

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

TECHNICKÁ FAKULTA



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Technická
fakulta**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Studijní obor: Silniční a městská automobilová doprava

Elektronické bezpečnostní systémy vozidel

Electronic vehicle safety systems

Bakalářská práce

Autor: Lukáš Floss

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Miler, Ph.D.

PRAHA 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lukáš Floss

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

ELEKTRONICKÉ BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY VOZIDEL

Název anglicky

ELECTRONIC VEHICLE SAFETY SYSTEMS

Cíle práce

Cílem práce je vytvořit literární rešerši s vlastními komentáři zabývající se elektronickými bezpečnostními systémy vozidel.

Metodika

- prostudovat základní literaturu v oblasti bezpečnosti vozidel
- kontaktovat významné organizace zabývající se danou problematikou
- provést globální literární rešerši v dané problematice
- vlastní rozbor problematiky elektronických bezpečnostních systémů
- návrh doporučení a předpokládaný vývoj v oblasti elektronických bezpečnostních systémů vozidel

Doporučený rozsah práce

rozsah práce 30 stran

Klíčová slova

elektronický stabilizační systém, adaptivní tempomat, aktivní a pasivní bezpečnost

Doporučené zdroje informací

1. Hromádko J.: Speciální spalovací motory a alternativní pohony, Nakladatelství Grada, Praha, 2012, ISBN 978-80-247-4455-1
2. Hromádko J., Hromádko J., Hönic, V., Miler P.: Spalovací motory, Nakladatelství Grada, Praha, 2011, ISBN 978-80-247-3475-0
3. Rauscher, J.: Spalovací motory, Studijní opory, VUT FSI Brno, 2004
4. Macek, J.: Spalovací motory I, ČVUT Praha, 2007, ISBN 978-80-01-03618-1
5. Beroun, S.: Vozidlové motory. Studijní opory, TU Liberec
6. Vlk, F.: Vozidlové spalovací motory. Nakladatelství a zasilatelství Vlk, Brno, 2002. ISBN 80-238-8756-4

Předběžný termín obhajoby

2015/05 (květen)

Vedoucí práce

Ing. Petr Miler, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2015

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2015

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „*Elektronické bezpečnostní systémy vozidel*“ vypracoval zcela samostatně pod vedením Ing. Petra Milera Ph.D. a uvedl jsem všechny zdroje, ze kterých jsem čerpal.

V Praze, dne 3. 4. 2015

.....

Lukáš Floss

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval za odborné vedení, věcné rady a připomínky vedoucímu své práce panu Ing. Petru Milerovi Ph.D. a dalším, kteří mi byli nápomocni se zpracováním.

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá především systémy aktivní bezpečnosti v automobilovém průmyslu. Seznamuje s principy funkcí těchto systémů. Nejobsáhleji pojednává o protiblokovacím systému ABS a elektronickém stabilizačním systému ESP. Pozornost je také věnována dalším technologiím, které na tyto systémy navazují. Dále pojednává o nejnovějších bezpečnostních technologiích v tomto oboru. Závěr práce obsahuje rekapitulaci celého tématu elektronických bezpečnostních automobilových systémů spojenou s vlastními názory, předpokládaným vývojem a dopadem na naši společnost.

Klíčová slova: Elektronický stabilizační systém, adaptivní tempomat, aktivní a pasivní bezpečnost

Electronic vehicle safety systems

Summary:

Bachelor thesis deals mainly with active safety systems in the automotive industry. It introduces the principles of the functions of these systems. Most extensively discusses the anti-lock braking system ABS and electronic stability program ESP. Attention is also paid to the technologies, which are related to these systems. It also deals with the latest safety technologies in this field. The conclusion contains a recapitulation of the whole subject of electronic automotive safety systems, coupled with my own opinions, anticipated developments and impact on our society.

Key words: Electronic stability program, adaptive cruise control, active and passive safety

Obsah

1	Úvod.....	1
2	ABS (Anti-lock Braking System)	2
2.1	Historie	2
2.2	Nároky na ABS	3
2.3	Princip funkce	3
2.4	Rozdělení regulací:.....	8
2.4.1	Individuální regulace (IR/IR):	8
2.4.2	Smíšená regulace (IR/SL):.....	8
2.4.3	Modifikovaná individuální regulace (MIR):.....	8
2.5	Snímače otáček kol:	9
3	EDS (Elektronische Differential Sperre)	12
4	Brzdový asistent.....	14
5	MSR (Motor Schleppmoment Regelung)	15
6	ASR (Anti Skid Relation).....	16
6.1	Historie	16
6.2	Popis systému.....	16
6.3	Princip funkce	16
6.4	Typy regulací	17
6.4.1	Motorová.....	17
6.4.2	Brzdová.....	17
7	ESP (Electronic Stability Program)	18
7.1	Historie	18
7.2	Popis systému.....	18
7.3	Princip funkce	19
7.4	Losí test	22
7.5	Senzory.....	25
7.5.1	Senzor úhlu natočení volantu.....	25
7.5.2	Senzor stáčivé rychlosti	26
7.6	Zpracovávání dat.....	26
8	ACC (Adaptive Cruise Control)	28
8.1	Asistenční systémy ACCplus, ACC FSR a F2R	29

9	Active Body Control (ABC).....	30
9.1	Magic Body Control.....	31
10	Nejnovější technologie na poli bezpečnosti.....	32
10.1	eCall.....	32
10.2	Attention Assist	32
10.3	Asistent dálkových světel	33
10.4	Traffic Sign Recognition	33
11	Bezpečnostní systémy blízké budoucnosti	34
11.1	Vehicle – to – Vehicle (V2V).....	34
11.2	Autopilot.....	35
11.3	Aktivní čelní sklo	35
11.4	Monitoring zdravotního stavu	35
12	Závěr	36
	Použité zdroje	
	Seznam zkratk	
	Seznam obrázků	

1 Úvod

Bezpečnost je dnes velmi aktuálním tématem ve všech oborech lidské činnosti a automobilový průmysl není výjimkou. Stačí se ohlédnout zpět do minulosti například na závody formulí. Havárie byly každodenní součástí závodu a často končily i smrtí. Situace v běžném provozu na tom nebyla o mnoho lépe. Automobiloví konstruktéři měli jiné problémy k vyřešení a bezpečnost byla cizím pojmem. Technologie se však posouvá mílovými kroky vpřed a od těchto „dávných“ časů se mnohé změnilo. Počet automobilů je dnes nesrovnatelně vyšší. Téměř každý se dostal za svůj život do kontaktu s vozidlem a stal se tak účastníkem provozu. A právě s rostoucím počtem uživatelů automobilů roste i počet dopravních nehod. Bezpečnostní systémy tak plní důležitou úlohu, když chrání majetek, ale především zdraví a životy lidí. To je také důvodem, proč jsem volil právě toto téma jako předmět své bakalářské práce.

V následujících kapitolách popíší vybrané elektronické bezpečnostní systémy vozidel týkající se zejména aktivní bezpečnosti. Tedy té, která usiluje o zabránění nehody. Vždy je lepší havárii předcházet než řešit následky. Tak smýšlí i automobilový průmysl a podniká kroky právě tímto směrem. S ohledem na rozsah své práce jsem zvolil a obsáhleji popsal ty systémy, které považuji za základ bezpečnosti. Jsou to protiblokovací systém kol ABS a elektronický stabilizační systém ESP. V první polovině se zaměřím na bezpečnostní systémy pracující ve spojitosti s brzdovou soustavou. Druhá polovina pojednává o stabilizačních a asistenčních systémech. V předposlední kapitole budou popsány nejnovější technologie v oboru bezpečnostních systémů a poslední kapitola nastíní, jak bude vypadat budoucnost dané problematiky.

2 ABS (Anti-lock Braking System)

S protiblokovacím systémem známým pod zkratkou ABS, přišel do kontaktu snad každý. S názornou ukázkou jeho funkce však možná nikoliv. Důvodem je, že ABS pracuje pouze, pokud by mělo dojít k zablokování kol. To se nejčastěji stává vlivem prudkého sešlápnutí brzdového pedálu. Mluvíme tedy například o kritické situaci, kdy je nutné vozidlo zastavit s co možná nejkratší brzdnou drahou, nebo za podmínek zhoršené adheze (například náledí). Systém zabraňuje nežádoucímu blokování kol a slouží k maximálnímu využití součinitele adheze mezi povrchem vozovky a pneumatikou vozidla. ABS zabezpečuje minimální délku brzdné dráhy a umožňuje ovládání vozidla i v průběhu brzdění.

2.1 Historie

Začátky systému ABS sahají do 20. let minulého století, kdy tehdejšímu zavedení do praxe bránila technologická úroveň. Původní zájem pro použití tohoto systému, nebyl překvapivě v automobilovém průmyslu, ale leteckém. První plně funkční ABS, nazván Maxaret, sestaven britskou společností Dunlop, se objevil v 50. letech. První použití u automobilu nastalo v polovině 60. let u modelu FF (Ferguson Formula), dnes zaniklé značky Jensen. Celý systém byl však poměrně složitý, drahý a málo účinný.

Rozdíl mezi letadlem a automobilem je ten, že automobil často mění směr jízdy a nároky na ABS jsou v tomto případě vyšší. Zajímavostí je, že i dnes jsou stále v provozu letadla, která využívají lehce modifikovaný původní Maxaret.

Počátkem 70. let se výrobci automobilů začínají zaměřovat na prudce se rozvíjející elektroniku, v čele s tehdejším lídrem vývoje Chryslerem. Chrysler ve spolupráci s firmou Bendix vyvinul první elektronický systém ABS pojmenovaný Sure Break. Tento systém byl integrovaný a pracoval s třemi kanály a čtyřmi indukčními snímači. V roce 1971 se stal nadstandardním vybavením tehdy luxusního modelu Imperial.

V polovině 70. let v Evropě Bosch zakládá firmu Teldix, která na vývoji ABS spolupracuje se společností Mercedes – Benz a v roce 1978 představuje systém 2S. Mercedes – Benz třídy S byl tedy první vůz s ABS v Evropě. Po několika měsících se k používání ABS připojuje BMW řady 7 se svou nepatrně vylepšenou verzí. V první polovině 80. let se ABS stává doplňkovým a následně i standardním vybavením vozů vyšší

třídy. Roku 1985 se Ford Scorpio stává prvním velkosériově vyráběným vozem na světě, používajícím v základní výbavě ABS u všech verzí vozu. [20]

2.2 Nároky na ABS

- Zajistit jízdní stabilitu a ovladatelnost na každém povrchu a za každého stavu vozovky,
- pracovat tak, aby byl co možná nejvíce využit součinitel adheze,
- regulace brzdné síly musí být zajištěna při jakékoliv rychlosti vozidla už od 4 km/h,
- při změnách přilnavosti vozovky se musí regulace okamžitě přizpůsobit,
- nárůst a vznik točivých momentů, vznikajících při odlišném stavu vozovky na levé a pravé straně, musí být pomalý, aby na situaci dokázal zareagovat i méně zkušený řidič,
- vozidlo musí zůstat říditelné s nejkratší brzdou dráhou při brzdění v zatáčce,
- ABS musí být schopné rozpoznat aquaplaning,
- brzdění motorem a brzdění po uvolnění pedálu musí mít co nejmenší vliv na jízdu,
- nesmí dojít k „rozkývání“ automobilu. [4]

2.3 Princip funkce

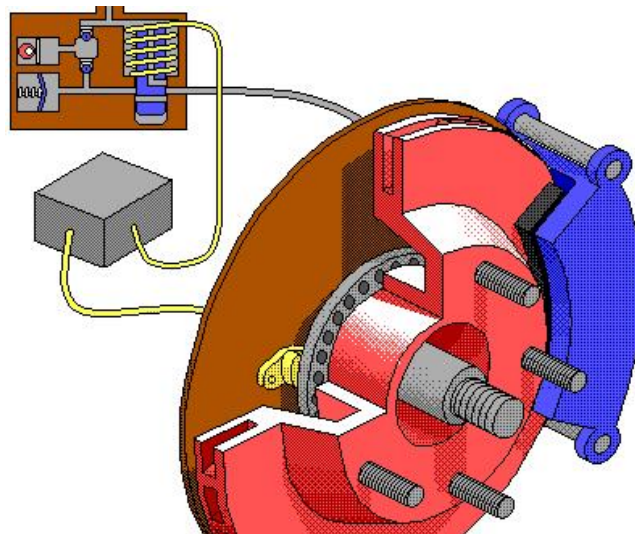
Zejména v krizové situaci, kdy řidič sešlápne brzdový pedál plnou silou, dojde u automobilu bez ABS k zablokování kol. Pro maximální brzdný účinek je tento jev nežádoucí. ABS zabraňuje zastavení kol, čímž zvyšuje brzdný účinek a také umožňuje změnu směru vozidla během brzdění. Systém si sám reguluje působící brzdou sílu na brzdy vozidla. Jev zablokování kola se dá popsat jako ztráta přilnavosti (adheze) pneumatiky s vozovkou. Řídicí jednotka dostává signály z čidel umístěných na kolech vozidla, ty vyhodnocuje a zajišťuje udržení brzdné síly na mezi adheze. Toto se děje střídavým zvyšováním a snižováním brzdného tlaku v soustavě, až do úplného zastavení vozidla.

