



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## KONTROLA TRAKCE V MOTORSPORTU

TRACTION CONTROL IN MOTORSPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

ZDENĚK HOMOLÁČ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. MARTIN BERAN

BRNO 2009



**Anotace:**

Tato bakalářská práce se zabývá problémem kontroly trakce a způsoby jejího řízení a ovládání vozidla. Práce zahrnuje přehled a popis funkcí jednotlivých systémů, které jsou používány pro zlepšení jízdní dynamiky závodních vozů, princip systémů a zhodnocení jednotlivých systémů.

**Klíčová slova:**

ABS (Anti-lock Brake System)  
ASR (Anti Skid Regulation)  
Diferenciál  
ESP (Electronic Stability Program)  
Kontrola trakce

**Anotation:**

This bachelor's thesis is concerned of traction control and this operate and control vehicle. The thesis include and description function individual systems, which is used for improvement ride dynamics race cars, principle systems and their evaluation.

**Keywords:**

ABS (Anti-lock Brake System)  
ASR (Anti Skid Regulation)  
Differential  
ESP (Electronic Stability Program)  
Traction control

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že sem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce Ing. Martina Berana a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne 29.5.2009

.....  
Zdeněk Homoláč

Bibliografická citace:

HOMOLÁČ, Z. *Kontrola trakce v motosportu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 30s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Beran

**Poděkování:**

Chci poděkovat panu Ing. Martinu Beranovi za pomoc, připomínky a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Velký dík si zaslouží i rodiče za podporu při studiu a další lidé z mého okolí, kteří mě při studiu podporovali.

---

## Obsah

Obsah

Úvod

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Mechanická zařízení bránící prokluzu kol</b>          | <b>9</b>  |
| 1.2 Úkol diferenciálu                                       | 9         |
| 1.3 Princip diferenciálu a uzávěru                          | 9         |
| 1.4 Samosvorné diferenciály                                 | 10        |
| 1.5 Poloaktivní diferenciál                                 | 11        |
| 1.6 Aktivní diferenciál                                     | 10        |
| <b>2. Systém ABS</b>                                        | <b>12</b> |
| 2.1 Složení systému ABS                                     | 13        |
| 2.2 Princip funkce ABS                                      | 16        |
| 2.3 Systém EBV                                              | 17        |
| 2.4 Varianty protiblokovacích systémů pro osobní automobily | 17        |
| 2.5 Snímače otáček kol                                      | 18        |
| <b>3. Regulace ASR</b>                                      | <b>19</b> |
| 3.1 Princip funkce                                          | 19        |
| 3.2 Brzdová regulace ASR                                    | 19        |
| 3.3 Motorová regulace ASR                                   | 20        |
| <b>4. Systém ESP</b>                                        | <b>22</b> |
| 4.1 Princip funkce ESP                                      | 22        |
| 4.2 Použití ESP                                             | 23        |
| 4.3 Losí test                                               | 23        |
| 4.4 Schéma regulační soustavy                               | 24        |
| 4.5 Schéma principu systému ESP                             | 24        |
| <b>5. Použití systémů traction control v motorsportu</b>    | <b>25</b> |
| 5.1 Launch kontrol                                          | 26        |
| 5.2 Traction kontrol                                        | 27        |
| <b>6. Závěr</b>                                             | <b>28</b> |
| <b>7. Seznam použitých zdrojů</b>                           | <b>29</b> |
| <b>8. Seznam obrázků a grafů</b>                            | <b>30</b> |

---

## Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá systémem kontroly trakce tzn. prokluzu hnaných kol na vozovce, možnosti kontroly trakce, rozdělení jednotlivých systémů a principy jednotlivých řešení. Budeme se zde zabývat přenosem točivého momentu z motoru na vozovku a stabilitou vozidla na vozovce

Z hlediska zvyšování bezpečnosti silničního provozu, hospodárnosti a komfortu cestujících jsou ve vozidlech používány systémy podporující aktivní bezpečnost a jízdní vlastnosti vozidel, některých těchto systémů se využívá také pro zlepšení jízdních vlastností závodních vozidel (motosport), mezi tyto systémy patří ABS(Antiblockiersystem, Anti-lock Brake System), ASR(Anti Skid Regulation), ESP(Electronic Stability Program) a dále mechanické systémy tzn. diferenciály.

Hlavním problémem kterým se budeme zabývat je situace kdy nastane překročení meze adheze. Tzn. že hnané kolo začne prokluzovat a nemůže tedy přenášet hnací moment. Této situaci chceme zabránit.

Systémy k tomuto používané jsou na principu mechanickém, nebo řízené elektronicky na základě informace přijaté ze snímače otáček.

Mechanické systémy které zabraňují prokluzu hnaných kol jsou diferenciály, ať už klasické, nebo s uzávěrkou, samosvorné a nejvyšší třídou jsou aktivní diferenciály, které už jsou ale řízené na základě impulzů ze snímačů otáček. Systémy pracující na základě vyhodnocení otáček jednotlivých kol zabraňující blokování nebo prokluzu kol jsou systémy ABS, který zabraňuje blokování kol při brzdění, dále systémy ASR zabraňující prokluzu kol při zrychlení a ESP který zajišťuje celkovou stabilitu vozidla, systém vychází ze systémů ABS a ASR.

