, kterým by mělo jet²³. Na obrázku číslo 10 je zakresleno schéma průjezdu dvou vozidel při zvládnání úhybného manévru. Vozidlo využívající funkční systém ESP/ESC jede po zeleně vyznačené dráze a úhybný manévr zvládá při vyobrazené rychlosti 80 km/hod, aniž by vlivem fyzikálních sil bylo vytlačeno mimo komunikaci. Skutečnost, že je vozidlo vybaveno funkčním systémem ESP/ESC, je na obrázku znázorněna zeleným nápisem ESC ON. Oproti tomu stejné vozidlo s deaktivovaným

²² AUTOBUZZ.MY. *Co je to: Elektronická kontrola stability (ESC)*. [online] Copyright © 2018 Big Buzz Media Sdn Bhd [cit. 2019-21-03]. Dostupné z WWW: <<https://autobuzz.my/2018/01/24/electronic-stability-control-esc/>>

²³ VLK, F. *Automobilová elektronika 2 – Asistenční a informační systémy*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 130. ISBN 80-239-6462-3.

systémem ESP/ESC tento manévr za předpokladu stejné počáteční rychlosti vozidla nezvládá. Na obrázku je tento fakt označen červenou jízdní dráhou a nápisem ESC OFF. Z tohoto vyobrazení je patrné, že je zapotřebí, aby systém dokázal vyhodnotit směr jízdy vozidla a směr, kudy vozidlo má doopravdy jet. Proto systém ESP pro svou správnou funkci obsahuje několik různých snímačů, konkrétně:

- snímač natočení úhlu volantu
- snímač polohy plynového pedálu
- snímač tlaku brzdové kapaliny
- snímač rotační rychlosti
- snímač podélného a příčného zrychlení
- snímač otáček všech kol.²⁴⁾

Odpověď na otázku, kudy vozidlo skutečně v danou chvíli jede, udávají snímače natočení úhlu volantu, polohy plynového pedálu a tlaku brzdové kapaliny v brzdovém válci. Zbylé snímače vyhodnocují skutečný směr jízdy vozidla. Naměřené hodnoty ze všech snímačů jsou odesílány do řídicí jednotky systému ESP, kde dochází k vyhodnocení situace. V případě, že ji řídicí jednotka vyhodnotí jako krizovou, dochází k okamžitému zásahu, při kterém je zajištěna vyšší stabilita vozidla.

Existuje několik dalších elektronických systémů, které využívají velmi podobného principu, jako systém ESP. Jsou to systémy:

- AHS** - "Active Handling System,"
- DSC** - "Dynamic Stability Control,"
- VDC** - "Vehicle Dynamics Control"
- VSC** - "Vehicle Stability Control."

Tyto systémy se liší pouze využitím u různých výrobců automobilů. Jinak se jedná o prakticky totožné elektronické systémy, jakým je základní systém ESP/ESC.

²⁴⁾ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou.* [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2019-01-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme>>

5.5.2 Zpracování dat systému ESP

Systém ESP využívá komponenty shodné se základním systémem ABS/ASR. Vstupní signály, které se přivádějí do řídicí jednotky, rozdělujeme na:

- analogové, kam řadíme například hodnotu tlaku v brzdovém válci a které jsou následně převáděny na digitální hodnoty pro použití v mikroprocesoru řídicí jednotky,
- digitální, kam řadíme například úhel natočení volantu a které mohou být mikroprocesorem ihned zpracovány a
- impulsní, kam řadíme signály pocházející z indukčního snímače otáček kol

Zpracování vstupních signálů probíhá v uvedeném mikroprocesoru řídicí jednotky systému ESP. Pro zpracování je zapotřebí vnitřní paměti, obdobně jako je to třeba ve výpočetní technice. Mikroprocesory k tomuto účelu využívají pevnou paměť (typ paměti ROM, EPROM, Flash EPROM), která je však závislá na neustálém energetickém připojení. Dále je využívána mazatelná paměť (EEPROM – energeticky nezávislá paměť), a to zejména pro nastavování konkrétních hodnot a výrobních dat. Řídicí jednotky jsou dále vybaveny kvůli různým variantám vozidel nejrůznějším kódováním těchto dat. V pevné paměti typu EPROM je proto uloženo několik základních vozidlových souborů, přičemž kódováním se vybírá konkrétní datový soubor, který má být momentálně využíván²⁵.

5.5.3 Systém EDS

Dalším důležitým elektronickým systémem doplňujícím ABS je systém **EDS** neboli "**Elektronische Differenzialsperre.**" Jedná se o systém elektronické uzávěry diferenciálu (mechanický prvek umožňující rozdělení pohonu na dva výstupní hřídele), kterého se využívá zejména v těch případech, kdy dojde k protáčení některého kola hnací nápravy vozidla. K tomu dochází nejčastěji v zimních měsících, kdy může být komunikace, po které vozidlo jede, částečně pokryta vrstvou sněhu nebo ledu. Nastává situace, kdy se některé z kol hnací nápravy začne na kluzké vozovce protáčet. Situace je vyhodnocována za pomoci snímače otáček kola systému ABS a vysláním

²⁵ ZANTEN, A. *Regulace jízdní dynamiky ESP*. Praha, 2001. s. 34 ISBN 80-902585-8-1.

signálu řídicí jednotky dojde k přibrzdění protáčeného kola. Tím dojde k vyrovnání síly působící na jednotlivá kola hnací nápravy a tím se zamezí prokluzu hnací nápravy. Systém EDS je účinný do rychlosti okolo 40 km/hod.

5.5.4 Systém ASR

Obrázek 11 – Společná kontrolka systému ESP a ASR²⁶



K elektronickým systémům navazujícím na ABS také můžeme zařadit protiprokluzový systém ASR - "**Antriebsschlupfregelung**."²⁷ Systém ASR velmi úzce spolupracuje s výše uvedeným systémem EDS. Tento systém však na rozdíl od systému EDS dokáže pracovat za jakékoliv rychlosti vozidla. Při kritických jízdních situacích, jakými jsou například přetáčivost nebo nedotáčivost vozidla, které vznikají při rozjezdu nebo brzdění především na zledovatělé silnici, dokáže řidič za pomoci ASR tyto situace mnohem lépe zvládnout²⁸. V situacích, kdy může během jízdy vozidla docházet k prokluzování kol hnací nápravy, systém ASR vyhodnotí danou situaci a záměrně sníží výkonu motoru na takovou hodnotu, aby k prokluzu kol nedošlo. Tím je zvyšována bezpečnost a stabilita vozidla, velký vliv má systém též na plynulost jízdy. Systém také velmi úzce spolupracuje se systémem ESP/ESC a dokonce na přístrojové desce automobilu využívají tyto dva systémy shodnou kontrolku, která je zakreslena výše na obrázku číslo 11.

²⁶ MAZDA CLUB.CZ. *Vysvětlení vybraných kontrolků moderních vozidel*. [online] Copyright © 2001-2019 www.mazdaclub.cz [cit. 2019-01-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.mazdaclub.cz/clanek/vysvetleni-vybranych-kontrolku-modernich-vozidel-64>>

²⁷ JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B., ČUPERA, J. *Automobily*. 4. vydání. Brno: Avid, 2012. s. 116 – 117 ISBN 978-80-87143-24-7

²⁸ ZANTEN, A. *Regulace jízdní dynamiky ESP*. Praha: Robert Bosch, 2001 s 34. ISBN 80-902585-8-1.

Podobně jako u systému ESP/ESC existuje několik typů protiprokluzového systému, které jsou v podstatě svého použití prakticky stejné, jako systém ASR. Tyto systémy se opět liší pouze využitím u různých výrobců automobilů. Jsou to systémy:

- **DTC** - "Dynamic Traction Control,"
- **ASC** - "Automatic Stability Control,"
- **ETC** - "Electronic Traction Control,"
- **ETS** - "Electronic Traction System,"
- **TCS** - "Traction Control System,"
- **TC** - "Traction Control."

5.5.5 Systém MSR

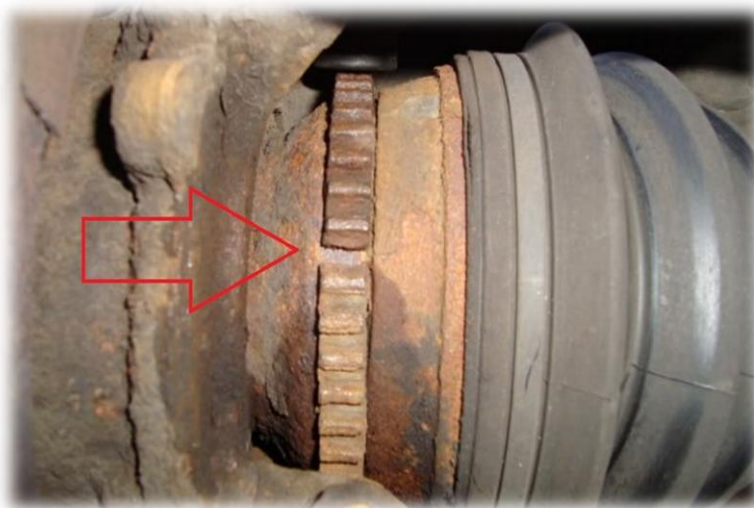
Podobným systémem, jakým je ASR, ale pracujícím na opačném principu, je elektronický systém **MSR** - "**Motorschleppmomentregelung**"²⁹, který také úzce spolupracuje se systémem ABS. Systém je využíván zejména moderními dieslovými motory, které jsou díky svému vysokému kroutivému momentu (kroutivý neboli točivý moment je silové působení na těleso snažící se udělit mu otáčivý pohyb, kde síla působí mimo osu rotace. Působících sil může být více, musí však působit společně na totéž těleso) schopny při prudkém ubrání plynu brzdění motorem. Zejména na klzké komunikaci tato skutečnost může způsobit zablokování kol hnací nápravy a tím uvést vozidlo do smyku. Systém MSR dokáže celou situaci vyhodnotit a zvýšit otáčky motoru do té míry, aby se kola neustále protáčela. K tomuto dochází opět ve spolupráci s řídicí jednotkou motoru a snímačů pohybu kol systému ABS.