Základ systému ABS tvoří tyto prvky:

- 1) **Řídicí jednotka** vyhodnocující signály ze snímačů v kolech (ukázka umístění snímače *na obrázku 1*), přesněji jejich frekvenci. Podle ní zjistí okamžitou rychlost otáčení každého kola.
- 2) **Hallův (aktivní) nebo indukční (pasivní) snímač** otáček kol. Tyto snímače jsou umístěny buď na kolech vozidla, nebo na hnací nápravě - na pastorku stálého převodu. V tomto případě jsou snímány otáčky hnacího hřídele.
- 3) **Regulační ventil** sloužící ke snižování a udržování tlaku v brzdové soustavě. Tím se mění brzdná síla působící na kotouče.
- 4) **Hydraulická jednotka** zajišťuje dopravu brzdové kapaliny zpět do hlavního brzdového válce a vytváří dodatečný brzdný tlak v soustavě. [6]

Sešlápnutí brzdového pedálu, má za následek nárůst tlaku v hlavním brzdovém válci, tlak je přenášen dále soustavou (brzdové hadice nebo trubičky), až do brzdového válce umístěného na kole. Řídicí jednotka vyhodnotí, zda má kolo tendenci k blokaci. Poté vyšle signál elektromagnetickému ventilu, který uzavře brzdový okruh. V této fázi tedy řidič neovládá brzdou sílu a ta je konstantní.

Obrázek 1 - umístění snímače otáček kola



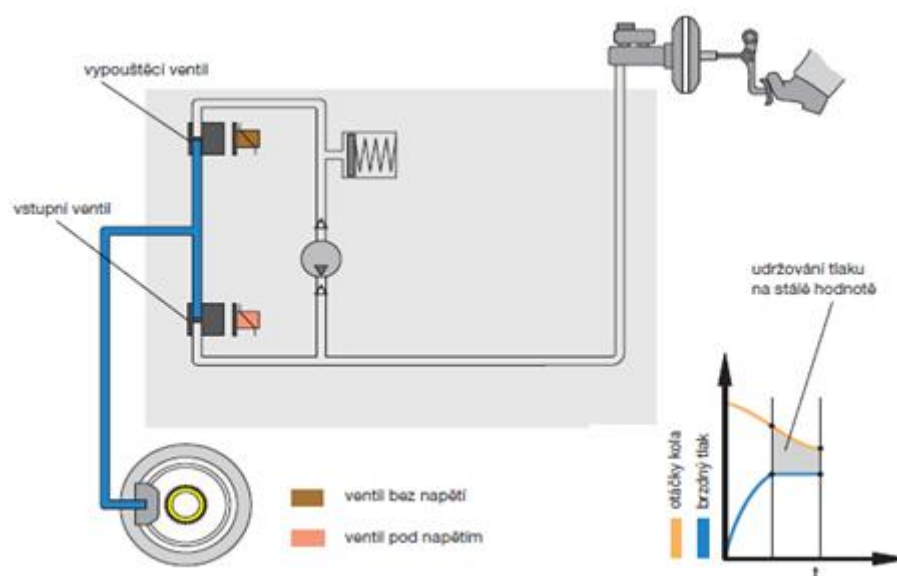
Zdroj: [8]

K regulování brzdného tlaku je nutné znát další parametry. Proto se k vyhodnocení dále využívá tzv. relativní skluz. Relativní skluz určuje závislost mezi rychlostí středu kola, které je brzděné a obvodovou rychlostí téhož kola. Vlastní regulace brzdné síly je prováděna řídicí jednotkou, která ovládá elektromagnetické regulační ventily.

Fáze udržování brzdného tlaku:

Pokud řídicí jednotka rozpozná sklon kola k zablokování, je zapotřebí zamezit dalšímu zvýšení brzdného tlaku v soustavě. Vstupní ventil dostává signál a uzavírá se, vypouštěcí ventil je též uzavřen. Brzdný tlak je udržován pouze mezi ventily a je tedy konstantní. [5]

Obrázek 2 - fáze udržování brzdného tlaku

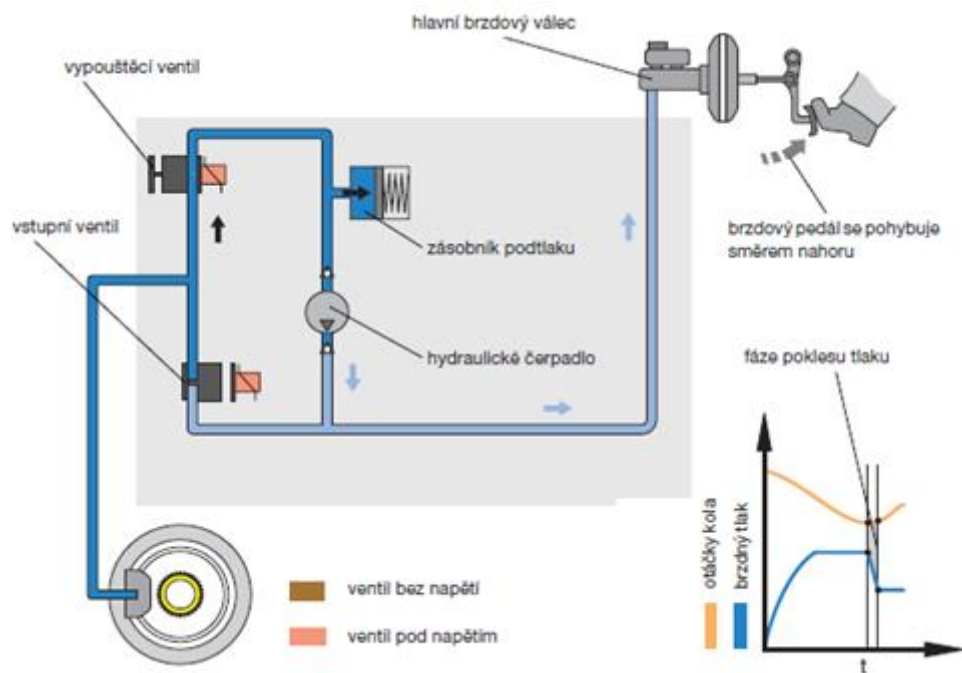


Zdroj: [22]

Fáze poklesu brzdného tlaku:

Pokud otáčky kola klesají i přes to, že brzdný tlak zůstává konstantní, přetrvává sklon kola k zablokování. Je tedy potřeba brzdný tlak ještě snížit. Přívodem napětí se otevře vypouštěcí ventil a brzdová kapalina putuje do podtlakového zásobníku. Tím dochází k poklesu brzdné síly. Vstupní ventil je nadále uzavřen a zamezuje tak tím přívodu další brzdné kapaliny. Poté sepne hydraulické čerpadlo, které dopraví brzdovou kapalinu zpět do hlavního brzdového válce. Řidič pocítí návrat brzdového pedálu zpět do původní pozice. Otáčky kola se sklonem k blokování se opět zvýší. [5]

Obrázek 3 - fáze poklesu brzdného tlaku

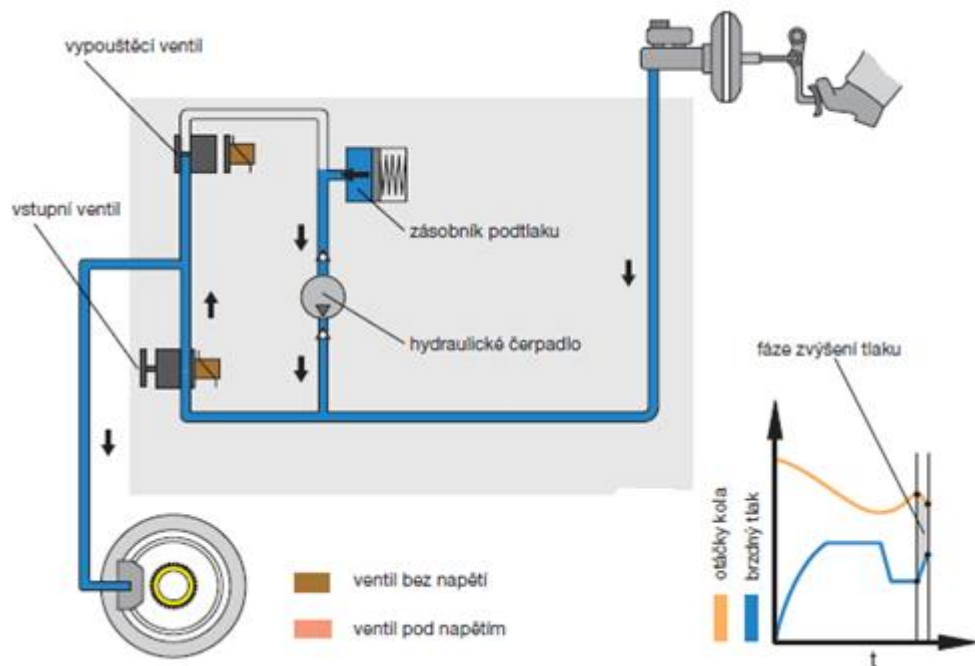


Zdroj: [22]

Fáze zvýšení brzdného tlaku:

Pro optimální průběh brzdění je od určitého bodu potřeba zpětného zvýšení brzdného tlaku. Řídicí jednotka vydává signály a vstupní ventil se otevírá, výstupní naopak uzavírá. Hydraulické čerpadlo stále běží, odsává zbylou kapalinu ze zásobníku a dodává ji do brzdového okruhu. V okruhu tedy vzniká tlak od čerpadla a pedálu řidiče. Vzniká hydraulická podpora brzdného tlaku. Nárůstem brzdného tlaku se budou otáčky kola opět snižovat. Pokud dojde k opětovnému rozpoznání sklonu k zablokování, všechny fáze se opakují. [5]

Obrázek 4 - fáze zvýšení brzdného tlaku



Zdroj: [22]

Soustava ABS dokáže provést více jak deset výše popsaných regulačních cyklů za jednu sekundu (odtud citelné „vibrování“ brzdového pedálu). Této intenzitě se nemůže řidič vyrovnat. [4], [6]

Další veličinou mající velký vliv na správnou funkci ABS je **součinitel adheze μ** . Určuje nám přilnavost pneumatiky k vozovce. Je závislý na nahuštění pneumatiky (příliš vysoký tlak v pneumatice má za následek pokles součinitele adheze), hloubce dezénu (u vyššího dezénu součinitel stoupá), otáčkách kola, tedy rychlosti jízdy (s rostoucí rychlostí klesá) a na vlastnostech samotné vozovky, po které se automobil pohybuje. Tedy jestli je povrch suchý, mokrý, zledovatělý a na materiálu a hrubosti povrchu (beton, asfalt). [1], [4]