---

## 1. Mechanická zařízení bránící prokluzu kol

Mechanické ovládání prokluzu kol a řízení jejich otáčení je provedeno pomocí diferenciálů. V první řadě diferenciály slouží k vyrovnání rozdílu otáček jednotlivých kol poháněné nápravy při průjezdu zatáčkou, kdy se každé kolo odvaluje jinou rychlostí, tyto kola jsou na rozdíl od volně zavěšených nepoháněných kol na sobě závislá. Kolo hnané nápravy jsou převážně umístěna na jedné hřídeli a bez rozdělení otáček by se při zatáčení jedno kolo smýkalo, musí být proto zajištěn rozdíl „difference“ otáček jednotlivých kol, vyrovnávání otáček aby nedošlo ke smýkání je zajištěno pomocí diferenciálního soukolí tzv. diferenciálu.

### 1.2 Úkol diferenciálu

- rozdělovat točivý moment v požadovaném poměru z hnací hřídele jdoucí z převodovky na hnané hřídele pohánějící kola
- zajišťuje rozdíl úhlových rychlostí jednotlivých hnaných hřídelů bez ovlivnění úhlové rychlosti hnacího hřídele, k této situaci dochází v těchto jízdních případech:
- při průjezdu vozidla zatáčkou
- nestejných adhezních podmínkách pod koly
- při překonání výškových nerovností na vozovce
- nestejných dynamických poloměrech kol

V případě že by nebyla zabezpečena rozdílná úhlová rychlost otáčejících se kol docházelo by např. ke smýkání a poskakování kol, což by vedlo ke zhoršení jízdních vlastností vozidla, mezi které patří:

- zvýšené opotřebení pneumatik
- způsobení kmitání a nárazy v převodovém ústrojí
- zvýšení spotřeby
- zhoršení aktivní bezpečnosti vozidla

### 1.3 Princip diferenciálu a uzávěru

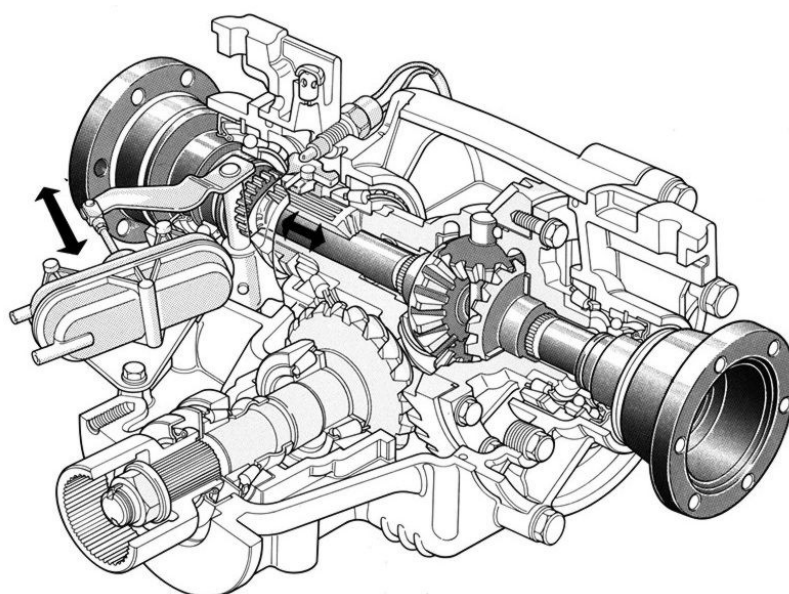
Další důležitou vlastností kromě zlepšení průjezdu zatáčkou je tzv. vyřazení diferenciálu z funkce, toto se používá v případě zhoršených adhezních podmínek, kdy se jedno kolo hnané nápravy dostane na kluzký, nebo sypký povrch a kolo začne prokluzovat, avšak i v tomto případě diferenciál rozděluje diferenciál točivý moment na obě kola stejnoměrně a proto nemůže být hnací síla na kole, které neprokluzuje větší než na kole které prokluzuje. Je zřejmé že v těchto případech nestačí tato síla pro zajištění pohybu vozidla proto se používají uzávěrky diferenciálu. Závěr diferenciálu zablokuje určitým způsobem planetová kola tak že se vůči kleci nemohou relativně otáčet a diferenciál se musí otáčet jako celek. Při prokluzování jednoho kola se pak točivý moment přenáší na obě kola, na kole na tvrdém povrchu je vyvinuta hnací síla, která je ve většině případů dostačující pro vyproštění vozidla.

---

Z tohoto popisu je jasné že uzávěrka diferenciálu se používá hlavně pro těžká vozidla a pro vozidla jezdící v terénu, z vlastností uzávěrky diferenciálu je zřejmé že se musí vyřadit

z provozu jakmile vozidlo překoná nesjízdné místo, jinak by vozidlo mělo vlastnosti jako kdyby diferenciál nemělo.