5.6 Poruchy systému ABS a jejich možná řešení

Abych zjistil nejčastější příčiny poruchy elektronického systému ABS, konzultoval jsem tuto situaci s několika automechaniky, kteří mají s danou problematikou mnoholeté zkušenosti. Byl jsem překvapen, že se tyto odborníci nezávisle na sobě shodli na nejčastějších příčinách poruchy systému.

²⁹ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou.* [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2019-01-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/msr-motor-schleppmoment-regelung/>>

Obrázek 12 - Prasklý impulsní kroužek³⁰



První nejčastější poruchou systému ABS bývá poškození v oblasti impulsního kroužku nebo čidla snímače otáček kol. U starších provedení s impulsními kroužky umístěnými na náboji kol může vlivem stáří vozidla docházet ke korozi nebo prasknutí impulsního kroužku, jak je možné vidět na obrázku číslo 8. Při vyšší rychlosti vozidla je tato chyba v podstatě nezaznamenanatelná, jelikož mezi impulsním kroužkem a čidlem snímače otáček kol dochází k vysoké frekvenci přenosu signálu a systém ABS tedy nevyhodnotí chybu. Problém však nastává při pomalé jízdě vozidla. V tomto případě dochází k nestejně intenzitě signálu, přičemž systém ABS vyhodnotí situaci jako krizovou. Dochází tak ke spuštění systému ABS jako kdyby došlo k zablokování kola.

U novějších provedení s impulsním kroužkem umístěným ve vnějším guferu ložiska kola pak může dojít k přerušení pravidelnosti magnetických proužků, které jsou rozmístěny po celém obvodu impulsního kroužku. Toto poškození je patrné na obrázku číslo 5, kdy je za pomoci speciálního přípravku kontrolován magnetický kroužek, který by jinak nebyl patrný. Řešení tohoto problému spočívá ve výměně poškozeného impulsního kroužku. U tohoto typu impulsního kroužku však může vzniknout problém i v tom případě, kdy sice nedojde k jeho poškození, ale je nutné z jiného technického problému vyměnit ložisko kola a tím i impulsní kroužek, který je součástí gufera daného ložiska. Zde je třeba dbát na správné umístění ložiska, protože při jeho výměně může dojít k otočení ložiska impulsním kroužkem směrem blíže k náboji kola. Proto je

³⁰ AUTODÍLY MJAUTO. *Závada ABS při malé rychlosti* [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.mjauto.cz/zavada-abs-pri-male-rychlosti> >

nutné umístit vyměněné ložisko tak, aby bylo gufero s impulsním kroužkem směřováno vždy směrem ven od vozidla.

Obrázek 13 - Poškozený magnetický kroužek³¹



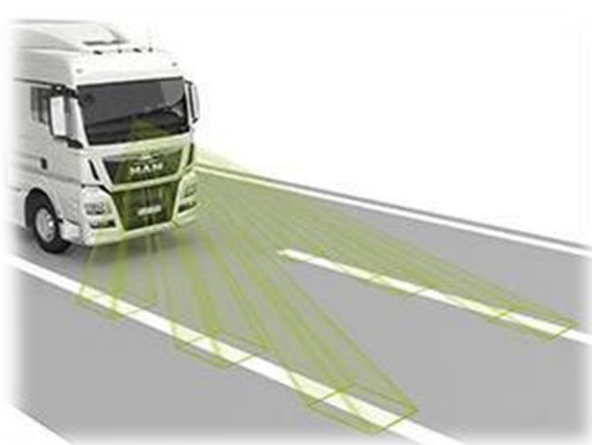
Druhou nejčastější poruchu systému ABS může způsobit znečištěné čidlo snímače otáček kol, díky kterému nedochází ke komunikaci mezi tímto čidlem a impulsním kroužkem. Tato skutečnost je zaznamenávána rozsvícením kontrolky systému ABS na přístrojové desce automobilu. V tomto případě je systém ABS nefunkční. Náprava je v tomto případě jednoduchá, spočívá v očištění čidla snímače otáček kol.

Třetí možností poruchy systému ABS bývá spojena s vadným spínačem brzdového světla umístěného na uložení plynového pedálu. Tato vada se opět projevuje rozsvícením kontrolky systému ABS na přístrojové desce automobilu, systém ABS je i v tomto případě nefunkční. Náprava je i v tomto případě poměrně jednoduchá a spočívá ve výměně vadného spínače brzdového světla.

³¹ AUTODÍLY MJAUTO. *Závada ABS při malé rychlosti* [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.mjauto.cz/zavada-abs-pri-male-rychlosti>>

6. Elektronický systém LGS

Obrázek 14 - Lane Guard System³²



Elektronický systém LGS - "Lane Guard System,"³³⁾ řadíme mezi elektronické systémy, které mají eliminovat opuštění jízdního pruhu v závislosti na vůli řidiče. Jako první jej v motorových vozidlech použila roku 1992 firma. První zkušenosti se systémem LGS byly pořizovány zejména v Japonsku při delších monotónních jízdách, kdy vzniká nebezpečí mikrospánku řidiče nebo poklesu pozornosti řidiče. Systém LGS dokáže sledovat, zda vozidlo jede ve svém jízdním pruhu s výjimkou, kdy řidič nepoužije ukazatel o změně směru jízdy vozidla. Vše je zaznamenáváno pomocí videokamery, která je umístěna za čelním sklem vozidla. Tato videokamera hlídá vozidlo v jízdním pruhu využíváním sledování bílých vodících čar na komunikaci, po které vozidlo jelo. Od roku 2002, kdy systém LGS použila firma Toyota, docházelo k jeho dalšímu zdokonalování. To spočívalo v tom, že kromě signalizace vyjetí z pruhu dochází k mírné korekci změny směru jízdy mírným otočením volantem. Videokamera umístěná za čelním sklem nebo ve zpětných zrcátkách vozidla snímá bílé vodící čáry na vozovce, díky čemuž vyhodnocuje polohu vozidla vzhledem k těmto čarám. Pokud vozidlo vyjede z tohoto vyznačeného prostoru, spustí se akustický signál podobný zvuku při najetí na vodící čáru při jízdě na dálnici. Signál je spuštěn pouze v případě, že řidič při vyjetí z jízdního pruhu nedal znamení o změně směru jízdy. Akustický signál

³² AUTOMOBIL REVUE *Asistenční systémy – dokonalá souhra*. [online] Copyright © 2011-2018 Redakce Automotorevue [cit. 2018-10-14]. Dostupné z WWW: <https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/asistenncni-systemy-dokonalasouhra_44483.html>

³³⁾ MAN LGS – Lane guard system. In Youtube [online]. 27.10.2015 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z WWW: < <https://www.youtube.com/watch?v=MFTJxWFDTZg&feature=youtu.be> >. Kanál uživatele MAN Truck & Bus

vychází z levého či pravého dveřního reproduktoru vozidla, podle směru vyjetí z jízdního pruhu. Systém LGS se aktivuje při rychlosti jízdy vozidla o minimální hodnotě 60 km/h. Lze jej za pomoci přepínače deaktivovat. Při rychlosti vozidla do 75 km/h jsou varovné signály vysílány na základě sledování vnitřních hran vodících čar, při vyšších rychlostech pak na základě vnějších hran vodících čar. V případě, že není komunikace označena vodícími čarami, je řidič upozorněn na to, že vysílání varovných signálů není možné. Řidič je na tuto skutečnost upozorněn na panelu kontrolky či na displeji přístrojové desky. V tomto případě je systém nefunkční, jelikož se kamera nemá čeho držet a nelze vyhodnotit danou situaci.

6.1 Vývoj elektronického systému LGS

Elektronické systémy používané v motorových vozidlech zpravidla nejsou vyvíjeny samotnými výrobci automobilů, ale jsou vyvíjeny na zakázku a instalovány do vozidel externími podniky. Nejsilnější z nich je firma Bosch, která dodává elektronický systém LGS například koncernu Volkswagen. Firma Bosch pro svůj systém LGS aktuálně využívá barevnou kameru s rozlišením 1 280 × 960 pixelů, kterou lze také využít například pro systém detekce chodců. Další v řadě výrobců elektronických systémů je firma Continental spolupracující s automobilkou Ford, firma TRW, která spolupracuje s automobilkou Nissan nebo firma Delphi spolupracující s automobilkou Volvo. Kamery různých firem, které tyto firmy pro své systémy k zabránění vyjetí z jízdního pruhu, však mají různé vlastnosti. Například kamera používaná firmou Continental dokáže vyhodnotit prostor před vozidlem do vzdálenosti až 40 metrů. Oproti tomu kamera firmy Delphi dokáže vyhodnotit prostor pouze okolo 25 metrů.