2.4 Rozdělení regulací:

2.4.1 Individuální regulace (IR/IR):

Všechna kola jsou regulována zvlášť. U dvounápravového vozidla je systém složen ze čtyř akčních členů, čtyř snímačů a elektroniky se čtyřmi regulačními kanály. Touto cestou se dosáhne nejkratší brzdňá dráha. Např. v zimě, kdy může být vozovka na kraji pokryta sněhem, nebo ledem a uprostřed suchá, dochází k velkému rozdílu přilnavostí jednotlivých kol v příčném směru. ABS v tomto případě též zkracuje brzdňou dráhu, ale vzniká navíc stáčivý moment okolo svislé osy vozu. Ten automobil natáčí do protisměru. Individuální regulace tedy neposkytuje dostatečnou stabilitu pro udržení směru jízdy. [4]

2.4.2 Smíšená regulace (IR/SL):

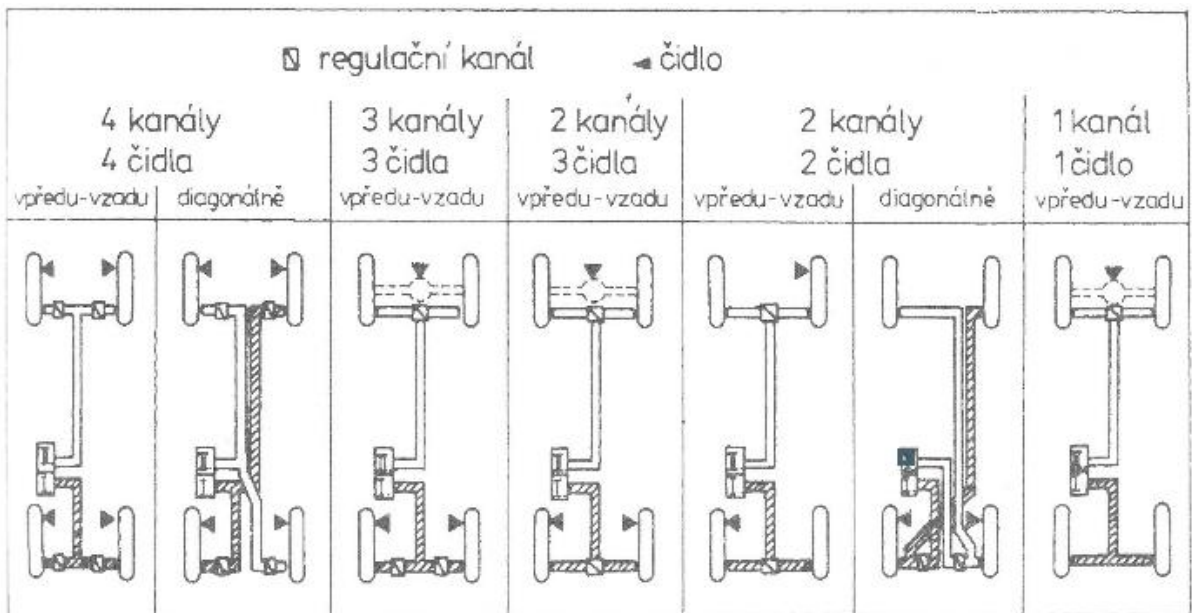
Neboli čtyř-kanálový systém se čtyřmi čidly a diagonálním zapojením brzdové soustavy. Náprava vpředu má individuální regulaci a vzadu mají kola výběrovou regulaci. Výběrová regulace znamená, že brzdňý tlak určuje kolo s horší přilnavostí – select-low. Na zadní nápravě musí být z důvodu diagonálního zapojení dva akční členy. [4]

2.4.3 Modifikovaná individuální regulace (MIR):

„MIR na přední nápravě a individuální regulace (IR) na zadní nápravě. Modifikovaná individuální regulace je obměněná regulace select-low. Během regulace přední nápravy není při blokování jednoho kola zvyšován brzdňý tlak v neblokujícím kole, ale je udržován na stálé hodnotě. Tlak v brzdovém válci blokujícího kola je snižován do té míry, až je dosažena příslušná obvodová rychlost, takže na tomto kole může být opět

zvýšen brzdný tlak. Pak je zvýšen také tlak na kole s vyšší přilnavostí, až opět druhé kolo blokuje. Tento regulační cyklus pokračuje dále, až se vozidlo zastaví. Zadní náprava má individuální regulaci. Regulace IR/SL a MIR/IR zaručují, že stáčivý moment na vozovce s nesymetrickým povrchem je relativně malý, takže řidič může tento jízdní stav snadno zvládnout.“ [4 str. 124]

Obrázek 5 - varianty protiblokovacích systémů pro osobní automobily



Zdroj: [6]

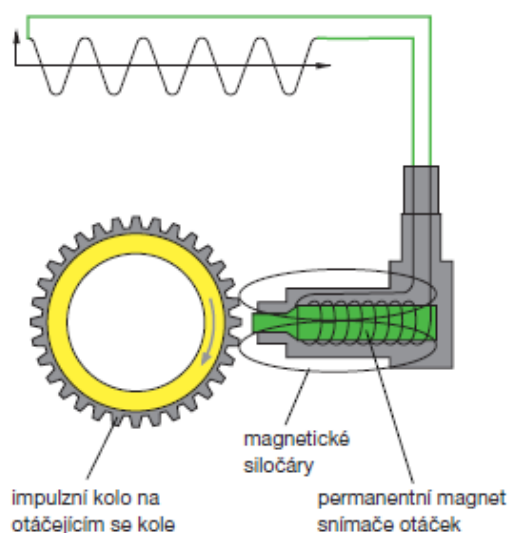
2.5 Snímače otáček kol:

Po obdržení přesných signálů ze senzorů otáček kol řídicí jednotka dostává potřebné informace o rychlosti kol. V minulosti byly používány pasivní indukční snímače fungující na principu elektromagnetické indukce. Využívá se jevu, kde při změně magnetického pole dochází v cínce k indukci elektrického proudu.

Pasivní indukční snímač (obrázek 6) se skládá z permanentního magnetu a cívk. Je umístěn na otočném čepu v kole. Ke změně magnetického toku dochází otáčením impulzního kola. Tím se cyklicky mění vzduchová mezera mezi impulzním kolem a snímačem. Impulzní kolo se dá popsat jako ozubené kolo, které je upevněno na kole vozidla, se kterým se otáčí. Při zvětšení vzduchové mezery klesá napětí a naopak, když je

zub cívky u snímače, hodnota napětí je nejvyšší. Napětí vykazuje sinusový charakter a frekvence je přímo závislá na otáčkách kola. Čím vyšší otáčky, tím větší bude indukované napětí. Maximální hodnota napětí je přibližně 100 voltů. [3]

Obrázek 6 - pasivní indukční snímač



Zdroj: [22]

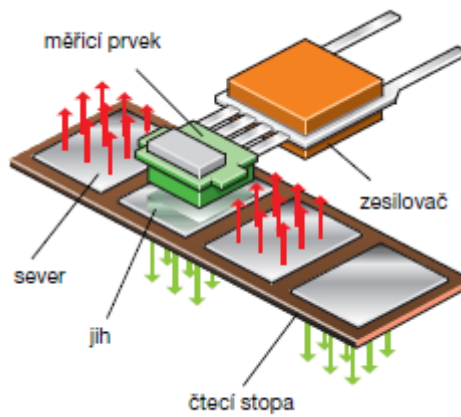
U pasivního snímače velice záleží na velikosti vzduchové mezery. Pokud dojde k její změně, například ulomením zubu kola a podobně, řídicí jednotka dostává nepřesné signály a celý systém nepracuje správně. Pasivní snímač také není externě napájen a generuje signál pouze při pohybu vozidla.

Dnes se více používají **aktivní snímače**, přesněji Hallovy snímače, které využívají stejnojmenného Hallova jevu. Odpadá zde použití ozubeného impulzního kola, namísto zubů jsou zde použity permanentní magnety umístěny vedle sebe a s obrácenou polaritou (viz obrázek 7). U těchto snímačů není velikost napětí závislá na otáčkách kol. Pro svou funkci potřebují externí napájení, neboť žádné sami negenerují, jak tomu bylo u pasivních snímačů.

Výhody tohoto typu snímače jsou následující:

- otáčky kol je možné měřit od nulové rychlosti a zase do úplného zastavení,
- součásti snímače vyžadují malé prostory pro zabudování,
- dobrá odolnost vůči korozi,
- jen malá náchylnost k mechanickému rušení, neboť vzduchová mezera zůstává takřka konstantní,
- malá náchylnost k přijímání rušivých signálů,
- rozpoznatelnost směru otáčení.

Obrázek 7 - aktivní Hallův snímač



Zdroj: [22]

3 EDS (Elektronische Differential Sperre)

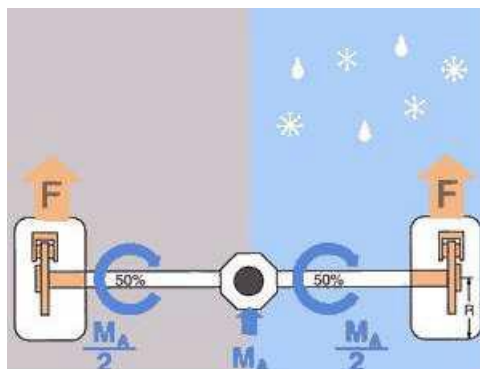
Diferenciál přenáší a rozděluje hnací moment, přiváděný od motoru na kola. Zkratka EDS přeložena z němčiny znamená elektronická uzávěrka diferenciálu. Celá soustava je podobná systému ABS, se kterým také pracuje. Zatímco ABS znemožňuje zablokování kol, EDS dělá přesný opak. Kolo, které se otáčí rychleji, přibrzdí. EDS je užitečný v situacích, kdy se podmínky adheze u jednotlivých kol liší, dochází např. k prokluzu (náledí, sníh) a tím i k jiné rychlosti otáčení jednoho kola oproti druhému. [11]

V zatáčce má každé kolo vozidla jinou rychlost otáčení. Vnější za stejný čas urazí delší vzdálenost. Vnitřní se tedy otáčí pomaleji a přenáší i větší moment. A právě tento rozdíl v rychlostech otáčení kol umožňuje diferenciál. Zanedbáme-li účinnost diferenciálu, můžeme tvrdit, že o co pomaleji se točí jedno kolo, o to rychleji se točí druhé.