Je jasné že uzávěrka diferenciálu komplikuje ovládání vozidla, tuto nevýhodu odstraňují tzv. samosvorné diferenciály, tyto diferenciály zajišťují samosvornost. Třecí momenty jsou tím větší, čím více jsou planetová kola tlačena ke skříni diferenciálu, toho je docíleno několika systémy a to vačkovým u vačkových diferenciálů a šnekovými koly u samosvorného diferenciálu typu Torsen.



obr. 1-1: diferenciál s uzávěrkou [7]

## 1.4 Samosvorné diferenciály

### Samosvorný diferenciál vačkový

U vačkových diferenciálů se mechanismus skládá z unášече kolíků (kluzných kamenů), které se pohybují v unášечи a z vačkových kol s hnacími hřídeli vozidla. Podle uspořádání vaček se dělí vačkové hřídele na radiální a axiální. Vnitřní tření kluzných kamenů v jejich vedení a na stykových plochách je určeno tak, že při zatáčení nebo nestejně adhezi jednoho kola nápravy vznikne samosvornost. V dnešní době se tento typ diferenciálů prakticky nepoužívá.

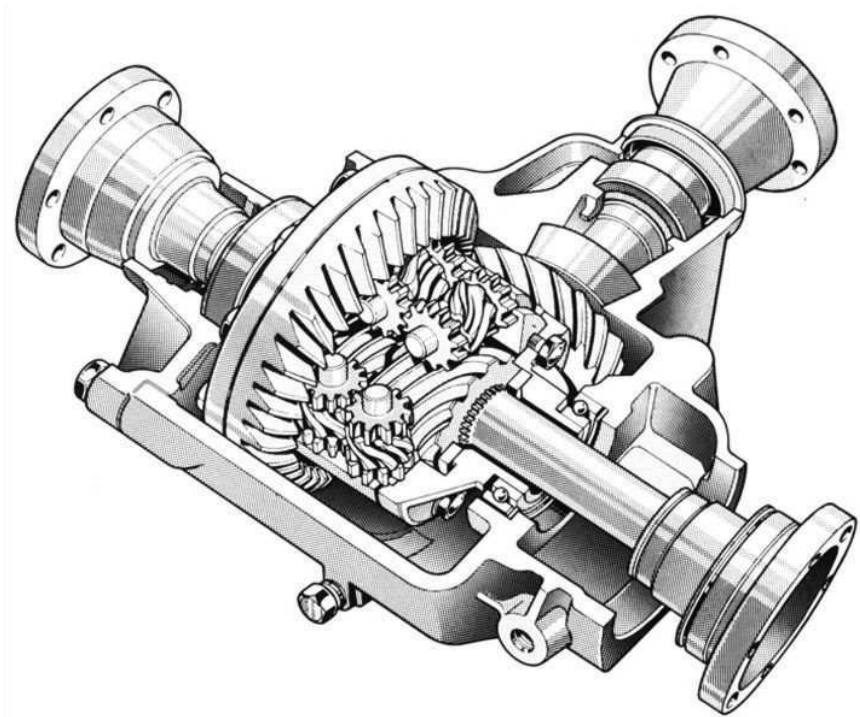
---

## Samosvorný diferenciál Torsen

Samosvorný diferenciál Torsen, je z hlediska účinku kombinací čelního(nesamosvorného) diferenciálu a v minulosti používaného šnekového (samosvorného) diferenciálu. Centrální šroubová kola jsou v záběru se šroubovými satelity. Satelity jsou navzájem spojeny čelním soukolím. Při rozdílných otáčkách bočních hřídelí vzniká relativní pohyb ozubených kol, při

kterém špatná účinnost šroubového ozubení vyvolá reakční točivý moment na kole s pohonem. Při protáčení hnacího vozidlového kola vzniká totiž samosvorný účinek tření ve šroubovém ozubení, což působí jako spojka.

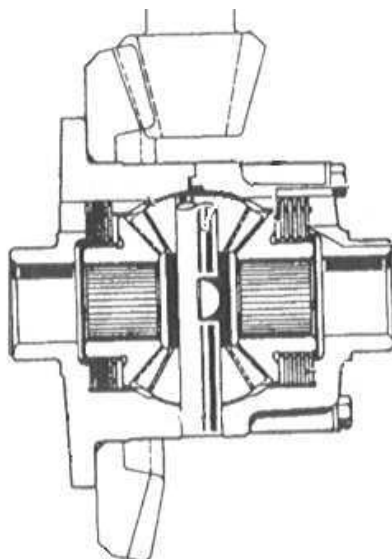
K docílení samosvornosti diferenciálů se běžně používají kuželové diferenciály se zvýšeným třením. Mezi kuželovými koly, které jsou spojeny s hnacími hřídeli kol a skříní diferenciálu jsou vytvořeny třecí plochy se zvlášť vysokým třením, tření může být docíleno například lamelovou třecí brzdou.



obr. 1-2: diferenciál typu Torsen [7]

### Diferenciál ZF

Konstrukčně vychází z otevřeného diferenciálu, obsahuje však další přídavné uzavírací zařízení. Tímto zařízením může být např. sada pružin a spojky. Když se kola točí stejnou rychlostí, oba boční převody se otáčejí. Spojky začínají působit, když se jedno kolo točí vůči druhému kolu pomaleji; snaží se docílit toho, aby se kola otáčela stejnou rychlostí. Má-li jedno kolo snahu se otáčet rychleji než druhé, musí překonat odpor pružin a spojky. Tuhost pružin v kombinaci s třením spojky určuje, kolik točivého momentu je třeba, aby byla tato snaha překonána. [7]



obr. 1-3: diferenciál ZF [3]