6.2 Dělení elektronického systému LGS

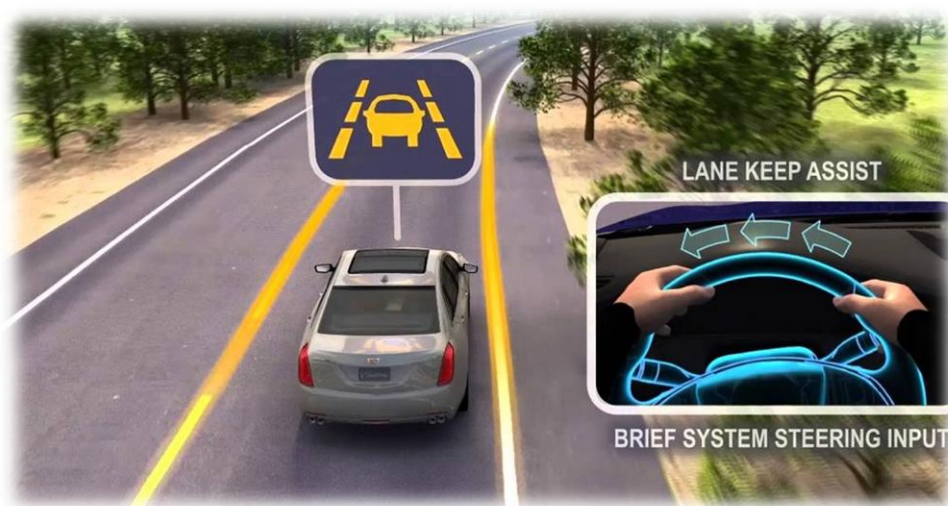
V současnosti dochází ke zdokonalování tohoto elektronického systému, který je dále dělen na dva hlavní podsystémy - **LDW** - "**Lane Departure Warning**"³⁴ a **LKA** - "**Lane Keep Aid**."³⁵ Rozdíl mezi těmito systémy je velký. Systém LDW je jednodušší, dokáže vyhodnotit situaci jako krizovou a na základě tohoto vyhodnocení

³⁴ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/ldw-lane-departure-warning/>>

³⁵ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/lka-lane-keeping-aid/>>

upozorní řidiče na displeji palubního počítače, vibrací sedačky nebo volantu, aby začal na krizovou situaci reagovat. Intenzitu tohoto varování lze nastavit v několika úrovních. Oproti tomu systém LKA je již vyspělejší. Pracuje na velmi podobném principu, když využívá předností systému LGS a zároveň využívá další elektronický systém **Drive Alert**, což je systém sledování bdělosti řidiče během jízdy. I systém LKA využívá upozornění řidiče na přístrojové desce společně s vibrací do volantu nebo do sedačky. Rozdíl oproti systému LGS je však v tom, že společně s tímto upozorněním systém dokáže částečnou silou zasáhnout do řízení vozidla během jízdy a tím dojde k navrácení vozidla do jízdního pruhu. Podobně jako u jednoduššího systému LGS je využíváno vodorovné značení na komunikaci, po které vozidlo jede.

Obrázek 15 - Lane Keep Assist³⁶



Podobným elektronickým systémem, který má za úkol udržet vozidlo během jízdy v jízdním pruhu, je systém vynalezený a vyvinutý firmou Honda. Jedná se o elektronický systém **LKAS - "Lane Keeping Assist System."**³⁷ Tento systém se opět liší od předchozího systému LKA pouze v detailech. Největším rozdílem je rozsah jeho funkčnosti. Systém LKAS je totiž aktivní až během jízdy rychlostmi v rozmezí od 72 km/hod do 180 km/hod. Dále je systém aktivní při průjezdu zatáčkami, které mají průměr větší než 300 metrů. Systém LKAS také dokáže vyhodnotit situaci, kdy řidič během jízdy pustí držení volantu. Po několika vteřinách, kdy řidič volant nedrží,

³⁶ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/lka-lane-keeping-aid/>>

³⁷ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/lkas-lane-keeping-assist-system/>>

vyhodnotí systém, že se řidič dostatečně nevěnuje řízení svého vozidla. Systém na tuto skutečnost řidiče upozorní výstrahou na přístrojové desce a poté se vypne. Nelze tedy systém LKAS vnímat jako náhradu autopilota na což společnost Honda své zákazníky výrazně upozorňuje. Systém LKAS je též deaktivovaný v případě, kdy je zapnutý ukazatel změny směru jízdy, dále v případě, kdy řidič sešlápne pedál brzdy a v případě, že jsou aktivované stěrače.

Obrázek 16 - Lane Keeping Assist System³⁸



6.3 Osobní zkušenost se systémem LKAS

Měl jsem možnost vyzkoušet si v provozu systém LKAS zakomponovaném ve vozidle Honda CR-V. O tomto elektronickém systému si myslím, že je vhodný zejména při jízdě po dálnici nebo při jízdě na delší vzdálenost, kdy může docházet k určité nekoncentrovanosti řidiče v důsledku monotónní dlouhé jízdy. V těchto případech je systém vynikající, jelikož mírnými korekcemi do řízení udržuje jedoucí vozidlo uprostřed jízdního pruhu. Systém byl při jízdě aktivní až v době, kdy byla na tachometru vozidla znázorněna rychlost zhruba okolo 74 - 76 km/hod. Nastavení funkčnosti systému až od těchto rychlostí jízdy kvituji, jelikož by podle mého názoru při jízdě nižšími rychlostmi v běžném byl systém LKAS spíše nevhodný, jelikož by na řidiče působil spíše rušivě.

³⁸ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou.* [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/lkas-lane-keeping-assist-system/>>

7. Elektronický systém ACC

Obrázek 17 - Elektronický systém Adaptive Cruise Control³⁹



Elektronický systém ACC – „Adaptive Cruise Control⁴⁰“ představuje adaptivní tempomat. To znamená vylepšený základní tempomat, který udržuje stálou rychlost jízdy, čímž zvyšuje komfort jízdy především při jízdě na delší vzdálenost, kupříkladu na dálnicích nebo rychlostních komunikacích. Adaptivní tempomat však oproti jeho základní verzi umožňuje snížit rychlost jízdy při riziku střetu s jiným vozidlem nebo předmětem, které se vyskytnou před jedoucím vozidlem. Dokáže tedy zamezit jedoucímu vozidlu, ve kterém je systém ACC aktivní, přiblížit se na určitou vzdálenost k pomalejšímu vozidlu jedoucímu před ním. Dochází k regulování bezpečné vzdálenosti mezi dvěma jedoucími vozidly.⁴¹ K tomu, aby byl systém ACC funkční, je zapotřebí jiného elektronického systému, který dokáže zjistit bezpečnou vzdálenost a dále systém aktivního zásahu do rychlosti jízdy, především brzdění a ubrání plynu vozidla. Pro bezpečné zjištění vzdálenosti mezi dvěma vozidly je zpravidla využíván lidarový nebo radarový paprsek (vysvětlení pojmů v následující podkapitole), pro regulaci rychlosti jízdy pak především zmiňovaný tempomat. V praxi to znamená, že pokud před jedoucím vozidlem vznikne nečekaná situace, při které je třeba náhle změnit směr nebo

³⁹ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2019-02-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/acc-adaptive-cruise-control/>>

⁴⁰ VLK, F. *Automobilová elektronika 1*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 47. ISBN 80-239-6462-3.

⁴¹ VLK, F. *Automobilová elektronika 1*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 47. ISBN 80-239-6462-3.

rychlost jízdy, dokáže na ni systém včasným zásahem reagovat a eliminovat tím možnost vzniku střetu s touto překážkou, a to zcela automaticky bez jakéhokoliv zásahu řidiče.

7.1 Vysvětlení důležitých pojmů

Abychom blíže pochopili princip systému ACC, je třeba též vysvětlit důležité komponenty potřebné ke správné funkci systému ACC. Nejdůležitějšími z nich jsou v předchozí kapitole zmíněný Radar, Lidar nebo tempomat. Různí výrobci však využívají také nejrozličnější infračervené kamery, ultrazvukové snímače nebo videokamery.

7.1.1 Radar

Radar, který je odvozen z anglického výrazu „Radio Detection and Ranging“ neboli Radiová detekce a dosah, je zařízení ke zjištění polohy a rychlosti objektů pracující za pomoci elektromagnetických vln, zpravidla v mikrovlnné nebo vysokofrekvenční části spektra⁴². Elektromagnetické vlny vycházejí z přístroje a po odrazu od konkrétního předmětu jsou opětovně přijímány zpět do přístroje. Tímto způsobem je zaznamenána konkrétní vzdálenost přístroje od měřeného předmětu. Příkladem použití radaru může být silniční radar, který měří rychlost jedoucího vozidla pomocí odražených rádiových vln v mikrovlnném spektru za současného využití Dopplerova jevu.⁴³ Pro systém ACC je využíván mikrovlnný radar pracující na frekvenci 77 GHz, který je schopný pracovat do vzdálenosti až 120 metrů. Na tuto vzdálenost je možné bezpečně detekovat překážku před vozidlem.⁴⁴

7.1.2 Dopplerův jev

Dopplerův jev je fyzikální jev, při kterém dochází ke změně frekvence a vlnové délky přijímaného signálu oproti vysílanému signálu, způsobené nenulovou vzájemnou

⁴² TECHTARGET. *Vyhledávání moderních počítačů*. [online] Copyright © 2003 - 2019 TechTarget [cit. 2019-03-27]. Dostupné z WWW: <<https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/radar>>

⁴³ VLK, F. *Automobilová elektronika 1*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 34-35. ISBN 80-239-6462-3.