Funkce diferenciálu je však nepraktická pro rozjezdy vozidla při odlišných adhezních podmínkách pro jednotlivá kola. Běžně se s tímto můžeme setkat v zimě, kdy okraj silnice bývá pokryt sněhem, nebo náledím, zatímco střed vozovky je suchý. Celý moment od motoru je tedy přiváděn na kolo, které klade menší odpor (to na náledí). Kolo však začne pouze prokluzovat a vozidlo se nerozjede. Tuto situaci dokáže vyřešit právě uzávěrka diferenciálu. [16]

Uzávěrka diferenciálu zajišťuje rovnoměrné rozložení hnacího momentu mezi obě kola na nápravě. Systém přibrzdí vždy jen jedno kolo. Které, to vyhodnocuje řídicí jednotka, pracující se signály od senzorů na kolech vozidla. Ze stejných senzorů, jako u ABS. Kolo, které prokluzuje je přibrzdováno. Tak je zajištěn přívod hnací síly i na kolo s větší adhezí. Uzávěrka diferenciálu se vyřazuje z provozu při vyšších rychlostech, aby se zamezilo zahřívání brzd. Snížení namáhání brzd se dosahuje i regulací točivého moment. Teprve poté, co je přiváděný moment omezen, dochází k přibrzdování. Omezení točivého momentu začíná při slabém prokluzu a zareaguje okamžitým snížením momentu na vhodnou hodnotu. EDS má své největší uplatnění v zimních měsících na nasněžených a namrzlých komunikacích, kdy nejčastěji dochází k prokluzům kol. [6]

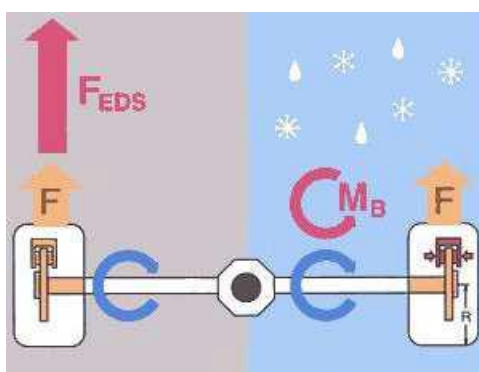
Obrázek 8 – rozdělení hnacího momentu mezi koly



Zdroj: [11]

Na obrázku číslo 8 je ukázka rozdělení momentu mezi koly. M_A znázorňuje moment přivedený od motoru na nápravu. Na pravé polovině obrázku je vyobrazena část s horšími adhezními podmínkami (náledí, sníh) a na levé straně běžná suchá vozovka. V průběhu rozjezdu je hnací moment rozdělen na kola rovnoměrně v poměru 50:50. Jestliže jedno z kol není schopno přenést hnací sílu na vozovku, dojde ke snížení hnací síly i na druhém kole. Pokud kolo začne prokluzovat, zaznamená to řídicí jednotka ABS/EDS za pomoci senzorů otáček kol a na požadované kolo je přiveden brzdný moment M_B . Čerpadlo ABS vytvoří brzdný tlak, který je ale veden pouze k tomuto jednomu kolu. Brzdný moment zabraňuje tomu, aby byl celý točivý moment přiveden na smýkající se kolo. Princip je zobrazen na obrázku číslo 9, kde síla F_{EDS} je síla způsobena činností elektronické uzávěrky diferenciálu. [6], [11]

Obrázek 9 - přenos hnací síly kolo s lepší přilnavostí



Zdroj: [11]

4 Brzdový asistent

Jedná se o důležitý systém zasahující v nečekané situaci, kdy řidiči pomáhá při panickém brzdění. V této situaci, kdy řidič instinktivně reaguje prudkým sešlápnutím brzdového pedálu plnou silou, dochází k maximálnímu nárůstu brzdné síly. Po určité chvíli ale řidič v sešlápnutí pedálu povolí a brzdný tlak klesá. Takto je popsáno panické brzdění a systém ho musí být schopen včas rozpoznat a správně zareagovat. Dle potřeby tedy navýšit brzdný tlak opět na maximum, aby automobil zastavil s co nejkratší brzdou dráhou. Krom rozeznání panického brzdění je systém také nucen rozpoznat, kdy toto brzdění ustává a odevzdat brzdou regulaci zpět řidiči v plné míře.

Brzdový asistent se užívá společně s ABS. Za normálních okolností se chová jako obyčejný posilovač brzd a napomáhá řidiči při brzdění. Asistent se uvede do provozu pouze po překročení dané zlomové hodnoty. Ta je dána rychlostí sešlápnutí brzdového pedálu a silou působící na pedál. Prahová hodnota je samozřejmě pro každé vozidlo jiná. Asistent pouze napomáhá k zvyšování brzdné síly. Pokud řidič uvolní brzdový pedál, brzdný tlak v soustavě poklesne a automobil přestává brzdit. Dnes automobiloví výrobci testují systémy, které automobil v případě nutnosti dokáží zastavit sami, bez ohledu na řidiče. [6], [2]

5 MSR (Motor Schleppmoment Regelung)

Přeloženo jako regulace točivého momentu. Tato funkce je možná díky propojení řídicí jednotky ABS s řídicí jednotkou motoru. Během decelerace vytváří motor automobilu točivý moment, který působí na kola a brzdí vozidlo. Tento jev se nazývá jako tzv. „brzdění motorem“ a roste s objemem motoru a kompresním poměrem. Při náhlém ubrání plynu, nebo podřazení a prudkému puštění spojkového pedálu může dojít k velkému nárůstu točivého momentu od motoru a tím ke smeknutí kol. Situace nastává zejména na kluzkých površích. U sportovních motocyklů se situace řeší použitím anti-hoppingové spojky, což je jednoduchá a efektivní cesta, jak problému předejít. U automobilů se používá MSR. [22]

Způsob regulace

Vychází se z komponentů ABS, které rozeznají tendenci kol k blokování. Přes sběrnici CAN- BUS je vyslána informace do řídicí jednotky motoru a ta vydá příkaz k přiměřenému zvýšení otáček motoru. K zamezení sklonu k blokování hnacích kol musí být točivý moment motoru dostatečně nízký. Redukce točivého momentu motoru je možná v celém otáčkovém rozsahu motoru. [13]

6 ASR (Anti Skid Relation)

Protiprokluzový systém ASR oceníme především v zimních měsících, kdy je velkým pomocníkem při rozjezdech na kluzkém povrchu. Díky němu automobil dokáže využít přesně tolik točivého momentu od motoru, kolik je za daných podmínek potřeba a zabezpečit tak plynulé rozjetí, bez nežádoucího prokluzu kol.

6.1 Historie

„Za prvního předchůdce moderních protiprokluzových systémů lze považovat zařízení nazvané MaxTrac. Tento systém představila v roce 1971 automobilka Buick a záhy jej zabudovala do svých modelů Riviera, Estate Wagon, Electra 225, Centurion a LeSabre. Jednalo se o jednoduchý elektronicky řízený systém, který umožňoval detekci prokluzujících kol a následnou úpravu výkonu motoru. V roce 1979 představila automobilka Cadillac obdobný systém nazvaný Traction Monitoring Systém (TMS) u modelu Eldorado. Systém ASR, jak ho známe dnes, se v automobilech poprvé objevil v roce 1986.“ [10]

6.2 Popis systému

ASR zajišťuje stabilitu a říditelnost automobilu při akceleraci snížením výkonu motoru. V případě protáčení kol ASR sníží točivý moment na takový, který jsou schopna kola přenést za daných adhezních podmínek na vozovku bez prokluzu. Prokluz kol nadbytečně opotřebovává nejen pneumatiky, ale i diferenciál a celé hnací ústrojí. ASR napomáhá při rozjezdech (zejména na kluzké vozovce), zabraňuje opotřebení již zmíněných součástí, zabezpečuje plynulé zrychlení bez prokluzu kol a při průjezdu zatáčkou působí proti nedotáčivosti vozidla. ASR pracuje společně s EDS a motorovou řídicí jednotkou. Narozdíl od EDS je ASR schopno pracovat při každé rychlosti vozidla. [3], [6]

6.3 Princip funkce

Snímače otáček kol ze systému ABS sledují otáčky jednotlivých kol na hnané nápravě. Získané údaje porovnává řídicí jednotka (opět společná s ABS) s otáčkami kol nepoháněné nápravy. Pokud jednotka vyhodnotí, že kolo prokluzuje, vydá pokyn k jeho přibrzdění. Při vyšších rychlostech je řídicí jednotkou motoru vyslán příkaz ke snížení

točivého momentu nuceným ubráním plynu. V důsledku toho se kola přestanou protáčet. [5]

Řidič je informován o aktivaci ASR blikající kontrolkou na palubní desce. Ta ho varuje, aby přizpůsobil styl jízdy vlastnostem vozovky. ASR je možné celé vypnout, což je užitečné např. při jízdě s nasazenými sněhovými řetězy, kde je prokluz nevyhnutelný. [10]

6.4 Typy regulací

6.4.1 Motorová

Rozlišuje se dle použitého spalovacího motoru, tedy zážehového nebo vznětového. U dieselových motorů se reguluje výkon **množstvím vstřikovaného paliva**, u systému ASR dojde k přerušení vstřikovací dávky do válců. Nevýhodou je pomalá odezva. Samotná regulace je u vznětových motorů prováděna ovlivněním vstřikovacího čerpadla nebo elektronickým plynovým pedálem. Další možností regulace je **škrticí klapkou**. Emisně, komfortně a s ohledem na zatížení motoru se tato možnost jeví jako nejlepší. V praxi se kombinuje regulace polohou škrtecí klapky s omezením vstřiku paliva a zásahem do zapalování. Třetí možností je regulace **zapalováním**, kde se opožďuje doba zážehu, nebo se zapalování zcela vynechá. Při tomto typu regulace je důležité zabezpečit, aby při vynechání zápalu byla přerušena i dávka paliva. Kdyby toto nebylo splněno, mohl by se poškodit katalyzátor a emise se zvýší. [3], [6]

6.4.2 Brzdová

Optimální je používat brzdovou regulaci společně s regulací motorovou a typem škrtecí klapka. Princip spočívá v brzdění prokluzujícího kola, regulace brzdová tedy pracuje jako uzávěrka diferenciálu. Ve vyšších rychlostech při častějším brzdění jsou brzdy kola dosti namáhány. Proto se používá kombinace s motorovou regulací, která „ulevuje“ brzdám a minimalizuje riziko přehřátí brzdových kotoučů. Pouze brzdovou regulaci je dobré používat u méně výkonných vozidel a při nízkých rychlostech. Výhodou je při tomto typu regulace kratší doba reakce. [6]

7 ESP (Electronic Stability Program)

Elektronický stabilizační program je dalším z pilířů bezpečnostních systémů v automobilech. Každý automobil je dnes povinně vybaven ABS a od minulého roku i ESP.

7.1 Historie

Zavedení ESP znamenalo v automobilovém průmyslu převratný krok. První firma, která použila tento systém, byl Mercedes – Benz v roce 1995, konkrétně třída E. Cena systému byla ale příliš vysoká pro širší nasazení. V roce 1997 však proběhl nezdařilý test švédských novinářů a ESP se dostalo i do výbavy levnějších automobilů. Při zmíněném testu neprošel Mercedes třídy A tzv. „losím testem“ a došlo k jeho převrácení. To samozřejmě přivedlo velkou pozornost a spustilo kritiku. Mercedes na základě toho v rámci zachování svého dobrého jména, začal vybavovat ESP i vozy nižší třídy. Svůj nemalý podíl na existenci systému ESP se zasloužil i Bosch, který se zabývá vývojem a současně je i jeho největším světovým výrobcem. Od 1. listopadu 2011 je podle Evropské komise ESP povinné pro každý nově homologovaný automobil. [12]

7.2 Popis systému

Při jízdě po pozemních komunikacích je posádka automobilu vystavena nespočtu hrozícím nebezpečím. V mnoha případech záleží na řidiči, na jeho reakci v kritické situaci. Každý je jinak zkušený, pohybuje se jiným typem vozu, za různého počasí, stavu silnice, atd. To vše má vliv na bezpečnost provozu. Ani sebezkušenější řidič však nedokáže zabránit nehodě ve všech případech. Příčin vzniku dopravních nehod je mnoho. Statistika Policie ČR (viz. *tabulka 1*) za rok 2014 dokazuje, že hlavní příčinou nehod řidičů motorových vozidel zůstává stále nesprávný způsob jízdy (téměř 63% z počtu těchto nehod) a druhý nejvyšší počet usmrcených osob.

Tabulka 1 - příčiny nehodovosti v roce 2014

Hlavní příčina nehody rok 2014	Počet nehod	tj. %	Počet usmrcených	tj. %	Rozdíl usmrcených
NEPŘÍMĚŘENÁ RYCHLOST	12 783	17,5	241	41,4	32
NESPRÁVNÉ PŘEDJÍŽDĚNÍ	1 517	2,1	33	5,7	10
NEDÁNÍ PŘEDNOSTI	12 751	17,5	79	13,6	1
NESPRÁVNÝ ZPŮSOB JÍZDY	45 790	62,9	229	39,3	11

zdroj: [18]

Jako konkrétní příčiny lze uvést příliš vysokou rychlost průjezdu zatáčkou, kdy řidič špatně odhadne úhel zatáčky, nebo přecenění schopností svého vozu. Dále jízda pod vlivem alkoholu, nevěnování se řízení, malý odstup od vozidla vpředu, nedbalé odbočení a srážka se zvířem. Defekt pneumatiky bývá také častý úkaz ztráty kontroly nad vozidlem.