### 1.5 Poloaktivní diferenciál

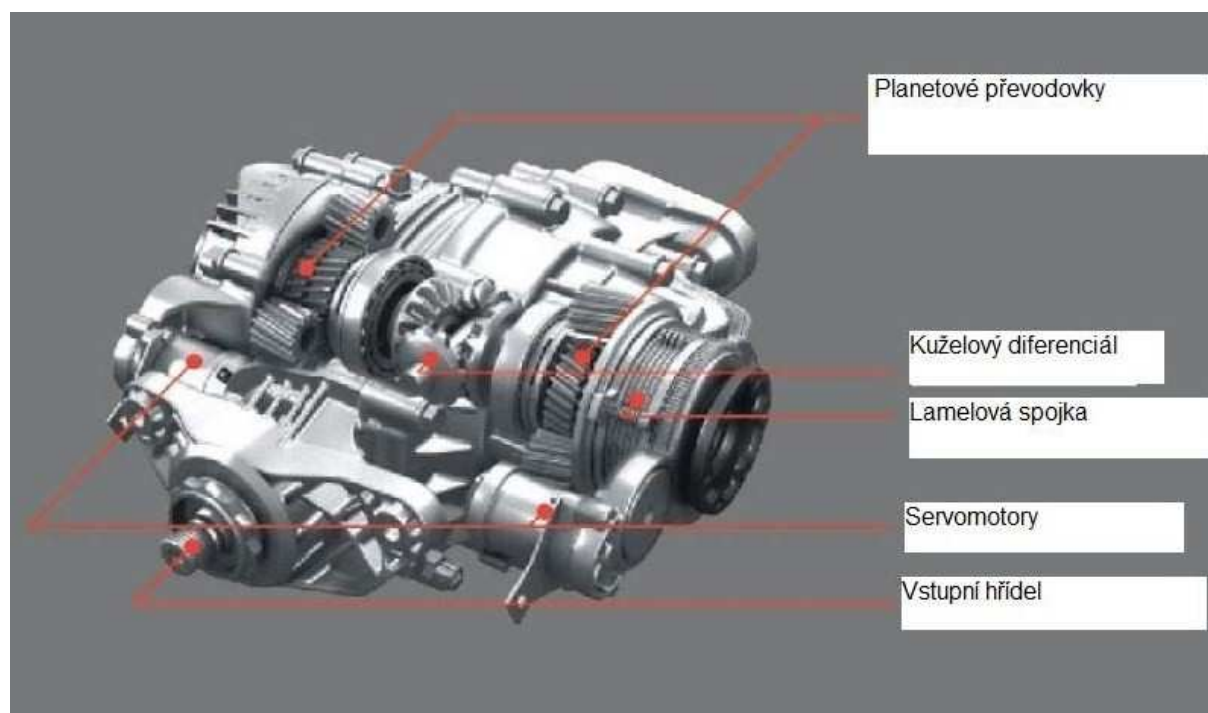
Poloaktivní(semiaktivní) diferenciál navazuje na předchozí skupinu diferenciálů, konstrukčně je hodně podobný a navíc obsahuje hydraulické čerpadlo, které pracuje nezávisle na otáčkách kol a tlakový olej bude dodáván do diferenciálu na základě signálu ze snímačů otáček, mohou být snímány ale také další parametry, jako úhel natočení volantu, stáčení vozu a pohyb plynového pedálu, na základě těchto hodnot je řízeno zavírání diferenciálu. Tento systém pomáhá nejen k větší trakční síle, ale také k celkové stabilizaci vozu. Nevýhodou tohoto diferenciálu je to že nedokáže rozdělit kroutící moment na kola na základě jednotlivých adhezních podmínek. Poloaktivní diferenciál dokáže „jen“ urychlit, nebo zpomalit jednotlivá kola.

### 1.6 Aktivní diferenciál

K tomu aby šlo urychlit nebo zpomalit libovolné kolo hnané nápravy slouží tzv. aktivní diferenciál. Tento diferenciál dokáže zrychlit, nebo zpomalit kolo hnané nápravy na základě povelu elektroniky, tímto způsobem dokáže velice účinně pomoci s řízením vozu a to zvláště při vysoké přetáčivosti, nebo nedotáčivosti vozu.

Toto zařízení už ale vyžaduje vyspělý systém sběru dat a výkonný řídicí systém, který data vyhodnotí a rozhodne o dalším zrychlení či zpomalení jednotlivých kol, tyto systémy musí umět předpovídat chování vozu v následujícím okamžiku. Jako příklad je uveden aktivní diferenciál zadní nápravy používaný na voze Mitsubishi EVO který je „klasikou mezi rallyovými vozy skupiny N.