⁴⁴ VLK, F. *Automobilová elektronika 1*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 27. ISBN 80-239-6462-3.

rychlostí vysílače a přijímače. Předpokládáme, že se zdroj i pozorovatel pohybují po stejné přímce. V roce 1842 byl jev poprvé popsán Christianem Dopplerem.⁴⁵

7.1.3 Lidar

Lidar, odvozený z výrazu „Light Detection and Ranging – Detekce světla a dosah“, je zařízení k měření vzdálenosti využívající světlo a laserový paprsek. Oproti radaru je využívané laserové světlo obtížněji zjistitelné, má tedy vyšší využití například ve vojenském průmyslu nebo letectví. Pro měření vzdálenosti je tedy využíván radarový paprsek vysílaný z přístroje, který se odráží od konkrétního předmětu a poté je přijímán přístrojem. Na základě doby zpětného příjmu vysílaného laserového paprsku je vypočítána vzdálenost mezi přístrojem a objektem.⁴⁶

7.1.4 Sonar

Sonar je odvozený z anglického názvu „Sound Navigation And Ranging“ neboli Zvuková navigace a zaměření⁴⁷. Toto zařízení pracuje na podobném principu, jako výše uvedený Radar. Rozdíl spočívá ve využívání ultrazvukových vln namísto vln rádiových. Ultrazvukové vlny se odrážejí od předmětů v okolí a vracejí se zpět do snímačů. Snímače poté pracují na principu měření času od vyslání ultrazvukové vlny do jejího návratu do přístroje po odrazu od konkrétního předmětu. Vzdálenost předmětu od Sonaru je určována automaticky z časového intervalu návratu ultrazvukového paprsku do přístroje. Předměty, od kterých jsou ultrazvukové vlny schopné se odrážet, mohou mít různou velikost nebo barvu. Sonarem lze detekovat i velmi malé předměty o velikosti okolo 0,7 milimetrů. Některé materiály však mají schopnost ultrazvukové vlny pohltit. Takovým materiálem je například pěnová guma. Předměty z takovýchto materiálů lze ultrazvukem detekovat pouze v omezené vzdálenosti od přístroje.

7.1.5 Infračervená kamera

Jedná se o kameru využívající infračerveného záření. Pro infračervené záření platí stejné fyzikální zákony jako pro světlo, což umožňuje konstrukci optických soustav,

⁴⁵ FYZWEB. *Doplerův jev a rázová vlna*. [online] FyzWeb Katedra didaktiky fyziky [cit. 2019-03-27]. Dostupné z WWW: <http://fyzweb.cz/materialy/aplety_hwang/Doppler/index.html>

⁴⁶ VLK, F. *Automobilová elektronika 1*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 27. ISBN 80-239-6462-3.

⁴⁷ VLK, F. *Automobilová elektronika 1*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 33. ISBN 80-239-6462-3.

v nichž se používají optické prvky zhotovené ze speciálních materiálů. Díky tomu, že infračervené záření vyzařují prakticky všechna tělesa, lze je použít i ve tmě. Infračervené záření také snadněji proniká mlhou nebo sněžením, než světlo.⁴⁸ Infračervené kamery mají dosah podobný, jako mikrovlnný radar, a to zhruba 120 metrů před vozidlem.⁴⁹

7.1.6 Tempomat

Tempomat je zařízení využívané pro automatickou regulaci rychlosti jízdy, kterou je udržována stálá nastavená rychlost, a to bez zásahu řidiče. Jedná se o elektronický systém, který má za úkol zvýšit komfort jízdy zejména při jízdě na delší vzdálenost.⁵⁰ Vhodným používáním tohoto systému může při držení stálé rychlosti jízdy docházet též ke snížení spotřeby pohonných hmot. Zvolená rychlost jízdy lze kdykoliv za pomoci ovladače v interiéru vozidla měnit, a to jak ke zvýšení, tak ke snížení aktuální rychlosti. V případě potřeby se systém tempomatu automaticky vypne buď sešlápnutím brzdového pedálu, nebo resetováním či vypnutím na ovladači.

7.2 Princip a funkce systému ACC

Základní funkcí systému ACC je udržování stálé rychlosti jízdy zvolené řidičem, a to do té doby, než je nutné rychlost jízdy snížit vlivem pomalejšího vozidla jedoucího ve stejném jízdním pruhu před tímto vozidlem.

Další funkcí je schopnost reagovat na tuto vzniklou situaci automatickým snížením nebo naopak zvýšením rychlosti jízdy, v nejnnutnějších případech může dojít i k brzdění vozidla bez zásahu řidiče. Tato schopnost je podmíněna přítomností protipokluzového systému ASR a též systému elektronické stability vozidla ESP. Pokud se před vozidlem v jeho jízdním pruhu objeví jiné, pomalejší vozidlo, dochází elektronickými zásahy z řídicí jednotky systému ACC nejprve ke snížení dodávky paliva a tím ubrání plynu vozidla. Při tomto manévru dochází k brzdění vozidla motorem. V případě, že je tento zásah nedostatečný, dochází k automatickému brzdění.

⁴⁸ ENCYKLOPEDIE FYZIKY. *Infračervené záření*. [online] Copyright © 2006 – 2019 fyzika.jreichl.com [cit. 2018-11-23]. Dostupné z WWW: <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/529-infracervene-zareni>>

⁴⁹ VLK, F. *Automobilová elektronika 1*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 27. ISBN 80-239-6462-3.

⁵⁰ VLK, F. *Automobilová elektronika 1*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 49. ISBN 80-239-6462-3.

Pokud se před jedoucím vozidlem náhle objeví jiné, pomalejší vozidlo nebo pokud toto vozidlo naopak zmizí z radaru jedoucího vozidla, dochází ke zpomalování, případně ke zrychlení na požadovanou hodnotu zcela automaticky.

Elektronický systém Adaptive Cruise Control má dva možné módy, které jsou nezávislé na vůli řidiče a které se automaticky přepínají dle konkrétní potřeby. Jeden z nich je mód „Jízda s konstantní požadovanou rychlostí“ a druhý je „Následování pomalého vozidla se zadanou vzdáleností“.

7.3 Negativa systému ACC

V současné době neexistuje legislativa, která by zprošťovala řidiče ze zavinění dopravní nehody nebo přestupkového či trestního jednání při řízení vozidla za asistence systému ACC. Stále je pouze řidič sám zodpovědný za případné porušení zákona, řidič sám je zodpovědný za svá jednání během řízení vozidla. Tento fakt může být brán jako jedno z negativ elektronického systému ACC.

Dalším důležitým faktorem při využívání výhod systému ACC je to, že tento systém nedokáže rozeznat stojící vozidla nebo předměty, nedokáže ani bezpečně rozeznat motocykly nebo jízdní kola jedoucí rychlostí nepřevyšující 20 m/hod. Jeho spolehlivost dále klesá při jízdě ve špatném počasí při dešti, mlze nebo sněžení. S tím je spjata též nemožnost použití na zasněžení nebo zledovatělé komunikaci.⁵¹

Mezi další negativa patří též neregistrování vozidla stojícího před křižovatkou anebo odstaveného při krajnici. Systém též není účinný při dojíždění ke kruhovému objezdu nebo ke koloně vozidel. Při jízdě po dálnici může být akcelerace vozidla příliš pozvolná. Také tento systém neumožňuje řidiči přiblížení se ve vyšší rychlosti k pomalejšímu vozidlu jedoucímu ve stejném směru a ve shodném jízdním pruhu, a to i v případech, kdy vpředu jedoucí vozidlo mění směr jízdy. Dochází také k brzdění vozidla v případech, kdy hodlá řidič objíždět cyklistu nebo chodce, případně pokud hodlá řidič předjíždět a v protisměru se objeví jiné vozidlo.

Posledním důležitým negativem může být také styl jízdy při aktivním systému ACC. Dochází totiž k náhlým změnám rychlosti jízdy, případně k prudkému brzdění vozidla, což může být jednání pro ostatní řidiče obtížně předvídatelné. Je tedy třeba dodržovat dostatečnou bezpečnou vzdálenost za vozidly vybavenými tímto systémem,

⁵¹ AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2019-02-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/acc-adaptive-cruise-control/>>

přičemž ostatní řidiči zpravidla nemají možnost zjistit, zda vozidla jedoucí před nimi jsou systémem ACC vybavena a zda je v činnosti.⁵²⁾

7.4 Varianty systému ACC

Elektronický systém je využíván mnoha předními výrobci automobilů. Ti využívají svých vlastních technologií, avšak ve své podstatě jsou tyto technologie shodné a liší se mezi sebou pouze detaily. Všechny níže uvedené elektronické systémy fungují na základním principu systému ACC, který buď mírně doplňují, nebo využívají mírných inovací. Především jsou určeny pro zvýšení komfortu během jízdy v kolonách nebo v dopravní špičce.

7.4.1 Systém ADR

Automobilka Volkswagen ve svých vozidlech využívá elektronický systém nazývaný ADR – „Automatic Distance Regulation“. Jedná se opět o vylepšený základní tempomat pracující na stejném principu, jako systém Adaptive Cruise Control. Toto zařízení pracuje za pomoci radaru o frekvenci od 76 do 77 GHz. Radar využívaný systémem ADR zaznamenává překážky v přední části vozidla, především monitoruje ostatní vozidla pohybující se stejným směrem jízdy. Rozsah radarových paprsků svírá úhel asi 11,5 stupně a je spolehlivý na vzdálenost okolo 180 m. Systém ADR je možné aktivovat v rychlostech mezi 30 km/hod – 180 km/hod. Na přístrojové desce uvnitř vozidla se nachází displej, na kterém je řidiči vyobrazována aktuální schematická dopravní situace a případná pomaleji jedoucí vozidla, která systém ADR vyhodnotí jako riziková. U systému ADR lze řidičem nastavit celkem 7 stupňů, podle kterých je nastavena bezpečná odstupová vzdálenost mezi jedoucími vozidly. První stupeň je zaměřen na agresivnější jízdu s nejkratší nastavenou bezpečnostní vzdáleností mezi vozidly. To spočívá v pozdějším a prudším brzdění v případech, kdy se do jízdního pruhu vozidla dostane riziková překážka a poté, co je jízdní pruh opět volný, dochází k razantnější akceleraci vozidla, aby bylo co nejrychleji dosaženo předvolené rychlosti vozidla. Sedmý stupeň je naopak zaměřen na komfortnější styl jízdy, vozidlo v případě nutnosti začne zpomalovat dříve a pozvolněji, akcelerace na přednastavenou rychlost jízdy je více plynulá. Při nastaveném sedmém stupni odpovídá bezpečnostní odstupová