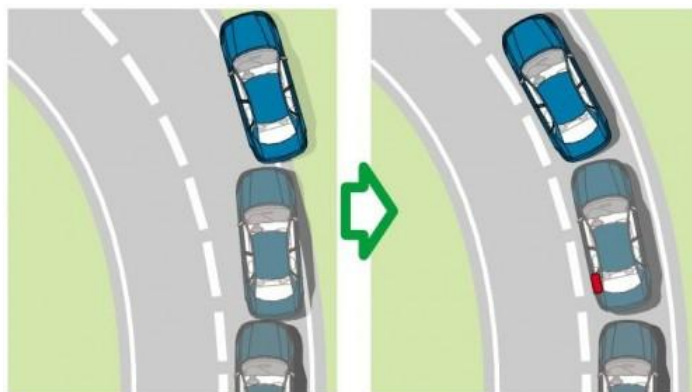
Mezi výše zmíněnými příčinami nejsou uvedeny technické závady, nebo jakékoliv jiné selhání automobilu. Ty totiž tvoří minimální podíl na dopravních nehodách. Hlavní faktor je špatně reagující řidič v kritické situaci. [2]

Krizové situace je třeba řešit velmi rychle. Často rozhodují desetiny vteřiny. Řidič jedná většinou reflexivně, což má spíše negativní dopad na celou situaci. Nepozná, kdy je vozidlo na hranici přilnavosti s vozovkou. Běžné je, že jeho reakce jsou v kritických situacích nepřiměřené. Prudké strhnutí volantů a tím ztráta stability. V 90 % řidiči před nehodou vůbec nebrzdí, nebo jen nevýrazně. Takže nemůžeme říci, že ABS selhalo. Tyto systémy nemají nahrazovat řidiče, ale pouze mu napomáhat ve zvládnutí dané situace, vytvářením co možná nejlepších podmínek. ABS zajistí stabilitu automobilu při brzdění, ale začít brzdit musí sám řidič. Reakční doba je závislá na podmínkách a pohybuje se mezi 0,3 až 1,7 sekundami. [2]

7.3 Princip funkce

ESP ovlivňuje jízdní dynamiku automobilu v kritických situacích, do kterých se vozidlo může dostat v běžném provozu. To může být například nedotáčivý nebo přetáčivý smyk. Soustava ESP je de facto nadstavbou výše popsaných systémů ABS a ASR. Dochází k přibrzdování potřebných kol a snižování krouticího momentu motoru tak, aby se vozidlo nedostalo do smyku. To zajišťuje ovladatelnost i v kritických situacích. Brzdění kol se děje na základě signálů ze senzorů v kolech vozidla. Řídicí jednotka vyhodnocuje situaci na základě těchto údajů a adekvátně zareaguje vydáním signálů příslušným akčním členům. Řidič je dočasně mimo svou roli, nemá vliv na řízení a automobil se v daný okamžik ovládá z části sám. Pro co nejlepší a precizní funkci systému je zapotřebí výkonná elektronika, která stihne včas zareagovat. [5], [6]

Obrázek 10 - nedotáčivost



Zdroj: [12]

Na obrázku číslo 10 je vyobrazena **nedotáčivost** automobilu, projevující se neochotou vozidla zatočit do požadovaného směru. Podle situace sníží ESP točivý moment motoru a potlačí řazení u automobilů s automatickými převodovkami. Poté jsou cíleně přibrzdována potřebná kola, nebo kolo, což má za následek vytvoření opačně orientovaného otáčivého momentu, než toho, který dostal vozidlo do smyku. Nejdříve se tedy sníží tah motoru a následně systém přibrzdí zadní kolo na vnitřku zatáčky. Současné systémy při zásahu ESP brzdí obě vnitřní kola. [12], [22]

Obrázek 11 - přetáčivost



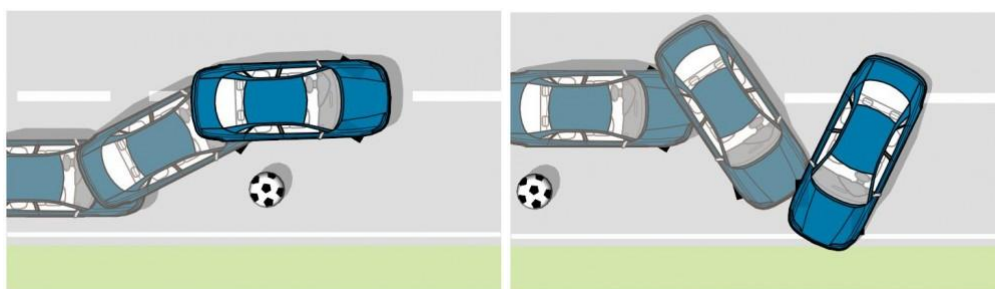
Zdroj: [12]

Obrázek číslo 11 znázorňuje **přetáčivost** vozidla. To je smyk zadní nápravy vznikající při prudkém zatočení vozidla. Je hůře zvladatelná než nedotáčivost. Při průjezdu zatáčkou ESP jako nejprve přibrzdí kolo na vnější straně zatáčky, pokud to nestačí, řídicí jednotka vyše signál ke krátkodobému přidání plynu. K tomu však dochází jen zřídka.

Takto systém vyrovnává vznikající smyk. Nevyžaduje přitom přímého zásahu do řízení, ve skutečnosti se celá situace podobá řízení pásového vozidla, kde se brzdí jednotlivé pásy.

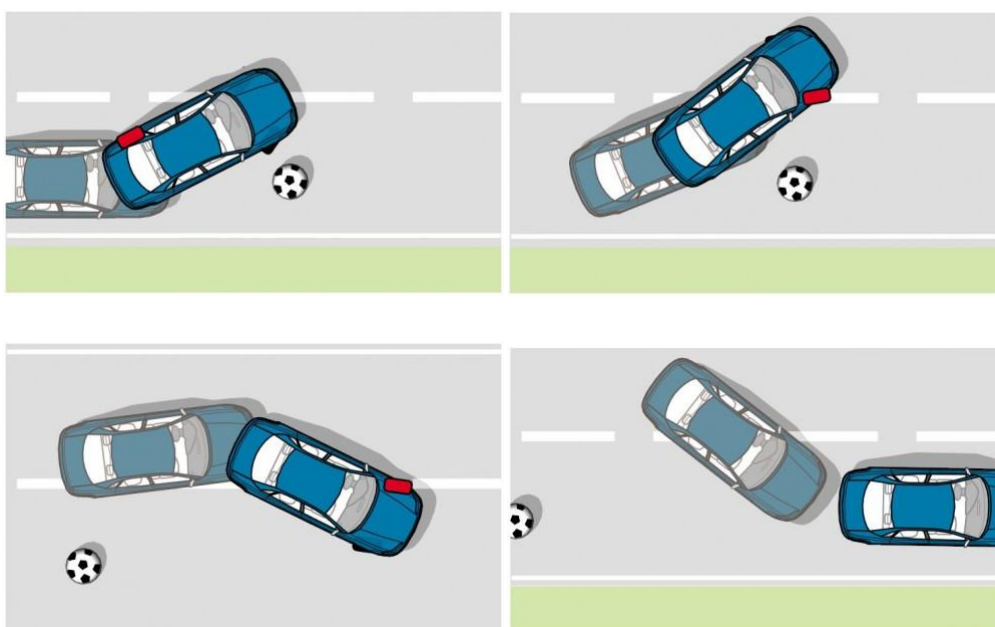
Na následujících *obrázcích 12 a 13* jsou pro ilustraci zobrazeny možné nastalé situace, kdy elektronický stabilizační systém svým zásahem „pomáhá“ v ovládnání vozu.
[12], [22]

Obrázek 12 - vozidlo bez ESP



zdroj [12]

Obrázek 13 - vozidlo s ESP



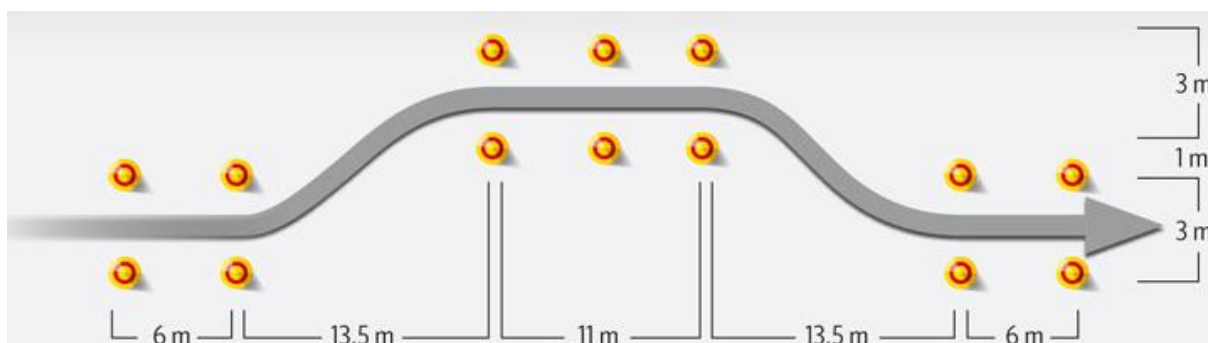
Zdroj: [12]

ESP je rozšířením proti-blokovacího systému ABS a proti-skluzového ASR. Oba tyto systémy zajišťují stabilitu pouze v podélném směru. ESP navíc udržuje stabilitu ve směru příčném a zabraňuje tak smyku. Udržuje stabilitu za špatných podmínek při rozjíždění (ASR), brzdění (ABS), při panické reakci řidiče a napomáhá i při tzv. losím testu. [2]

7.4 Losí test

Losí test je původem ze Švédska a důvod je zřejmý již ze samotného názvu. Los je v této zemi nejčastější příčinou srážky vozidla se zvířetem. Testem se zkouší schopnost vozidla vyhnout se náhlé nečekané překážce. Los je velké a několik set kilogramů vážící zvíře a srážka s ním může mít tragické následky. U vozidel typu SUV se testuje i samotné převrácení vozidla, v důsledku vyhýbání. Losí test měl významný podíl na uvedení ESP do výroby. Roku 1997 Mercedes – Benz třídy A neprošel testem a převrátil se. Mercedes, chtějíc uhájit své dobré jméno, po této zkušenosti začal instalovat systém ESP do všech svým vozů. [14]

Obrázek 14 - losí test



Zdroj: [15]

Průběh testu je znázorněn na obrázku 14 a je rozdělen do pěti fází. Automobil nejprve jede na nejvyšší rychlostní stupeň a otáčky motoru jsou 2000 ot/min. Poté řidič uvolní plynový pedál deset metrů před překážkou. V třetí fázi následuje vyhýbání překážce, která je nasimulována jako přenesení silnice o jeden metr v délce 13,5 metru. Řidičova reakce je prudké zatočení volantem doleva. Fotobuňkou je měřena rychlost vozidla. V předposlední fázi se automobil vrací zpět do původního směru a následuje poslední fáze a tou je konec testu. Pro dosažení přesnějších výsledků, jelikož každý řidič

reaguje na situaci odlišně, provádí test několik řidičů. Získávají se informace o stabilitě vozidla, které však nemusí být zcela v souladu s reálnou situací v běžném provozu, kde do věci zasahují další faktory jako počasí, stav vozovky, vozidla a hlavně zkušenost samotného řidiče. [2]

ESP nevyužívá jen snímače otáček kol, ale i snímače natáčení kolem svislé osy procházející těžištěm automobilu a snímač příčného zrychlení. Regulace udržuje tyto tři stupně volnosti v mezích ovladatelnosti:

- podélnou rychlost
- příčnou rychlost
- stáčivou rychlosti (otáčení kolem svislé osy) [6]

Automobil se stabilizačním systémem se za normálních okolností chová stejně jako automobil bez něj. Systém začne pracovat pouze ve chvíli, kdy se dostaneme do kritické situace. Jedním ze tří stupňů volnosti, který musíme monitorovat, je podélná rychlost. ABS i ASR jistí automobil v podélném směru. Veličiny zajišťující správnou funkci těchto dvou systémů jsou závislé na rychlosti.