Princip diferenciálu je takový, že když je například potřeba urychlit pravé kolo, začne se spínat pravá spojka a zároveň rozepínat levá spojka, tak aby převodový poměr byl stále 1.



obr. 1-4: aktivní diferenciál [9]

Řez vozem WRC u kterého byly používány aktivní diferenciály. Diferenciály byly 2 nápravové na přední a zadní a jeden mezinápravový.



obr 1-5 Citroen WRC [6]

---

## 2. Systém ABS

Systém ABS byl vyvinut firmou BOSCH v roce 1978. Historie však sahá ještě dál. Již na počátku 20. století se objevovaly úvahy o tom, jak by bylo možné zabránit blokování kol při prudkém brzdění. Firma Bosch ohlásila již roku 1936 patent na „Zařízení k zabránění silného brzdění kol motorového vozidla“. Avšak teprve s příchodem elektronického řízení mohli inženýři vyvinout protiblokovací brzdový systém, který byl dostatečně rychlý a robustní pro použití v motorových vozidlech. V roce 1978 byl patentován elektronický systém ABS. První komerční uplatnění našel systém jako zvláštní výbava vozu Mercedes-Benz třídy S a krátce na to také u BMW řady 7. Z tohoto důvodu je přisuzován vynález protiblokovacího systému firmě Daimler – Mercedes. V roce 1988 se objevuje první motocykl s elektricko-hydraulickým systémem ABS (BMW K100). Systém byl vyvinut proto aby zabránil zablokování při intenzivním brzdění, při zablokování se vozidlo stává neovladatelným a dochází k jeho vybočení z dráhy a často nárazu do překážky v okolí vozidla (jiného vozidla nebo jiného objektu, např. stromu nebo sloupu). Systém tedy předchází nehodám, a řadí se do prvků aktivní bezpečnosti vozidla, je snaha o to aby bylo vozidlo ovladatelné na všech typech vozovky, tzn. že systém se musí co nejrychleji přizpůsobit jakýmkoli podmínkám adheze.

Systém ABS „má na starosti“ zabránění blokování kol při intenzivním brzdění. V minulosti u konvenčních brzdových systémů závisel brzdový tlak zejména na tom jakou sílu vyvinul řidič při stlačení brzdového pedálu a z toho vycházela velikost brzdných momentů na kolech vozidla.

Při nastání kritické situace, tj. situace kdy řidič musí prudce brzdit, docházelo zpravidla k zablokování kol a z toho plynula ztráta směrová stabilita vozidla. Tomuto jevu se snaží zabránit protiblokovací systém brzd ABS (Antiblockiersystem, Anti-lock Brake System), který podstatně zvyšuje aktivní bezpečnost vozidel.

Kritická situace nastává v závislosti na povětrnostních podmínkách, nebo na „selhání“ ostatních účastníků silničního provozu. Z těchto situací vychází lekavá reakce řidiče, v takovýchto situacích může dojít při intenzivním brzdění bez systému ABS k zablokování kol a tím se vozidlo může dostat do smyku. V takovéto situaci zabraňuje systém ABS blokování kol a tím zabezpečuje říditelnost vozidla a podstatně snižuje riziko smyku. Také v kritickém případě jízdy/brzdění, jako je např. nouzové brzdění, jsou díky ABS ještě možné vyhýbací manévry a je možné spíše se vyhnout čelním nárazům. [2]

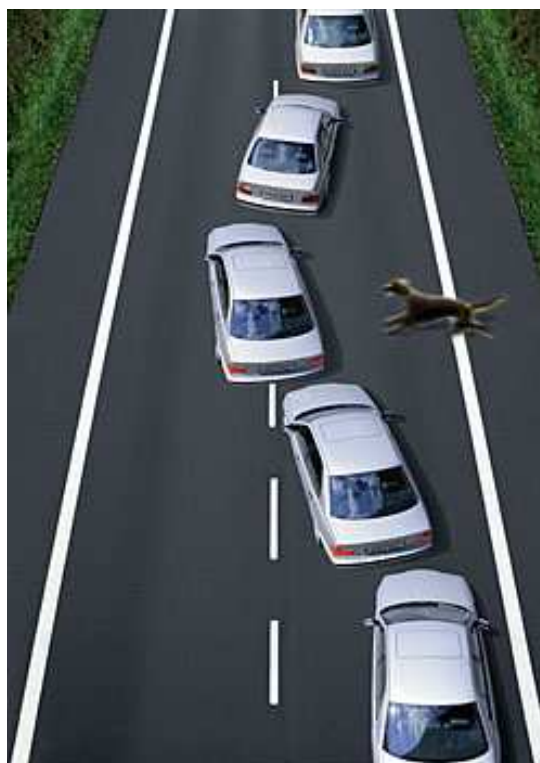
Na obrázcích můžeme vidět rozdíl mezi provedením vyhýbavého manévru s prudkým brzděním bez použití systému ABS a s použitím protiblokovacího systému ABS

obr. 2-1 znázorňuje vyhýbací manévr bez použití systému ABS, vozidlo při prudkém brzdění se stává těžko ovladatelným a následné zatočení volantů přivádí vozidlo ještě rychleji do smyku

obr. 2-2 znázorňuje vyhýbací manévr s použitím systému ABS



obr. 2-1: bez chování vozidla ABS [6]



obr. 2-2: s chováním vozidla ABS [6]