⁵² ADAS. *Asistenční systémy pro řidiče* [online] Copyright © 2019 Katedra psychologie Filozofické fakulty UP Dostupné z WWW: <<http://www.adas.upol.cz/system-acc.html>>

vzdálenost mezi dvěma vozidly 100 metrů při rychlosti vozidla (vybaveného systémem ADR) 100 km/hod.⁵³

7.4.2 Systém Follow-to-Stop

Systém Follow-to-Stop (nebo také F2S) znamená ve volném překladu „Následuj do zastavení“. V součinnosti se systémem ADR, respektive ACC, vznikla možnost zastavení vozidla za vozidlem jedoucím vpředu. Pro správnou funkci systému Follow-to-Stop je zabudován do předních světlometů vozidla mnohopaprskový laserový snímač, který dokáže vyhodnotit a zachytit pozici a šířku objektů nacházejících se před vozidlem.⁵⁴

7.4.3 Adaptivní tempomat Audi

Adaptivní tempomat pro vozidla automobilky Audi, zejména pro typ Audi A8, zajišťuje pomocí radarového senzoru měření bezpečné vzdálenosti mezi dvěma nebo více jedoucími vozidly. V případě, že je vzdálenost příliš malá, dochází řízenými zásahy řídicí jednotky systému k přiměřenému snížení plynu, případně automatickému přibrzdění, čímž dojde ke snížení rychlosti vozidla. Tímto manévrem dojde k prodloužení vzdálenosti mezi oběma vozidly až o 25 %. Po uvolnění jízdního pruhu dojde opět ke zvýšení rychlosti jízdy na požadovanou hodnotu.

Adaptivní tempomat využívaný automobilkou Audi je od systémů ACC a ADR odlišný tím, že pokud by automatický zásah adaptivního tempomatu zjevně nestačil k bezpečnému zpomalení, spustí se akustický signál upozorňující řidiče nutnosti zásahu do řízení.

Dalším rozdílem mezi uvedenými systémy je možnost nastavení čtyř programů podle požadované dynamiky jízdy. Jedná se o tyto stupně:

- Odstup 1 (sportovní),
- Odstup 2 (standardní),
- Odstup 3 (standardní),
- Odstup 4 (komfortní).

⁵³ VLK, F. Automobilová elektronika 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 56. ISBN 80-239-6462-3.

⁵⁴ VLK, F. Automobilová elektronika 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 57. ISBN 80-239-6462-3.

První předvolený stupeň je nastaven na udržování malého odstupu od vpředu jedoucího vozidla a dynamického zrychlení na nastavenou rychlost v případě volného jízdního pruhu. Pokud je navíc vozidlo vybaveno automatickou převodovkou typu Tiptronic, dokáže automaticky podřadit až o dva rychlostní stupně, což ještě více podporuje agresivnější zvýšení rychlosti na požadovanou hodnotu. Druhý a třetí stupeň je využíván při plynulé jízdě v obvyklém provozu a při jízdě v kolonách. Čtvrtý stupeň je využíván při jízdě na méně frekventovaných komunikacích nebo při jízdě s přívěsným vozíkem.⁵⁵

7.4.4 Systém ACCplus

Vylepšený elektronický systém ACCplus, uvedený do výroby v roce 2006, je oproti základnímu systému ACC efektivní i při rychlostech pod 30 km/hod. Vozidlo za pomoci systému ACCplus dokáže plynule zpomalit vozidlo, v případě potřeby až do úplného zastavení. Pokud dojde k uvolnění jízdního pruhu před tímto vozidlem, dochází k akustickému a vizuálnímu upozornění řidiče vozidla. Této schopnosti lze účinně využívat zejména při jízdě v kolonách nebo v hustém provozu. Řidiči je však umožněno kdykoliv během jízdy zasáhnout do řízení a tím zpomalit nebo naopak zrychlit své vozidlo.⁵⁶

7.4.5 Systém ACC Full Speed Range

Jedná se o obdobný elektronický systém, jakým je ACCplus, který však na vzniklou krizovou situaci dokáže reagovat ještě rychleji. Systém dokáže po úplném zastavení vozidla také opětovně automatické rozjetí, pokud se před vozidlem uvolní jízdní pruh. Tato funkce je však omezena časově, pokud se jízdní pruh před vozidlem neuvolní do zhruba 10 vteřin, musí se řidič rozjet sám bez využití systému.

⁵⁵ VLK, F. Automobilová elektronika 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 54. ISBN 80-239-6462-3.

⁵⁶ VLK, F. Automobilová elektronika 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. s. 57. ISBN 80-239-6462-3.

8. Elektronický systém autonomního řízení

Autonomní řízení vozidel⁵⁷⁾ je v podstatě funkce autopilota, kdy vozidlo dokáže řídit bez zásahu lidského faktoru. Systém autopilota funguje na základě čtyř základních funkcí: navigace, situační analýzy (*situační analýza je typ analýzy, která zhodnocuje vnější i vnitřní podmínky konkrétní organizace, které mají vliv na výkonnost organizace nebo pomáhají při rozhodování o výběru vhodné strategie*)⁵⁸⁾, plánování pohybu a řízení trajektorie pohybu. Z toho plyne, že systém se neobejde bez schopnosti vozidla analyzovat dopravní situaci v jeho okolí. Tato analýza je vyhodnocována za pomoci senzorů, navigačních systémů GPS, vyspělé elektroniky vozidla a vzájemné komunikaci s dopravní infrastrukturou a ostatními účastníky silničního provozu. Sensory využívají laserové, ultrazvukové či radarové paprsky, kamery a další systémy. Analyzovaná situace je poté srovnávána s mapovými soubory.

8.1 Vývoj elektronického systému autonomního řízení

Celá myšlenka autonomního řízení vznikala již v padesátých letech minulého století, kdy se o uvedení funkčního autopilota do vozidla snažily firmy General Motors a RCA (*Radio Corporation of America*). Tyto firmy společně vyvinuly systém řízení vozidel jedoucích za sebou a řízených pomocí radiového signálu vysílaného z řídicí věže a kabelu zabudovaného v komunikaci. V pozdějších letech se začala tato metoda využívat v uzavřených skladech určených pro překlád zboží, jakými jsou nejrůznější venkovní a vnitřní sklady, přístavy nebo letištní haly. Technologie je stále modernizována zejména při používání navigačních systémů a situační analýzy. Jsou při ní využívány systémy hloubkových kamer a laserů, které mají za úkol monitoring celého okolí vozidla. Na základě tohoto monitoringu je vytvářena celková mapa okolí, která je následně využívána pro pohyb vozidla v prostoru. Na základě této technologie jsou autonomní vozidla schopna nejen samostatného pohybu v prostoru skladů zboží, ale zároveň jsou schopna efektivně zajišťovat nakládání a skládání zboží a jeho přepravu. Areály, ve kterých je autonomní systém ve vozidlech využíván, jsou převážně uzavřené a jasně definované a nemůže v nich teoreticky dojít k žádným

⁵⁷⁾ AUTOWEB.CZ – Škoda Octavia Combi RS 2.0 TDI 4x4 DSG (2016) Autonomní řízení. In Youtube [online]. 20.10.2016 [cit. 2019-01-25]. Dostupné z WWW: <<https://www.youtube.com/watch?v=uo1THdAYq-I>>. Kanál uživatele Autoweb.cz

⁵⁸⁾ MANAGEMENT MANIA *Situační analýza*. [online] Copyright © 2011 – 2016 ManagementMania.com ISSN 2327-3658 Dostupné z WWW: <<https://managementmania.com/cs/situacni-analyza-situation-analysis>>

nepředvídatelným situacím, ke kterým by mohlo docházet na veřejných místech. To umožňuje využívat mnohem nižší technologickou náročnost, která je spojena s výrazně nižšími finančními náklady a tím dochází k efektivnějšímu chodu celé ekonomiky skladů zboží. Zvyšuje se také bezpečnost práce, jelikož veškeré stroje, které zajišťují potřebnou manipulaci s překládaným zbožím, pracují bez obsluhy. V současnosti je systém zdokonalován a testován v osobní i nákladní dopravě. Využití systému autonomního řízení v nákladní dopravě se jeví v tomto směru jako technicky poměrně jednodušší. To je způsobeno předpokládaným využitím při jízdě po dálnicích nebo při linkové dopravě jízdou v konvojích. Tento způsob použití je bezpečnější absencí nutnosti řešit mnohé nepředvídatelné krizové situace. Ty vznikají například při průjezdu křižovatkou, obydlenu oblastí, kde je vysoká koncentrace chodců, při vyhýbání se nejrůznějším překážkám v běžném silničním provozu a podobně. Vzhledem k postupnému vývoji a testování systému autonomního řízení došlo v květnu roku 2014 k legislativnímu průlomů doplněním Vídeňské úmluvy o silničním provozu o ustanovení, podle kterého jsou systémy pro autonomní řízení vozidla přípustné, pokud je může řidič kdykoli deaktivovat.