Automobilová technika se neustále vyvíjí a s ní i všechny spojené systémy. Dříve ESP spočíval pouze v brzdění daných kol. S rostoucími nároky na bezpečnost v automobilovém průmyslu se rozšířily i zásahy ESP do řízení vozu. Dnešní systémy ESP jsou nastaveny tak, aby ve chvíli, kdy dojde ke kritické situaci, zasáhly do řízení motoru a snížily hnací moment motoru na optimální hodnotu. Tento zásah probíhá zcela samostatně bez působení řidiče. ESP během zásahu monitoruje chování řidiče a za pomoci výkonné mikroelektroniky vyhodnotí, o jakou hodnotu má tah motoru snížit. Vše s ohledem na řidiče, tak aby danou situaci co nejlépe zvládl. [5], [6]

Na *obrázku 15* můžeme vidět regulační schéma ESP. V řídicí jednotce má prvořadou funkci regulátor jízdní dynamiky, kam přiházejí signály ze snímačů. Vyhodnocením těchto signálů zjišťujeme skutečné chování vozidla. Dále následuje vyhodnocení a regulace s požadovaným výsledkem na navrácení vozidla do normálního jízdního stavu. Posuzují se informace o úhlu natočení volantu, úhlu plynového pedálu a poloze brzdového pedálu. Řídicí jednotka ESP na základě těchto hodnot vypočítá

chování vozidla, které řidič očekává. Ne všechny hodnoty ale získá, a proto si další sama dopočítá, např. součinitel adheze. Ten lze spočítat z údajů o rychlosti otáčení kol, stáčívé rychlosti a bočních tlaků.

Regulátor brzdného skluzu je podřazen a pracuje tehdy, je-li zapotřebí ke stabilizaci automobilu použít i protiblokovací systém ABS. Hodnoty skutečného skluzu pro tři kola jsou vypočítávány z informací o jednom sledovaném kole.

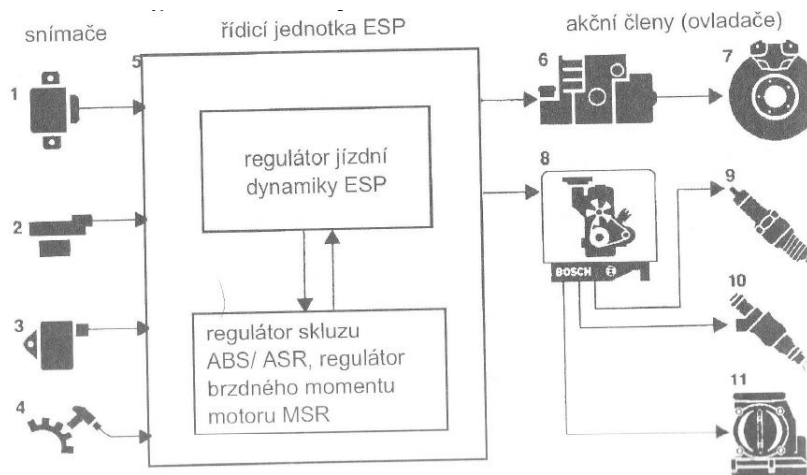
Regulátor brzdného momentu MSR je též podřazen a zajišťuje, aby nedocházelo k velkému brzdnému skluzu při brzdění motorem, nebo náhlém ubrání plynu. Pokud riziko skluzu hrozí, zvýší se točivý moment motoru a tím se zabezpečí jízdní stabilita.

Regulátor hnacího skluzu (opět podřazen) zasahuje v momentě, kdy podmínky jízdy vyžadují použití protiskluzového systému ASR. Regulátor zde snižuje točivý moment motoru na hodnotu, při které nebude k prokluzu kol docházet. [2]

Bosch regulační soustava systému ESP obsahuje tyto části:

1 – snímač stáčívé rychlosti a snímače bočního zrychlení; 2 – snímač úhlu natočení volantu; 3 – snímač neregulovaného brzdného tlaku; 4 – snímače otáček; 5 – řídicí jednotka ESP; 6 – hydraulická jednotka; 7 – brzdy; 8 – řídicí jednotka spalovacího motoru; 9 – úhel zápalu; 10 – vstřikovač paliva; 11 – škrticí klapka.

Obrázek 15 - regulační soustava ESP



Zdroj: [3]

7.5 Senzory

Úkolem senzorů je převádět získané veličiny na elektrické signály. Jejich funkci nesmí ovlivňovat žádné vnější vlivy a snímače musí mít dlouhou životnost a být spolehlivé za všech okolností. Do systému ESP se řadí i dříve zmíněné komponenty ze systémů ABS a ASR. ESP je plně využívá pro svou funkci a jsou tedy i součástí samotného systému ESP. [2]

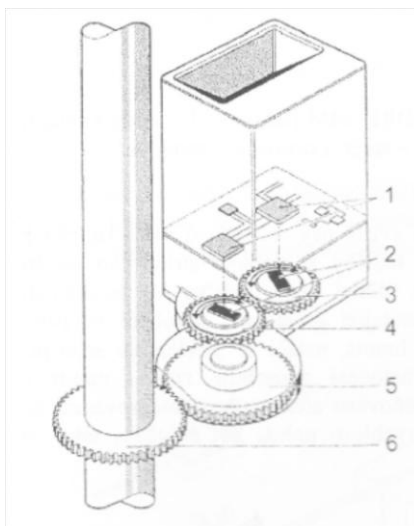
7.5.1 Senzor úhlu natočení volantu

Od tohoto snímače řídicí jednotka dostává informace o tom, v jaké poloze se volant právě nachází. Nesmíme zapomenout, že volant pracuje v oblasti 720° na obě strany. Nejvíce je používán **snímač s AMR** (Anisotropic Magneto Resistance), v překladu ochrana proti magnetickým rušivým vlivům. Snímač je tvořen dvojicí permanentních magnetů spojenou za pomoci ozubených kol s hřídelí volantu. Převody mezi koly se liší a natočením volantu do různých poloh vzniká ojedinelá vzájemná poloha magnetů. Jde o absolutní snímání úhlu řízení. [2]

Snímač úhlu natočení volantu s AMR se skládá z těchto součástí:

1 – prvky AMR; 2 – permanentní magnety; 3 – ozubené kolo; 4 – druhé ozubené kolo; 5 – vložené ozubené kolo; 6 – hnací kolo na volantové hřídeli

Obrázek 16 - snímač úhlu natočení volantu s AMR



Zdroj: [6]

Další variantou snímače na úhel natočení volantu může být **optoelektrický senzor**. Obsahuje segmentové kolo a fotosenzor. Vzdálenosti na segmentovém kole připevněném na hřídeli volantu jsou odlišné. Fotosenzor snímá tyto segmenty dle toho, jak je natočen volant. Informace vysílá do řídicí jednotky ESP. V tomto případě je možné uplatnit jak relativní, tak absolutní snímání. U relativního typu si řídicí jednotka vypočítá úhel natočení volantu ze signálů od jiných snímačů. [6]

7.5.2 Senzor stáčivé rychlosti

Tento senzor snímá rychlost natáčení vozu kolem své svislé osy. Rychlost natáčení je měřena gyrometry (gyroskopický princip). Existuje několik provedení těchto snímačů. Prvním typem je **piezoelektrický senzor** stáčivé rychlosti. Základem je válec s piezoelektrickými dvojicemi. Principiálně se jedná o vyhodnocení změny kmitání. Na senzoru je vyvolané amplitudově regulované kmitání. To se mění, pokud dochází k otáčivému pohybu.

Druhá možnost je **mikro-mechanický snímač**. Ve své skříni má tento snímač, vedle snímače stáčivé rychlosti, navíc snímač příčného zrychlení. Princip jeho funkce se dá přirovnat k ladičce (kmitací pružinka). V porovnání s piezoelektrickým snímačem je výhodný svými menšími rozměry, vyšší výkonností a odolností vůči nehodám. Skříň je neprostupně uzavřena a naplněna dusíkem. [2], [7]

7.6 Zpracovávání dat

Signály od snímačů zpracuje řídicí jednotka. Ta pracuje se signály digitálními, analogovými a signály indukčního snímače. V jednotce je nahrán program zajišťující její správnou funkci. Data nutná k vyhodnocování (nastavovací, výrobní a vozidlová) jsou uložena v paměti, která se dá v případě potřeby vymazat a není závislá na zdroji elektrické energie. Pro přenos dat jsou použity sběrnice CAN-bus. Jednotka má také operační paměť, kterou je nutno stále napájet. Jinak dojde ke ztrátě dat. Řídicí jednotka je nevržena tak, aby se „učila“ za skutečného provozu. Čím více dat nasbírá, tím lépe je schopna vše aplikovat za dosažením co nejlepších jízdních vlastností. Tato data je samozřejmě dobré v jednotce zachovat. Proto jsou tato „naučená“ data ukládána na energeticky nezávislou paměť. [2]

Data se dají přenášet buď konvenčně, nebo sériově (CAN). U **konvenčního** typu je každému signálu přiřazeno vedení. Zakládá se na typu zapnuto/vypnuto, tedy 0 a 1. Konvenční vedení z toho důvodu nevyhovuje velikému toku dat v automobilech dnešní doby.

Dnes se používá pro přenos dat sběrnice **CAN** vyvinuta firmou Bosch. Její nejdůležitější funkce je vzájemné propojení řídicích jednotek, kde je důležitá struktura zapojení, která rozhoduje o fungování systému i při poruše některé jednotky. V rámci minimalizace rizika celkového selhání jsou jednotky propojeny lineární sběrníkovou strukturou jako rovnoprávné. To znamená, že při poruše jedné stanice mohou sběrnici používat stanice poruchou nezasážené. Každá informace je vyslána s identifikačním znakem. To zabraňuje zatěžování jednotek, pro které není adresována. Všechny řídicí jednotky mají uložený seznam identifikačních znaků, které jsou schopny rozeznat. Identifikační funkce slouží ale i k udávání priorit informacím. Přednost mají signály rychle se měnící. Počet sběrnic v systému je omezen a přidělování priorit určuje pořadí, kdy bude který signál zpracován. [2], [3]

ESP je složitý systém, který využívá ke své činnosti mnoho snímačů a sdružuje pod sebe další systémy. Stabilizační systém je bezesporu velice prospěšný pro bezpečnost provozu, ale jako vše má i ESP své drobné nevýhody. Zkušeným jezdcům může například „zasahovat“ do ovládnání vozu. Zde ale mluvíme o velice úzké skupině jedinců, řekněme automobilových nadšenců, kteří rádi udržují kontrolu nad vozem pouze svým umem. Systém je samozřejmě možné celý vypnout. Běžnému řidiči ESP jednoznačně pomáhá a zvyšuje tak bezpečnost jeho samotného i ostatních účastníků provozu. Od roku 2014 je ESP součástí každého prodaného vozu. [12]

8 ACC (Adaptive Cruise Control)

V češtině - adaptivní tempomat. Tedy tempomat, který se přizpůsobuje změnám regulovaného objektu. To znamená, že adaptivní tempomat sleduje dění před automobilem a pokud se blíží překážka, je schopen na ni zareagovat. Udržuje tedy bezpečnou vzdálenost i od ostatních vozidel. Adaptivní tempomat je vlastně vylepšený standardní tempomat. To je zařízení, které pomáhá udržovat stálou rychlost, což řidič ocení zejména na dlouhých cestách po dálnicích. Adaptivní tempomat sleduje situaci před vozidlem a automaticky upravuje rychlost jízdy. Systém pracuje s mikrovlnným nebo laserovým radarem, s jejíž pomocí zjišťuje rychlost blížící se překážky (pomalý automobil před námi). Na základě vyhodnocení je ACC schopen automaticky snížit rychlost, aniž by musel do procesu zasahovat řidič. Pokud automobil před námi opět zrychlí, nebo odbočí, adaptivní tempomat opět zrychlí vůz na původní hodnotu.