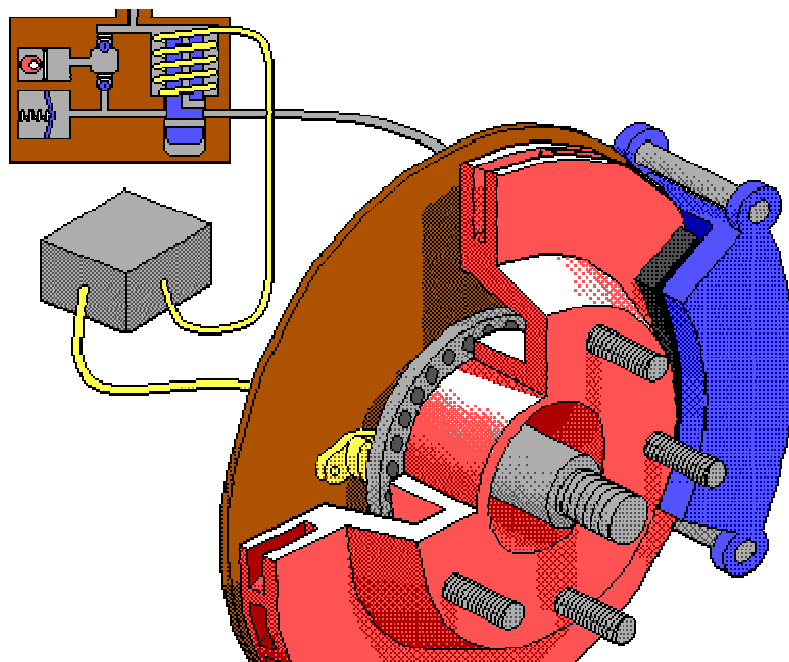
## 2.1 Složení systému ABS

Regulační obvod pro kapalinové i pro vzduchokapalinové brzdy se skládá ze tří základních prvků:

- 1) čidlo které je upevněno na kole (příp. na pastorku stálého převodu hnací nápravy) snímající okamžitou rychlost otáčení kola (příp. hnacího hřídele)
- 2) elektronické řídicí jednotky (tzv. logický nebo vyhodnocovací člen) je to v podstatě mikropočítač
- 3) akční člen (regulační ventil nebo tzv. modulátor brzdného tlaku), který v závislosti na elektronických signálech mění tlak v brzdovém kolovém válci a tím mění brzdný moment kola

---

schéma:



obr. 2-3: schéma systému ABS [6]

## 2.2 Princip funkce ABS

Při normálním brzdění proudí brzdová kapalina do hlavního brzdového válce do brzdového kolového válce. Stupňovitý píst v jednotce pro uvolňování tlaku zůstává v horní poloze. Má-li kolo sklon k blokování, působí signál přicházející od kola přes řídicí jednotku na magnetický a regulační ventil. Tlak oleje působí na píst jednotky pro uvolňování tlaku a tlačí jej dolů. Obě brzdové kapaliny nad stupňovým pístem se zvětšuje a tím klesne brzdný tak a poklesne brzdný moment. Současně s uzavírajícím kuličkovým ventilem přeruší vlastní brzdový okruh, nezávisle na tom, zda řidič stlačuje brzdový pedál nebo ne. [4]

Elektronicky řízené systémy ABS zajišťují úhlové zpoždění kola zpravidla derivací signálů otáček kola, které snímají vhodné snímače. K exaktní regulaci brzdění jsou však zapotřebí ještě další hodnoty, jako druhá regulační veličina se často používá „relativní skluz“. Z rychlostí více kol (např. levé přední a pravé zadní) se vypočítá referenční rychlost, která v pozorovaném okamžiku odpovídá rychlosti brzděného kola pro optimální skluz. [4]

## 2.3 Systém EBV

V poslední době se spolu s ABS objevuje i systém EBV tedy systém rozdělení brzdného tlaku mezi jednotlivé nápravy vozidla.

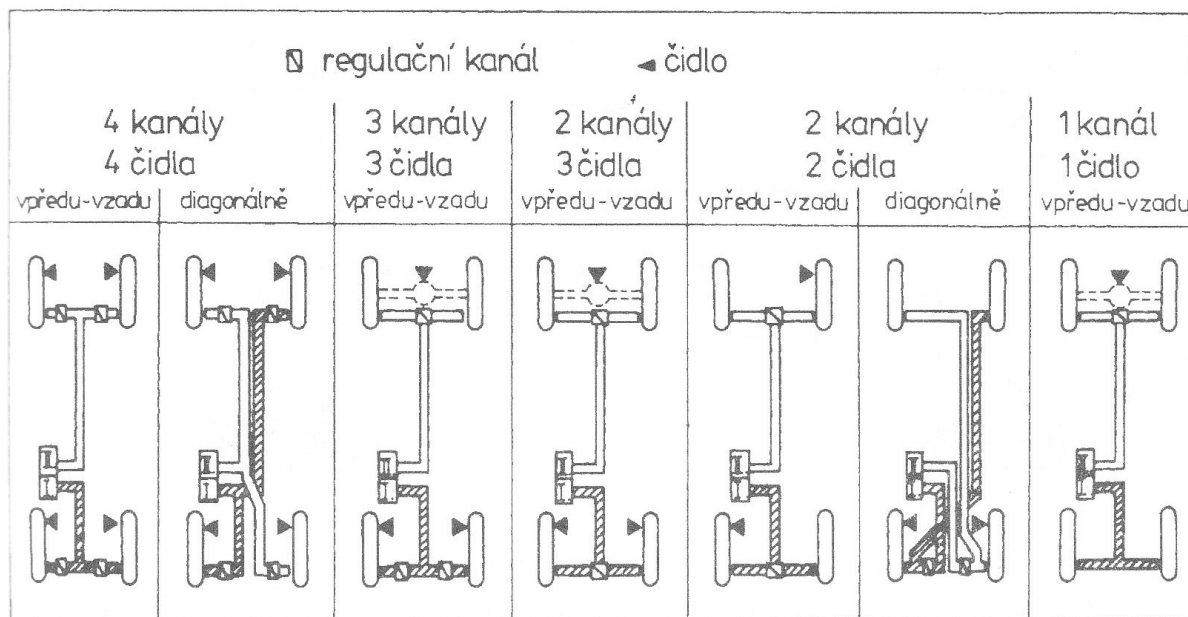
Elektronické rozdělování brzdné síly EBV z německého (Elektronische Bremskraftverteilung) provádí úpravu brzdného tlaku mezi přední a zadní nápravou.