8.2 Možnosti využití elektronického systému autonomního řízení

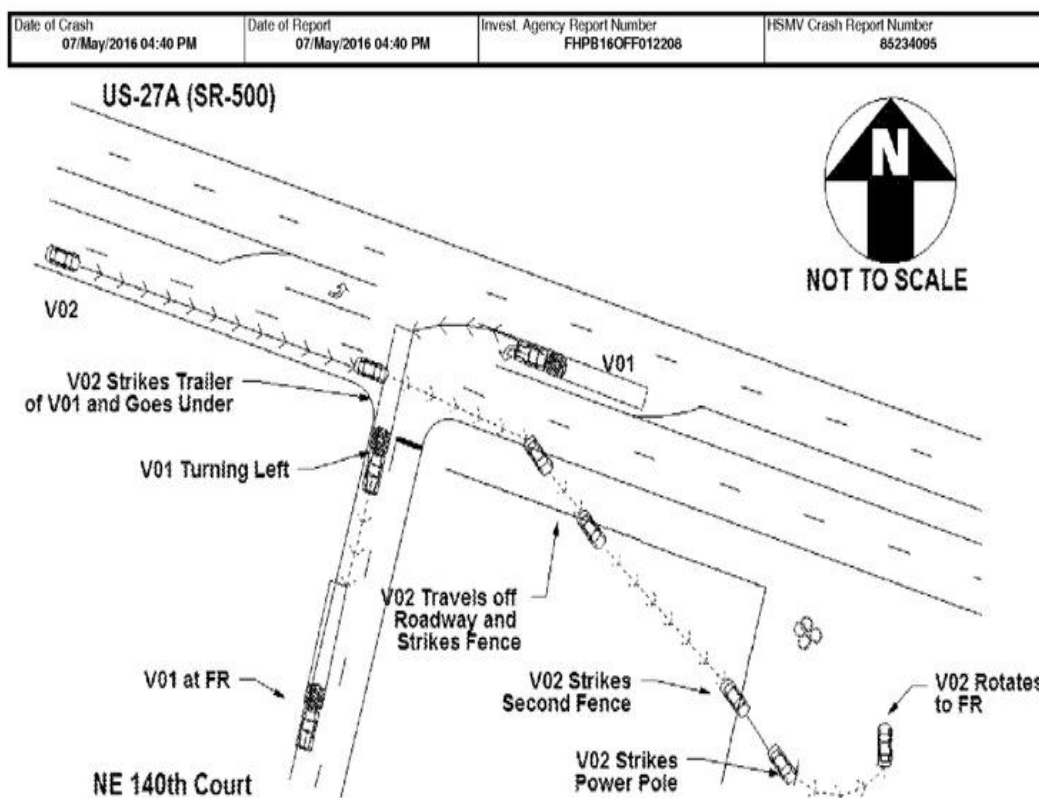
V osobní i nákladní dopravě systém využívá mnoho firem. V osobní dopravě hraje velkou roli automobilka Volvo, která jej využila v typu Volvo XC90.⁵⁹ Tento typ by měl být již od roku 2017 intenzivně zkoušen v provozu a automobilka plánuje od roku 2020 svůj autonomní systém ve vozidlech nabízet svým zákazníkům. Z pohledu řidiče systém funguje tak, že na displeji na přístrojové desce vozidla navolí trasu, kudy a kam chce jet. V případě, že tato trasa umožňuje využití autopilota, vozidlo samo udá řidiči znamení v podobě rozsvícení dvou madel umístěných na volantu. Současným stlačením těchto madel řidičem pak vozidlo automaticky přebírá řízení. V tu chvíli se řidič již nemusí o řízení starat. Vozidlo dokáže samo předjíždět pomaleji jedoucí vozidla, zařazování se do jízdního pruhu a v podstatě všechny další možné manévry. V případě, že se blíží konec trasy, kde je možné tento systém využít, upozorní vozidlo řidiče na nutnost přebrání řízení. Pokud řidič přesto řízení nepřevzme, zastaví vozidlo samo na nejbližším bezpečném místě. O tom, že systém pracuje správně, svědčí i to, že

⁵⁹ MOBILENET.CZ. *Volvo XC90 dostane autonomní řízení. Už za dva roky.* [online] Copyright © 2019 24net [cit. 2019-02-19]. Dostupné z WWW: <<https://mobilenet.cz/clanky/volvo-xc90-dostane-autonomni-rizeni-uz-za-dva-roky-28459>>

firma Volvo převzala zodpovědnost za všechny situace, kdy dojde k dopravní nehodě při používání autonomního režimu, čili i převezme možnou vinu i za řidiče.

Dalším výrobcem, který je v popředí vývoje systému autonomního řízení, je automobilka Tesla Motors se svým osobním vozidlem Tesla Model S. Pro podporu a zviditelnění systému autonomního řízení provedla automobilka Tesla shrnutí celého systému do jednoho kompaktního celku s význačným názvem Autopilot. Tento tah měl v majiteli vozidla evokovat určitá očekávání a měl v něm probudit víru v samotný systém. Automobilka Tesla při vývoji vozidla, které by využívalo systém autonomního řízení, proto od samého počátku spolupracovala s izraelskou specializovanou firmou Mobileye. Tato firma stála právě za vznikem zařízení Autopilot, konkrétně vyvinula potřebný hardware i nezbytnou sensoriku využívající kamery s vysokým optickým rozlišením. Již roku 2014 automobilka Tesla zveřejnila prohlášení, že její typ Tesla Model S již v roce 2015 dokáže za pomoci autonomního řízení sám bez pomoci zásahu řidiče do řízení najet na dálnici, jet po ní a následně z ní také sjet. V říjnu roku bylo skutečně do automobilu Tesla Model S zabudováno výše zmíněné zařízení Autopilot od firmy Mobileye. Zařízení umožnilo využití automatizované jízdy po dálnici, avšak systém měl určitá omezení. Nedokázal například v provozu identifikovat projíždějící cyklisty nebo chodce. O tom, že je systém autonomního řízení používán ve vozidlech automobilky Tesla dosud stále ve fázi vývoje, svědčí tragická autonehoda ze dne 7. května 2016. Tato dopravní nehoda se stala ve Spojených státech Amerických, stát Florida, ve městě Williston a byla to první vážná autonehoda s následkem úmrtí účastníka dopravní nehody při použití systému Autopilot na světě.

Obrázek 18 - Náčrtek místa dopravní nehody⁶⁰



Na obrázku číslo 18 je zakreslen průběh dopravní nehody zpracovaný místními příslušníky policie.⁶¹ Jak je patrné ze záznamu policistů, jel řidič osobního vozidla Tesla Model S po komunikaci v přímém směru jízdy přes křižovatku s vedlejší komunikací, kdy mu z protisměru jedoucí řidič nákladní soupravy nedal přednost v jízdě při odbočování vlevo. Důležité však je, že zařízení Autopilot nedokázalo rozeznat krizovou situaci a nezačal brzdit, ačkoliv podle výsledků vyšetřování Amerického správního úřadu NHTSA (*The National Highway Traffic Safety Administration*) měl řidič i Autopilot čas na reagování zhruba 10 vteřin, tedy dostatek času alespoň zmírnit následky případného střetu s odbočujícím nákladním vozidlem. Tato dopravní nehoda však nebyla jedinou autonehodou, kdy bylo prokazatelně využito během jízdy autonomního systému řízení. V Holandsku došlo například k dopravní nehodě, kdy vozidlo při sepnutém autonomním řízení náhle vyjelo mimo komunikaci, narazilo do stromu a začalo hořet. Opět měla tato dopravní nehoda fatální

⁶⁰ MOTOR1.COM. *Tesla Model S Úmrtnost v režimu AutoPilot otevírá vyšetřování NHTSA* [online] Copyright © 2019 MOTORSPORT [cit. 2019-02-14]. Dostupné z WWW: <<https://insideevs.com/fatal-accident-tesla-model-s-autopilot-opens-nhtsa-investigation/>>

⁶¹ MOTOR1.COM. *Tesla Model S Úmrtnost v režimu AutoPilot otevírá vyšetřování NHTSA* [online] Copyright © 2019 MOTORSPORT [cit. 2019-02-14]. Dostupné z WWW: <<https://insideevs.com/fatal-accident-tesla-model-s-autopilot-opens-nhtsa-investigation/>>

následky, když při ní zemřel řidič vozidla. Z důvodu výskytu tragických dopravních nehod při používání funkce Autopilot výrobce Tesla Motors tento svůj systém po tragické nehodě z května roku 2016 modernizoval. Modernizace se týkala zejména využitím vylepšeného radaru schopného lépe vyhodnotit konkrétní situace v okolí jedoucího vozidla a také při brzdění. Další významnou novinkou je zabránění řidiči používat systém Autopilot v případě, že by řidič měl převzít kontrolu nad vozidlem. O nutnosti převzít řízení vozidla je řidič upozorněn zvukovým znamením.

Obrázek 19 - Tesla Model S P100D⁶²



V nákladní dopravě systém intenzivně testuje především firma Mercedes-Benz, která představila prototyp Mercedes-Benz Future Truck 2025.⁶³ Základním typem vozidla, ve kterém bude použit autonomní systém řízení nazvaný Highway Pilot, by měl být typ Mercedes-Benz Actros 1845 s motorem o výkonu 330 kW s pohonem zadní nápravy, zobrazený na obrázku číslo 20). Převodový systém bude skýtat plně automatickou dvanáctistupňovou převodovku. Zajímavý je i celkový design vozidla, který je oproti základnímu typu Mercedes-Benz Actros 1845 aerodynamičtější a futurističtější. Základním prvkem, který by měl poukazovat a označovat vozidlo využívající během jízdy autonomní systém, jsou přední světlomety. Ty budou opatřeny LED diodami a budou umístěny v masce chladiče a v předním nárazníku. V případě, že jedoucí vozidlo bude využívat autonomního systému, budou tyto LED diody vyzařovat modrým světlem. Pokud bude vozidlo řízeno standardním způsobem,

⁶² AUTOFORUM.CZ. *Tesla Model S P100D odhalena*. [online] Copyright © 1996 - 2019 MotorComs.r.o. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z WWW: < <http://www.autoforum.cz/predstaveni/tesla-model-s-p100d-odhalena-nejlepe-akcelerujici-vuz-sveta-je-to-jen-podle-tesly/>>

⁶³ MERCEDES BLOG. Mercedes-Benz představil Truck Future 2025. In Blogger [online]. 23 9 2014 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z WWW: <<https://mercedesblog.com/mercedes-benz-unveils-the-future-truck-2025/>>

tedy bude za řízením sedět člověk, budou tyto LED diody vyzařovat klasickým bílým světlem. Ukazatele změny směru jízdy se nebudou nijak odlišovat, budou vyzařovat přerušovaným oranžovým světlem.