Řidič musí mít na paměti, že stále zodpovídá za sledování rychlosti a překážek on sám. Systém není schopen reagovat na stojící překážky ani protijedoucí vozidla. Nelze ho používat při špatném počasí (sníh, déšť), na silnicích s mnoha zatáčkami a na zledovatělých či zasněžených vozovkách. Nutno říci, že systém nemusí zcela bezpečně rozpoznat motocykly, jiná malá vozidla a ani vozidla jedoucí pod 20 km/h. [9]

Pro samočinnou regulaci bezpečného odstupu musí mít automobil zařízení pro zjištění vzdálenosti a také zařízení nahrazující řidičovo ubrání plynu, nebo brzdění. Zásahy do jízdy jsou možné jen díky systémům ABS a ESP, které vozidlo již obsahuje. Tyto systémy jsou schopny vytvářet brzdny tlak bez zásahu řidiče. Samotný systém ACC může být zapnut, či vypnut dle řidičova přání. Řidič nastavuje rovněž požadovanou rychlost. Dalšími součástmi systému je radarový snímač, jeho jednotka na zpracování signálu a regulační jednotka. Ke snímání polohy a pohybu vozidla se využívá čidel ESP. Vyhodnocují úhel natočení řízení, příčné zrychlení, rychlost vozu a rychlost otáčení automobilu kolem svislé osy. Sběrnice CAN-bus potom zajišťují přenos informací mezi systémy. Palubní deska je osazena kontrolkou, která dává řidiči informaci o tom, že byl zachycen objekt před vozem a započala regulace vzdálenosti.

Radarové senzory dávají řidiči jednotce informace o odstupu, nebo překážkách před vozem. Jestliže systém zaznamená, s ohledem na rychlost a odstup vozidla, možnou kolizi, zapracuje zařízení rychlým nárůstem tlaku v brzdové soustavě na maximum. Po tomto zásahu je zaručena nejkratší možná brzdná dráha a jsou ušetřeny drahocenné zlomky sekund, které můžeme převést na kratší brzdou dráhu. [4]

8.1 Asistenční systémy ACCplus, ACC FSR a F2R

V případě, že by se rychlost vozidla dostala pod 30 km/h, se klasický systém ACC automaticky vypíná. Avšak vylepšený systém adaptivního tempomatu **ACCplus** je schopen regulovat vzdálenost od vozidla vpředu až do zastavení. Při opětovném rozjetí vozidla vpředu je řidič upozorněn. ACCplus napomáhá hlavně při dopravních zácpách a v hustém provozu, je tedy vhodný i do měst. Řidiči je samozřejmě povoleno kdykoliv zasáhnout a vozidlo zrychlit, nebo zpomalit. Systém poskytuje i možnost následování vozidla vpředu, funkce se jednoduše aktivuje stisknutím tlačítka na volantu. ACCplus je používán od roku 2006.

ACC FSR (Full Speed Range) dokáže rozpoznávat překážky v blízkosti před vozidlem rychleji než ACCplus. Umožňuje to proto, že zpracovává nejen informace z radaru, ale i videokamery. ACC FSR se tedy více hodí pro provoz Stop – and – Go než ACC plus. Vozidlo se může samovolně rozjíždět bez potvrzení řidiče díky informacím z videokamery. Právní důvody však dovolují, aby systém fungoval pouze do deseti sekund od zastavení. Poté se řidič musí rozjet bez podpory systému.

Systém **F2S (Flow-to-Stop)** zabezpečuje automatickou regulaci bezpečné vzdálenosti ADR (Automatic Distance Regulation) s funkcí brzdění až do zastavení vozu. Systém od automobilového giganta Volkswagen ADR + F2R umí automobil zastavit za vpředu jedoucím vozem. Ve světlometech má integrovaný šestnácti-kanálový mnohopaprskový laserový senzor (Multibeam Lasersensor), který dokáže zachytit šířku a pozici objektů. Celá funkce slouží ke zvýšení jízdního komfortu ve městě a v dopravní zácpě. K tomu dokáže systém včas varovat před kolizí, brzdit před stojící překážkou a přibrzdit před zatáčkou. [4]

9 Active Body Control (ABC)

Jak název napovídá, jedná se o aktivně regulovaný podvozek. Regulovatelný podvozek zvyšuje jízdní komfort, ale přispívá i k bezpečnosti. Bezpečnost a komfort jsou protichůdné požadavky a inženýrům dalo značnou práci tento problém vyřešit. Systém je schopný aktivně reagovat na vzniklé situace během jízdy. Při zatáčení ve vysoké rychlosti se karoserie automobilu vlivem působící síly naklání. ABC obsahuje výkonnou hydrauliku, která naklánění vyrovnává. Systém je schopen udržovat konstantní světlou výšku bez závislosti na zatížení vozu. Dále třeba dokáže tlumit vibrace vznikající při jízdě po nekvalitním povrchu. Jak tomu bylo v minulosti u jiných systémů, i tentokrát se ABC objevilo poprvé u značky Mercedes – Benz a to již roku 1999. [24]

Každé kolo má vlastní pružící jednotku. Zásobník tlaku je jeden na nápravu. Obě nápravy obsahují regulační ventil pružení a uzavírací ventil pružící jednotky. Uzavírací ventil zabraňuje ztrátě tlaku v hydraulice při vypnutém motoru. Regulační ventil je k ovládní regulačních válců, těmi nastavuje polohu karoserie. Může sloužit i ke zvýšení přitlačné síly na kola, ale pouze krátkodobě. Tyto hydraulické válce mají nainstalované snímače dráhy, které zabezpečují skutečnou polohu válce v pružící jednotce. Všechny informace jsou následně posílány do řídicí jednotky. [24]

Za chladičem oleje je umístěn snímač teploty oleje. Další důležitý snímač je tlakový, ten zajišťuje tok informací o tlaku v hydraulickém systému do řídicí jednotky. O náklonech karoserie vozidla informují jednotku snímač úrovně a senzor zrychlení karoserie. Příchozí data jsou porovnávána řídicí jednotkou s předem nastavenými hodnotami a podle toho je regulován podvozek vozidla.

Procesy regulace:

1) Spouštění – spouštění započne při otevření dveří auta. To aktivuje řídicí jednotku a ta okamžitě zahájí svou funkci. Porovnává hodnoty úrovně a na základě toho zahájí regulaci, nebo ne.

2) Průjezd zatáčkou – v této situaci systém pracuje se snímači otáček kol, ze kterých získává informace o jejich rychlosti otáčení a na základě toho řídicí jednotka rozpozná, na

kteřou stranu vozidlo zatáčí. Karoserie je působením odstředivých sil nakláněna. Jednotka tedy zajistí, aby se karoserie na vnější straně zatáčky přizvedla a naopak na vnitřní straně snížila.

3) Zrychlení – jednotka dostává signál od senzoru podélného zrychlení a zahájí regulaci. V tomto případě to znamená, že předek vozu se sníží a zadní část zvýší.

4) Brzdění – brzdící vozidlo rozpozná řídící jednotka ze signálu spínače brzdových světel. Nastává situace opačná oproti zrychlení, tedy vpředu je karoserie zvyšována a vzadu snižována.

5) Jízda přímo – Zde jednotka reguluje polohu karoserie dle přednastavených hodnot v závislosti na stavu vozovky a jízdních podmínkách. [24]

9.1 Magic Body Control

Další úroveň systému ABC je Magic Body Control. Zde automobil nenačítá data pouze ze senzorů, jako tomu je u ABC, ale má navíc instalované laserové snímače snímající stav před vozidlem. Dokáže se tak předem „připravit“ na následnou situaci. Například při přejezdu příčného zpomalovacího prahu. Systém rozpozná práh a jakmile na něj vůz najede, přední tlumiče náhle upustí tlak a celý pohyb při přejezdu prahu převezmou kola vozidla. Výsledný efekt je, že karoserie zůstává statická stále ve stejné poloze. Celá situace se dá představit jako jízda s tankem, kdy se vozidlo pohybuje terénem, ale hlaveň jeho kanónu je stále ve stejné poloze. Znárodnění funkce systému je na *obrázku číslo 17*. [24]

Obrázek 17 - Mercedes - Benz Magic Body Control



Zdroj: [24]

10 Nejnovější technologie na poli bezpečnosti

10.1 eCall

Již v roce 1990 si Bosch nechal patentovat systém na automatické tísňové volání po havárii vozu a od října roku 2015 má být povinný pro všechny nově uváděné osobní vozy a lehké užitkové automobily.

Systém se řadí do prvků pasivní bezpečnosti a jeho princip je jednoduchý. Jakmile řídící jednotka rozpozná nehodu, sama zavolá tísňovou linku a k tomu odešle balíček dat o automobilu a jeho poloze. Totéž lze spustit i manuálně. Pokud se z havarovaného vozu nebude nikdo ozývat, dispečer dá pokyn k výjezdu záchranářů. Průměrná doba nahlášení nehody je dnes v řádech minut, eCall zahajuje komunikaci za 14 až 17 vteřin.

Přidaná hodnota systému je více zachráněných životů, kratší následné dopravní omezení, rychlejší odtah vraků, snazší sanace škod a lepší řízení záchranných akcí. To vše by mohlo vést k úspoře až 650 miliard korun pro celou Evropu. Cena systému se pohybuje okolo 2500 korun. Že eCall opravdu funguje, prokázal test ve Státní zkušebně zemědělských, potravinářských a lesnických strojů v Praze. Při zkoušce narazila Škoda Rapid v rychlosti 45 km/h do překážky, načež automatika vozu okamžitě zavolala hasiče. Efekt eCallu by tak mohl v České republice alespoň částečně kompenzovat změnu v zákonem stanovené horní hranici dojezdového času záchranky, který byl předloni posunut z 15 na 20 minut. [21]

10.2 Attention Assist

Neboli asistent pozornosti. Jeho úkolem je včas zjistit příznaky únavy a varovat řidiče před mikrospánkem. Asistent obsahuje vysoce citlivou senzorku sledující chování řidiče a jízdní situaci. Ze získaných dat je schopna odhalit přechod řidiče ze stavu bdělosti k únavě. Vyhodnotí-li, že řidič je unaven, varuje ho akustickým signálem a upozorní na displeji. [17]

10.3 Asistent dálkových světel

Dokáže rozeznat vozy jedoucí v protisměru i stejným směrem a plynule seřizuje světla tak, aby měly co nejdlejší dosvit a neoslňovali ostatní řidiče. Matrix světlomety firmy Audi například „zastiňují“ světelný paprsek (obrázek 18), aby nedocházelo k oslnění ostatních účastníků provozu. Pokud se silnice uvolní, systém přejde na původní dálkové světlomety. Tento systém se liší od obvyklých řešení podobného druhu. Ty rozlišují pouze mezi tlumenými a dálkovými světly. Výhodou pro řidiče je, že nemusí neustále přepínat mezi světly a k tomu se zlepšil jeho rozhled. Tento systém shledávám velmi užitečným, z vlastní zkušenosti vím, že dobrá viditelnost v nočních hodinách podstatně zlepšuje bezpečnost. [17]

Obrázek 18 - asistent dálkových světel



Zdroj: [24]

10.4 Traffic Sign Recognition

Technologie, kdy je vozidlo schopno rozeznat svislé dopravní značení, například rychlostní omezení. Řidič nemusí zasahovat a elektronika se nadále postará o jeho dodržení. V současné době jsou tyto systémy schopny rozeznat pouze kruhové dopravní značení po celé Evropě. Druhé generace dokáží navíc zareagovat i na zákaz předjíždění. [20]

11 Bezpečnostní systémy blízké budoucnosti

Poslední dobou zažíváme silný rozvoj elektronických technologií. Tyto systémy se aplikují i v automobilech. Dá se říci, že online připojení včetně wi-fi je dnes prakticky samozřejmostí. I levnější modely aut dnes disponují adaptivními tempomaty, či varováním před rizikem srážky. Do roku 2020 se v automobilovém průmyslu představí spousta technologických novinek a tou největší by měl být autonomní automobil, jímž se nezabývají pouze velikáni jako je Audi, BMW, nebo Mercedes, ale už i internetový giganti Google a Apple. Ty disponují opravdu silným finančním zázemím a jsou připraveny investovat touto cestou i do automobilového průmyslu. Proto je nelze přehlížet. [22]

11.1 Vehicle – to – Vehicle (V2V)

Představme si situaci, kdy za nepřehlednou zatáčkou překáží například nepojízdné auto, kolona stojící v mlze a tak dále. V těchto situacích účinně pomůže právě systém V2V, někdy nazývaný i Car-to-Car. Je schopen předávat informace o náhle vzniklých i déle trvajících překážkách v provozu. To jak mezi jednotlivými vozy, tak je případně získávat od infrastruktury nebo dalších subjektů. Těmi mohou být například i chodci s chytrými mobilními telefony.