EBV pracuje s podstatně větší přesností než mechanické rozdělování brzdné síly. Systém EBV zohledňuje zatížení vozidla a podle něj samočinně rozděluje optimální brzdný účinek mezi brzdy na přední a zadní nápravě. EBV řídí maximální možný účinek brzd na zadní nápravě tak, aby nedošlo k „přebzdění“ zadní nápravy.

Díky optimálnímu brzdnému výkonu zadních kol dochází k menšímu zatížení brzd předních kol. Méně se zahřívají, a tím se zmenšuje nebezpečí zeslabení účinku brzd v důsledku jejich ohřevu. Vozidlo vybavené systémem EBV má proto kratší brzdnou dráhu.

## 2.4 Varianty protiblokovacích systémů pro osobní automobily

Rozmístění snímačů a jednotky ABS

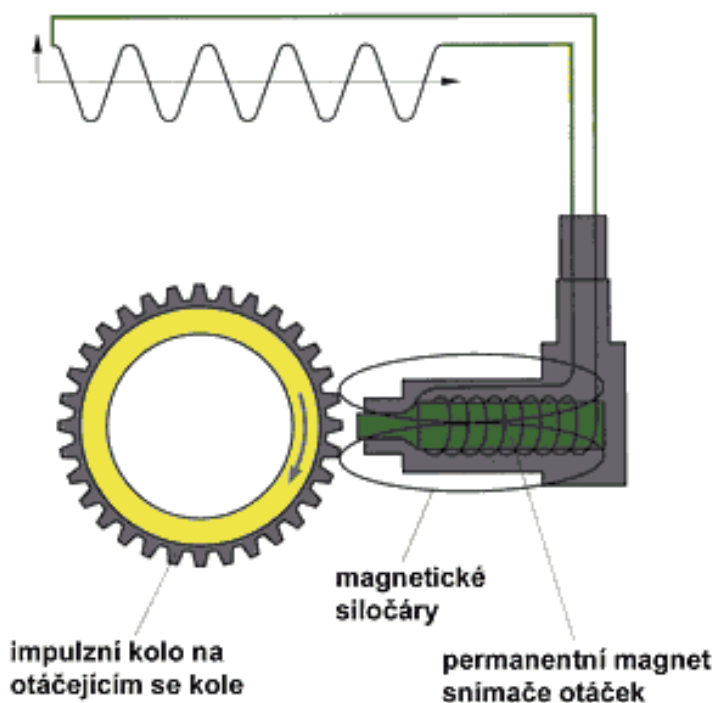


[2]

obr. 2-4 varianty protiblokovacích systémů pro osobní automobily

## 2.5 Snímače otáček kola

Pro snímání otáček hnaných a hnacích kol jsou používány indukční snímače, které pracují na principu elektromagnetické indukce. Hlavní části tohoto zařízení tvoří indukční snímač a ozubené kolo. Indukční snímač se skládá z cívky na ocelovém jádře. Součástí jádra je permanentní magnet, jehož magnetický tok se uzavírá jádrem cívky a prochází zuby měřeného ocelového kola. Při otáčení kola dochází k uzavírání magnetického obvodu buď přes ocelový zub, nebo vzduchovou mezeru. Tím se mění i velikost magnetického toku v obvodu cívky a v cívkce se indukuje střídavé napětí, jehož frekvence je stejná jako frekvence střídání zubů a mezer před jádrem snímací cívky. Velikost napětí je závislá na počtu závitů cívky, otáčkách kola, remanentní indukci permanentního magnetu a celkovém provedení magnetického obvodu. Tedy hlavně na vzduchové mezeře mezi ozubeným kolem a snímací cívkou a na vlastním tvaru kola.



obr. 2-5: schéma snímače otáček kola [6]

Indukční snímače otáček jsou konstrukčně nejjednodušší a proto také nejpoužívanější. Snímání otáček kol je jedním z nejdůležitějších úkonů při řešení problémů kontroly trakce, snímání otáček hnaného kola a kola které není hnané je hlavním zdrojem informací pro řídicí systém všech používaných systémů, od ABS přes ESP až po aktivní diferenciály.

---

### 3. Regulace ASR

Důvod zavedení regulace ASR je ten, že při prudkém zrychlení dochází k překročení meze adheze a k její ztrátě. Z toho důvodu nemůže kolo přenášet žádnou boční sílu a i při sebemenší boční síle dochází ke smyku vozidla. Boční síla může být způsobena poryvem větru, nebo setrvačnou silou vyvolanou sklonem silnice, nebo průjezdem zatáčkou. Z tohoto důvodu byl vyvinut systém, který by redukoval točivý moment hnacího kola na základě jeho podmínek adheze.