Obrázek 20 - Mercedes-Benz Future Truck 2025⁶⁴



Projekt je zamýšlen pro využití k dálkové nákladní dopravě v běžném dálničním provozu. Při sepnutém autonomním systému by vozidlo mělo dokázat automaticky dodržovat bezpečnou vzdálenost mezi dalšími vozidly, udržovat bezpečnou a předepsanou nejvyšší povolenou rychlost. Také předjíždění, najíždění a opouštění dálnice bez zásahu jeho řidiče do řízení by mělo vozidlo samo zvládat bez žádného rizika. Pokud by během jízdy nastal případ, při kterém by byla systémem zaznamenána krizová situace, upozorní včas řidiče na skutečnost, aby převzal zpět řízení vozidla.

8.3 Budoucnost elektronického systému autonomního řízení

Budoucnost autonomního řízení má z mého osobního pohledu dvě stránky. Pozitivní na tomto systému je, že by se při jeho plném využití teoreticky měla výrazně snížit nehodovost. S tím je spojen výrazně nižší počet zraněných nebo usmrcených osob

⁶⁴ MERCEDES BLOG. Mercedes-Benz představil Truck Future 2025. In Blogger [online]. 23 9 2014 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z WWW: <<https://mercedesblog.com/mercedes-benz-unveils-the-future-truck-2025/>>

a také nižší vzniklé hmotné škody na majetku. Systém autonomního řízení se jeví jako jasný krok vpřed, který zároveň řidičům motorových vozidel zvýší komfort při cestování a také ušetří čas, který budou moci řidiči během jízdy využít jiným způsobem. Autonomní řízení bude umožňovat to, že se řidiči během řízení nebudou muset striktně věnovat řízení svého vozidla. A právě toto je podle mého názoru zároveň i určitou nevýhodou celé koncepce systému autonomního řízení. Je zde totiž riziko toho, že si řidiči na tento komfort zvyknou a nebudou se věnovat dostatečně řízení i v případech, kdy autonomní systém ve vozidle nevyužijí. Zde vidím určité nebezpečí, kdy může vzniknout situace, kterou bude muset řešit řidič sám a nebude odkázaný pouze na autonomní řízení svého vozidla. Ani tato má myšlenka však nemá mít za úkol systém autonomního řízení snižovat. Autonomní řízení je systém, který má svou budoucnost a potenciál, byť se zdá, že podle zkušeností získaných během jeho testování je tato budoucnost nejistá.

9. Závěr

V bakalářské práci bylo objasněno a vysvětleno pojmosloví vybraných elektronických systémů využívaných v moderních motorových vozidlech, a to metodou analýzy a následné komparace informací získaných z odborné literatury. Autor práce v rámci samostatných výstupů věcného zaměření poukazuje k závěru, že zavádění elektronických systémů do motorových vozidel a jejich modernizace a doplňování je tou správnou cestou pro snížení množství závažných dopravních nehod a kolizí.

Elektronické systémy lze s jistou nadsázkou označit jako mozek moderního vozidla, kterému dává pokyny jeho řidič. Zároveň však nelze říct, že veškeré elektronické systémy jsou plusem pro bezpečnou a komfortní jízdu. Některé moderní elektronické systémy jsou stále ve svých začátcích a jsou neustále zdokonalovány, posilovány, případně nahrazovány jinými lepšími nebo potřebnějšími elektronickými systémy. Některé z nových systémů jsou dokonce řidiči - uživateli vnímány jako nepotřebné.

Bakalářská práce byla zaměřena na některé vybrané elektronické systémy, které patří podle subjektivního názoru autora do skupiny těch velmi potřebných a důležitých. Během sepisování bakalářské práce měl autor možnost si některé z popisovaných elektronických systémů během jízdy s různými motorovými vozidly sám vyzkoušet a při nejrůznějších testovacích jízdách si ověřit svou původní domněnku, že elektronické systémy konkrétně popisované v bakalářské práci jsou velmi prospěšné a v mnohých situacích značně napomáhají řidiči při řízení motorového vozidla.

Základní systém ABS, obdobně jako navazující elektronické systémy ESP a ASR, je dnes již nutnou součástí každého motorového vozidla. Autor měl možnost si vyzkoušet chování vozidla nejprve s aktivním systémem ABS a poté i s uměle odpojeným systémem. Autor práce v rámci získaných zkušeností dospěl k závěru, že systém ABS je velmi přínosný a při zvládnání mnoha krizových situací zcela nepostradatelný. Řízením vozidla bez aktivního systému ABS byla simulována jízda a chování při řízení vozidel staršího data výroby, která se ještě stále objevují na pozemních komunikacích v aktivním silničním provozu. Z těchto získaných zkušeností byl stanoven závěr, že tato starší vozidla mohou být při krizových situacích kvůli absenci proti-blokovacího asistenta nebezpečná pro všechny účastníky silničního provozu.

Elektronický systém LGS a jeho varianty vnímám ze získaných zkušeností obdobně pozitivně. Tento systém dosud není většinou automobilek standardně zařazován do

základní výbavy. Autor práce při osobní zkušenosti s obdobným elektronickým systémem LKAS dospěl k závěru, že jde o dalšího užitečného asistenta zejména při dlouhých, monotónních jízdách po dálnicích nebo rychlostních komunikacích. Při takových jízdách může docházet k únavě řidiče, který by vlivem únavy mohl nečekaně vyjet mimo svůj jízdní pruh.

Adaptivní tempomat neboli elektronický systém ACC a jeho varianty neměl autor práce možnost osobně vyzkoušet. Ze získaných analýz odborné literatury jej však kvituje, a to zejména díky posílení aktivní bezpečnosti vozidla a rovněž i díky jeho variabilitě v možnostech vlastního nastavení. Řidič má možnost si tento systém nastavit podle svých priorit a zároveň neklesá míra jeho bezpečnosti a použitelnosti v provozu.

Autonomní řízení je zcela jistě elektronickým systémem budoucnosti a měl by být synonymem pro bezpečnou jízdu. Vzhledem k jeho dosud minimálnímu rozšíření v silničním provozu jej nebylo možné osobně vyzkoušet v praxi. Tento konkrétní elektronický systém má nejvyšší předpoklad, že bude stále zdokonalován a je jen otázkou času, kdy bude využíván v běžném silničním provozu.

Závěrem autor bakalářské práce uvádí, že se zdařilo naplnit cílů zadaných na počátku bakalářské práce. Podařilo se analyzovat a blíže popsat vybrané elektronické systémy a přiblížit jejich problematiku širší laické veřejnosti tak, aby byla vysvětlena podstata jejich existence, způsob, jakým tyto systémy ve vozidle pracují a možnost jejich využití v běžném silničním provozu.

10. Seznam použité literatury

Bibliografické zdroje

- VLK, F. *Automobilová elektronika 1, Asistenční a informační systémy*. 1. vydání. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. 269 s. ISBN 80-239-6462-3.
- VLK, F. *Automobilová elektronika 2, Systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. 1. vydání. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. 308 s. ISBN 80-239-7062-3.
- VLK, F. *Automobilová elektronika 3, Systémy řízení motoru a převodů*. 1. vydání. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. 355 s. ISBN 80-239-7063-1.
- JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B., ČUPERA, J. *Automobily 1 - Podvozky*. 4. vydání. Brno: Avid, 2012, 211 s. ISBN 978-80-87143-24-7.
- ČESKO. Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. In *ÚZ – pravidla silničního provozu*. Ostrava : Sagit, 2016, 320 s. ISBN 978-80-7488-159-6.
- VLK, F. *Dynamika motorových vozidel*. 1. vydání. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2003. 432 s. ISBN 80-239-0024-2.
- VLK, F. *Lexikon moderní automobilové techniky*. 1. vydání. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2005. 432 s. ISBN 80-239-5416-4.

Metodika

- DUŠEK, J. *Metodika pro tvorbu bakalářských prací VŠERS*. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, z. ú., 2018. 66 s.

Technická příručka

- ZANTEN, A. a kol. *Regulace jízdní dynamiky ESP*. 1. vydání. Praha: Robert Bosch GmbH, 2001. 63 s. ISBN 80-902585-8-1.
- MATTES, B. *Bezpečnostní a komfortní systémy*. 1. vydání. Praha: Robert Bosch GmbH, 2000. 49 s. ISBN 80-902585-9-x.

Článek v odborném časopise

- VLK, F. Elektronické systémy motorových vozidel. *Soudní inženýrství: časopis pro soudní znalectví v technických a ekonomických oborech*. Brno: Ústav soudního inženýrství Vysokého učení technického v Brně. 2005, č. 4, s. 193. ISSN 1211-443X.
- IT SYSTEMS. *S přehledem ve světě podnikové informatiky*. Brno: CCB, spol. s r. o. 2015, č. 1-2, s. 19 – 21. ISSN 1802-002X

Elektronická média

- AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2019-01-24]. ISSN 1804-2554 Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme>>
- AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2019-02-13]. ISSN 1804-2554 Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system>>
- ENCYKLOPEDIA FYZIKY. *Infračervené záření*. [online] Copyright © 2006 – 2019 fyzika.jreichl.com [cit. 2018-11-23]. Dostupné z WWW: <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/529-infracervene-zareni>>
- HAGERTY. *Protiblokovací brzdy: Kdo byl opravdu první?* [online] Copyright © 1996-2019 The Hagerty Lroup, LCC [cit. 2019-03-23]. Dostupné z WWW: <<https://www.hagerty.com/articles-videos/articles/2013/04/09/antilock-brakes>>
- AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou*. [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2018-11-12]. ISSN 1804-2554 Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/absplus/>>
- CBT CARBIKETECH.COM. *Co je to ovládání v zatáčkách v autech a jak to funguje?*. [online] Copyright © 2019 CarBikeTech [cit. 2019-01-22]. Dostupné z WWW: <<https://carbiketech.com/cornering-brake-control/>>
- AUTOBUZZ.MY. *Co je to: Elektronická kontrola stability (ESC)*. [online] Copyright © 2018 Big Buzz Media Sdn Bhd [cit. 2019-21-03]. Dostupné z WWW: <<https://autobuzz.my/2018/01/24/electronic-stability-control-esc/>>
- MAZDA CLUB.CZ. *Vysvětlení vybraných kontrol moderních vozidel*. [online] Copyright © 2001-2019 www.mazdaclub.cz [cit. 2019-01-09].