Data na základě předdefinovaných událostí (náhlé zastavení, zásah ESP) si nezávisle předávají radiové jednotky v automobilech komunikující s řídicí jednotkou a GPS. Informace se šíří dále a informuje ostatní motoristy. Teoreticky by se tak dalo předejít až 60 procentům dopravních nehod. Přesto má být systém k dispozici pouze za příplatek.

Technické základy systému byly položeny již před 30 lety ve Wolfsburgu. Základ V2V jako součásti globálního Inteligentního dopravního systému (ITS) byl však položen až roku 1999 v USA. Zde bylo zvoleno pásmo pro přenos na krátkou vzdálenost na frekvenci 5,9 GHz. Od té doby probíhá intenzivní vývoj, v němž se angažuje většina světových automobilek. V současnosti probíhají praktické testy a s fungujícím systémem se nedávno pochlubil například Ford. Největším problémem prozatím ale je vytvoření technického a legislativního rámce. [24]

11.2 Autopilot

Asi nejrevolučnější novinkou bude výše zmiňované automatické řízení, které se pomalu blíží sériové výrobě. Vývoji se věnuje i společnost Google, který začínal s Toyotami Prius a nyní se chystá na samostatné vozidlo. Apple v současnosti disponuje částkou 4,3 bilionu korun (což jsou pro zajímavost zhruba čtyři roční rozpočty pro celou naši republiku) a z ní hodlá použít část k vývoji autopilota pro vozidlo. Na autonomním elektromobilu nazývaném Titan se podílejí i experti typu Magna Steyr z Rakouska. Systémy autopilota pracují na bázi GPS, odkud získávají informace o poloze vozu. Z přesných map uložených v paměti jednotky potom dokážou sami dovézt vozidlo k požadovanému cíli. [22]

11.3 Aktivní čelní sklo

Head-up displeje už má dnes i automobil, jakým je například Peugeot. Jaguar však přichází s novinkou posouvající tuto technologii o úroveň výše. Má v plánu promítat informace na celou plochu čelního skla. Systém by dokázal vykreslit virtuální vůz na vozovku před automobilem, to by mělo sloužit k lepší navigaci. K bezpečnosti přispívá varování před chodci, či překážkami na vozovce. Situaci napomohou i „průhledné“ A-sloupky zobrazující zakryté dění vně auta. [22]

11.4 Monitoring zdravotního stavu

Senzory zabudované v sedadlech a volantu budou schopny z polohy a teploty těla, rukou nebo tepu řidiče vyhodnotit hrozící zdravotní potíže. V extrémních situacích za pomoci dalších systémů zastavit vůz a přivolat pomoc. Levnější verzí pak bude propojení tzv. nositelných technologií (chytré hodinky, náramky) s vozidlem. Šlo by tak o další úroveň kontrolních systémů sledujících bdělost řidiče a náznaky mikrosnánku. První kroky v tomto směru podniká například Ford. [22]

12 Závěr

Po počáteční úvaze a nastudování informací o zadaném tématu jsem došel k rozhodnutí, že v této práci věnuji nejvíce pozornosti stavebním kamenům problematiky. Dále jsem popsal systémy určitým způsobem na ně navázané a v neposlední řadě lehce nahlédl i směrem k budoucnosti. Zmiňovanými kameny je myšlen systém protiblokace kol ABS a elektronický stabilizační systém ESP. Dalo by se říci, že svým dlouholetým působením na trhu a nasazením dnes již v každém vozidle, mají na svědomí nejvíce zachráněných životů. Můžeme je tedy považovat za ty prozatím nejvíce úspěšné bezpečnostní systémy.

To vše ale může doznat velké změny s příchodem nových technologií, o kterých se zmiňuji v posledních kapitolách. Některé zůstávají stále méně rozšířené, ale je jen otázkou času, kdy s nimi budeme denně přicházet do styku v běžném provozu. Technologický pokrok nezná hranic, a co nás čeká v daleké budoucnosti, to zůstává pouze otázkou.

Nemohu nezmínit, že dříve jsem byl spíše odpůrcem popisovaných systémů. Po nastudování odborné literatury, článků i zdrojů za hranicemi České republiky a ostatních cenných informací spojených s touto prací, musím prohlásit, že tyto systémy jsou pro společnost jednoznačným přínosem. Důvod je zcela jednoduchý. Opravdu plní svou funkci a zabraňují zbytečným nehodám a tragédiím.

Doufejme, že výrobci nepoleví ve vývoji bezpečnostních systémů a budou na trh přivádět stále dokonalejší a vyspělejší technologie. Vysoká úroveň konkurence věci jen přispívá a já osobně si myslím, že tomu tak bude i nadále a dočkáme se převratných změn v celém spektru bezpečnosti provozu. Za největší změnu považuji příchod technologie autopilota, která byla do nynížka známa pouze z filmových pláten. Takový pokrok se dá považovat za historický převrat. Automobil nebude nadále muset řídit člověk, ale tuto úlohu za něj převezme alespoň z části stroj. V současnosti stále probíhají zkušební testy a do celé věci je ochotna vstoupit například i společnost Apple. To jen napovídá o lukrativnosti celé problematiky.

Automobilové bezpečnostní systémy a budoucnost jsou silně spjaty a věřím, že práce každého zaměstnance v tomto oboru má určitý význam a je ve výsledku přínosem pro celou naši společnost. Z tohoto důvodu bych všem těmto lidem rád poděkoval.

Úplným závěrem musím zmínit ještě poslední myšlenku. Je nutné si uvědomit, že i přes sebelepší bezpečnostní systémy stále nejvíce odpovědnosti na svých bedrech nese sám řidič.

Použité zdroje

Odborná literatura:

[1] DENTON, T. *Automobile electrical and electronic systems. Third edition. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 463 s. ISBN 0-7506-6219-0.*

[2] ZANTEN, Anton van. *Regulace jízdní dynamiky: jízdní bezpečnost motorových vozidel. 1. české vydání. Praha: Robert Bosch, 2001, 63 s. Technická příručka (Bosch). ISBN 80-902-5858-1.*

[3] JAN, Z.; ŽDÁNSKÝ, B.; ČUPERA, J. *Automobily I.: Podvozky 2. vydání. Brno: Nakladatelství Avid s.r.o., 2009. 228 s. ISBN 978-80-87143-03-2.*

[4] VLK, František. *Automobilová elektronika 1: asistenční a informační systémy. 1. vydání. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2006. 269 s. ISBN 80-239-6462-3.*

[5] VLK, František. *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.*

[6] VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel: Díl 2. 1 vydání. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2002. 592 s. ISBN 80-238-7282-6.*

Elektronické zdroje:

[7] Autopříslušenství prvovýbava. *BOSCH*. [online]. 1.3.2010 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: http://press.bosch.cz/detail.asp?f_id=837

[8] SAJDL, Jan. ABS (Anti-lock Braking System). *Autolexicon*. [online]. [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/abs-anti-lock-braking-system/>

- [9] SAJDL, Jan. ACC (Adaptive Cruise Control). *Autolexicon*. [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/acc-adaptive-cruise-control/>
- [10] SAJDL, Jan. ASR (Antriebsschlupfregelung). *Autolexicon*. [online]. [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/asr-antriebsschlupfregelung/>
- [11] SAJDL, Jan. EDS (Elektronische Differenzialsperre). *Autolexicon*. [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/eds-elektronische-differenzialsperre/>
- [12] SAJDL, Jan. ESP (Electronic Stability Programme). *Autolexicon*. [online]. [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/esp-electronic-stability-programme/>
- [13] SAJDL, Jan. MSR (Motor Schlepptomoment Regelung). *Autolexicon*. [online]. [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/msr-motor-schleppmoment-regelung/>
- [14] Losí test. *Wikipedia: the free encyclopedia*. [online]. 2001- [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Los%C3%AD_test
- [15] Moose test. *The truth about cars*. [online]. 22.7.2012 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://www.thetruthaboutcars.com/2012/07/chrysler-fails-moose-test-and-breaks-first-commandment/>
- [16] OTIPKA J.. Diferenciál. *Převodové ústrojí*. [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-teo-12.00_prevodneustroji_hlavnicasti.pdf

[17] BISKUP, Pavel. Mercedes-Benz Technology – Strážní andělé. *Automobil Revue*. [online]. 17.12.2013 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/mercedes-benz-technology-strazni-andele_42704.html

[18] Statistika nehodovosti. *Policie ČR*. [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>

[19] Traffic sign recognition. *Wikipedia: the free encyclopedia*. [online]. 2001- [cit. 2015-01-12]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_sign_recognition

Periodikum:

[20] *Auto Tip* č. 26. Praha: Czech News Center, 2013. ISSN 1213-8991

[21] *Auto Tip* č. 21. Praha: Czech News Center, 2013. ISSN 1213-8991

[22] *Auto Tip* č. 5. Praha: Czech News Center, 2015. ISSN 1213-8991.

Přednášky:

[23] KOTEK, Martin. Automobilová mechatronika: ABS – Technická fakulta. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2014.

[24] GÖLLINGER, Harald. Electrics and Electronics in the Car: New Trends. Technische Hochschule Ingolstadt, July 2014.

[25] TIEDEMANN, Wolf – Dieter. Connecting Vehicles: Vehicular Ad-hoc Networks. Technische Hochschule Ingolstadt, July 2014.

Seznam zkratek:

ABS - (Anti-lock Braking System) – protiblokovací systém brzd

ABS – (Active Body Control) – podvozkový komfortní systém

ACC - (Adaptive Cruise Kontrol) – adaptivní tempomat udržující bezpečnou vzdálenost

ADR – (Automatic Distance Regulation) – automatická regulace vzdálenosti

ASR - (Antriebs-Schlupf-Regelung) – protiprokluzový systém vozidel

CAN-bus - (Controller Area Network) – sběrnice pro vnitřní komunikaci senzorů a funkčních jednotek ve vozidle

E-Call – systém okamžitého přivolání pomoci v případě nehody

EDS - (Elektronische Differenzial-Sperre) – elektronická uzávěrka diferenciálu

ESP - (Electronic Stability Program) - elektronický stabilizační program vozidla

MSR - (Motor Schlepptomoment Regelung) – regulace brzdného momentu motoru

V2V – (Vehicle-to-Vehicle) - systém vzájemné komunikace mezi automobily

Seznam obrázků:

<i>Obrázek 1 - umístění snímače otáček kola</i>	<i>4</i>
<i>Obrázek 2 - fáze udržování brzdného tlaku</i>	<i>5</i>
<i>Obrázek 3 - fáze poklesu brzdného tlaku</i>	<i>6</i>
<i>Obrázek 4 - fáze zvýšení brzdného tlaku</i>	<i>7</i>
<i>Obrázek 5 - varianty protiblokovacích systémů pro osobní automobily</i>	<i>9</i>
<i>Obrázek 6 - pasivní indukční snímač</i>	<i>10</i>
<i>Obrázek 7 - aktivní Hallův snímač</i>	<i>11</i>
<i>Obrázek 8 – rozdělení hnacího momentu mezi koly</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek 9 - přenos hnací síly kolo s lepší přilnavostí</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek 10 - nedotáčivost</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 11 - přetáčivost</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 12 - vozidlo bez ESP</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 13 - vozidlo s ESP</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 14 - losí test</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 15 - regulační soustava ESP</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 16 - snímač úhlu natočení volantu s AMR</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 17 - Mercedes - Benz Magic Body Control</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 18 - asistent dálkových světel</i>	<i>33</i>