- Dostupné z WWW: <<http://www.mazdaclub.cz/clanek/vysvetleni-vybranych-kontrol-modernich-vozidel-64>>
- AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou.* [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2019-01-14]. ISSN 1804-2554 Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/msr-motor-schleppmoment-regelung/>>
 - AUTODÍLY MJAUTO. *Závada ABS při malé rychlosti* [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.mjauto.cz/zavada-abs-pri-male-rychlosti>>
 - AUTOMOBIL REVUE *Asistenční systémy – dokonalá souhra.* [online] Copyright © 2011-2018 Redakce Automotorevue [cit. 2018-10-14]. Dostupné z WWW: <https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/asistencni-systemy-dokonala-souhra_44483.html>
 - AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou.* [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-14]. ISSN 1804-2554 Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/lka-lane-keeping-aid/>>
 - AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou.* [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-17]. ISSN 1804-2554 Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/ldw-lane-departure-warning/>>
 - AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou.* [online] Copyright © 2018 autolexion.net [cit. 2018-10-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/lkas-lane-keeping-assist-system/>>
 - AUTOLEXION NET. *S námi uvidíte pod kapotou.* [online] Copyright © 2019 autolexion.net [cit. 2019-02-14]. ISSN 1804-2554 Dostupné z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/acc-adaptive-cruise-control/>>
 - TECHTARGET. *Vyhledávání moderních počítačů.* [online] Copyright © 2003 - 2019 TechTarget [cit. 2019-03-27]. Dostupné z WWW: <<https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/radar>>
 - FYZWEB. *Dopplerův jev a rázová vlna.* [online] FyzWeb Katedra didaktiky fyziky [cit. 2019-03-27]. Dostupné z WWW: <http://fyzweb.cz/materialy/aplety_hwang/Doppler/index.html>
 - ADAS. *Asistenční systémy pro řidiče* [online] Copyright © 2019 Katedra psychologie Filozofické fakulty UP Dostupné z WWW: <<http://www.adas.upol.cz/system-acc.html>>

- MOTOR1.COM. *Tesla Model S Úmrtnost v režimu AutoPilot otevírá vyšetřování NHTSA* [online] Copyright © 2019 MOTORSPORT [cit. 2019-02-14]. Dostupné z WWW: <<https://insideevs.com/fatal-accident-tesla-model-s-autopilot-opens-nhtsa-investigation/>>
- AUTOFORUM.CZ. *Tesla Model S P100D odhalena.* [online] Copyright © 1996 - 2019 MotorComs.r.o. [cit. 2019-02-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.autoforum.cz/predstaveni/tesla-model-s-p100d-odhalena-nejlepe-akcelerujici-vuz-sveta-je-to-jen-podle-tesly/>>
- MOBILENET.CZ. *Volvo XC90 dostane autonomní řízení. Už za dva roky.* [online] Copyright © 2019 24net [cit. 2019-02-19]. Dostupné z WWW: <<https://mobilenet.cz/clanky/volvo-xc90-dostane-autonomni-rizeni-uz-za-dva-roky-28459>>
- MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY. *Prvky aktivní bezpečnosti motorových vozidel a kriminalistické stopy.* [online] Copyright © 2018 Ministerstvo vnitra České republiky [cit. 2018-11-05]. Dostupné z WWW: <<https://www.mvcr.cz/sluzba/docDetail.aspx?docid=33845&doctype=ART>>

Video

- MAN LGS – Lane guard system. In Youtube [online]. 27.10.2015 [cit. 2018-05-25]. Dostupné z WWW: <<https://www.youtube.com/watch?v=MFTJxWFDTZg&feature=youtu.be>>. Kanál uživatele MAN Truck & Bus
- AUTOWEB.CZ – Škoda Octavia Combi RS 2.0 TDI 4x4 DSG (2016) Autonomní řízení. In Youtube [online]. 20.10.2016 [cit. 2019-01-25]. Dostupné z WWW: <<https://www.youtube.com/watch?v=uo1THdAYq-I>>. Kanál uživatele Autoweb.cz

Příspěvek na blogu

- MERCEDES BLOG. Mercedes-Benz představil Truck Future 2025. In Blogger [online]. 23.9.2014 [cit. 2018-12-09]. Dostupné z WWW: <<https://mercedesblog.com/mercedes-benz-unveils-the-future-truck-2025/>>

11. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma rozmístění elektronických systémů ve vozidle	13
Obrázek 2 - Úhybný manévr vozidla	15
Obrázek 3 - Tabulka vývoje systému ABS	17
Obrázek 4 - Schéma brzdové soustavy	18
Obrázek 5 - Schéma impulzního kroužku a snímače otáček.....	19
Obrázek 6 – Test brzdění při jízdě přímým směrem.....	22
Obrázek 7 - Test úhybného manévru	23
Obrázek 8 - Průjezd po obvodu kruhového objezdu.....	24
Obrázek 9 - Simulace Aquaplaningu	25
Obrázek 10 - Systém ESC.....	26
Obrázek 11 – Společná kontrolka systému ESP a ASR.....	29
Obrázek 12 - Prasklý impulsní kroužek.....	31
Obrázek 13 - Poškozený magnetický kroužek	32
Obrázek 14 - Lane Guard System	33
Obrázek 15 - Lane Keep Assist.....	35
Obrázek 16 - Lane Keeping Assist System.....	36
Obrázek 17 - Elektronický systém Adaptive Cruise Control.....	37
Obrázek 18 - Náčrtek místa dopravní nehody.....	48
Obrázek 19 - Tesla Model S P100D	49
Obrázek 20 - Mercedes-Benz Future Truck 2025.....	50

12. Seznam použitých zkratek

- **ABS** - *Anti-lock brake systém* – protiblokovací brzdňý systém
- **ABSplus** – Vylepšená verze protiblokovacího brzdňého systému
- **ACC** - *Adaptive Cruise Control* – adaptivní tempomat
- **ACCplus** – vylepšený adaptivní tempomat
- **ACEA** - *Association des Constructeurs Européens d'Automobiles* - Evropská asociace výrobců automobilů
- **ADR** – *Automatic Distance Regulation* – automatické řízení vzdálenosti
- **AHS** - *Active Handling Systém* - elektronický stabilizační systém využívaný automobilkou Chevrolet
- **ASC** - *Automatic Stability Control* - protiprokluzový systém využívaný automobilkou BMW
- **ASR** - *Anti-Slip Regulation* - protiprokluzový systém
- **Brake-By-Wire** – elektronické ovládání brzd
- **CBC** – *Cornering Brake Control* – ovládání brzd v zatáčkách
- **Drive-By-Wire** – elektronické ovládání řízení
- **DSC** - *Dynamic Stability Control* - elektronický stabilizační systém využívaný automobilkou BMW
- **DTC** - *Dynamic Traction Control* - protiprokluzový systém využívaný automobilkou BMW
- **EDS** - *Elektronische Differenzialsperre* - elektronická uzávěra diferenciálu
- **ESC** - *Electronic Stability Control* – elektronický stabilizační systém
- **ESP** - *Electronic stability programme* – elektronický stabilizační systém
- **ETC** - *Electronic Traction Control* - elektronický stabilizační systém
- **ETS** - *Electronic Traction System* - elektronický stabilizační systém
- **F2C** – *Follow-to-Stop* – „Následuj do zastavení“
- **GPS** - *Global Positioning Systém* – globální polohový systém
- **LDW** - *Lane Departure Warning* - systém pro udržení vozidla v jízdním pruhu využívaný automobilkou Ford
- **LGS** - *Lane Guard System* - systém pro udržení vozidla v jízdním pruhu
- **LKA** - *Lane Keep Aid* - systém pro automatické navrácení automobilu do jízdního pruhu využívaný automobilkou Ford
- **LKAS** - *Lane Keeping Assist Systém* - systém pro udržení vozidla v jízdním pruhu využívaný automobilkou Honda

- **MSR** - *Motorschleppmomentregelung* - systém pro regulaci točivého motoru
- **NHTSA** - *The National Highway Traffic Safety Administration* – Americký správní úřad
- **RCA** - *Radio Corporation of America* - bývalá americká elektronická společnost
- **Sure Brake** – protiblokovací brzdový systém vyvinutý firmou Bendix
- **Steer-By-Wire** – elektronické ovládání řízení
- **SUV** - *Sport utility vehicle* – sportovní užitkové vozidlo
- **TCS** - *Traction Control Systém* - elektronický stabilizační systém
- **TC** - *Traction Control* elektronický stabilizační systém
- **LED** - *Light-Emitting Diode* – světelná dioda
- **VDC** - *Vehicle Dynamics Control* - elektronický stabilizační systém využívaný automobilkou Subaru
- **VSC** - *Vehicle Stability Control* - elektronický stabilizační systém využívaný automobilkou Subaru a Lexus
- **X-By-Wire** – elektronická technologie využívaná v automobilovém průmyslu