Protiprokluzové systémy známé pod zkratkou ASR (antriebschlupf-Regelung. Anti Skid Regulation) začala používat firma Mercedes-Benz v polovině osmdesátých let. Historické prvenství v zavedení takového zařízení do konstrukce sériově vyráběného automobilu patří firmě Volvo, která v roce 1982 na voze Volvo 760 představila zařízení ETC (Elektronic Traction Control), tedy elektronickou regulaci hnací síly. Princip systému ETC (tento systém je dodáván současně s protiblokovacím zařízením, neboť obě zařízení mají několik společných prvků, které snižují pořizovací náklady) [4]

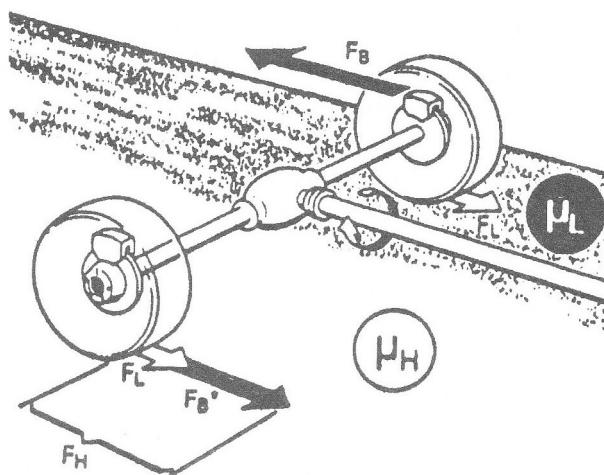
#### 3.1 Princip funkce:

Úhlové rychlosti na jednotlivých kolech jsou snímány a porovnávány, na základě vyhodnocených informací je provedeno přibrzdění jednotlivých kol. Redukce se provádí brzděním jednotlivých kol, nebo také snížením výkonu motoru.

#### 3.2 Brzdová regulace ASR

Regulací brzděním hnacích kol je dosažena nejrychlejší reakce na rozdílnou úhlovou rychlost hnacích kol. Je to dáno proto že brzdy jsou nejbližším místem kola a brzdný tlak narůstá velkou rychlostí a tím je ovlivňována rychlost kola. Nevýhodou tohoto systému je to že nemůže být uplatněna maximální rychlost brzdícího tlaku. Tento systém je často používán u vozidel jako doplněk regulace točivého momentu motoru regulací škrtkové klapky.

Regulace přibrzděním se samostatně používá většinou pro vozidla s menším výkonem motoru a pohonem předních kol, kdy probíhá přibrzděním jednoho, nebo obou kol. Regulace je omezená časově. Toto omezení je z důvodu zabránění přetížení brzd, protože při příliš dlouhé činnosti dochází k zahřátí brzd a jejich přetížení.



Účinek uzávěrky diferenciálu vzniklý díky brzdě síle:

$F_B$ -brzdě síla

$F_B^\circ$ -brzdě síla vztažená na účinný poloměr

$\mu_H$  a  $\mu_L$ -vyšší a nižší součinitel adheze

$F_B$  a  $F_L$ -maximálně přenosná síla na vozovce s  $\mu_H$  a  $\mu_L$

obr. 3-1: schéma regulace ASR pomocí brzdění [2]

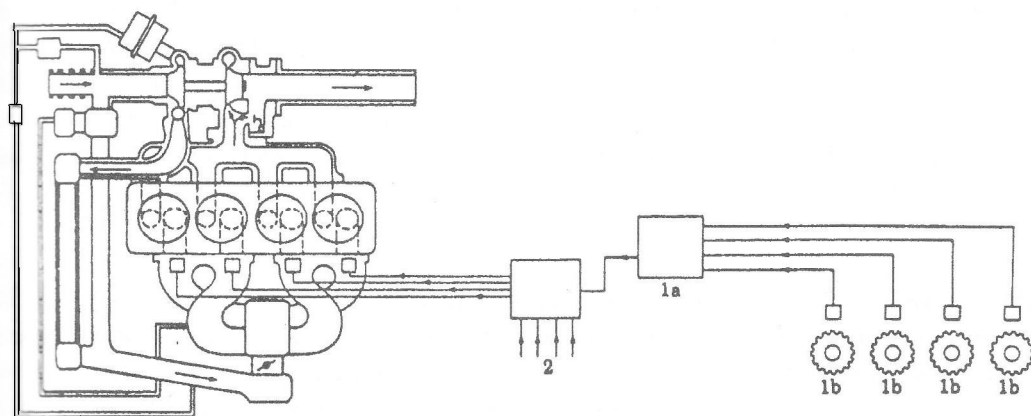
Vedle toho spočívá další úloha tohoto zásahu v tom, že brzdová regulace má působit jako uzávěr diferenciálu. NA obr. Jsou zakresleny síly působící na hnacích kolech v podélném směru. Kolo mající větší součinitel přilnavosti  $\mu_H$  může přenášet sílu  $F_H$ , a kolo s menším součinitelem přilnavosti  $\mu_L$  přenáší sílu  $F_L$ , (index H=high=vysoký, L=low=nízký). Diferenciál však umožňuje přenášet pouze dvakrát menší sílu  $F_L$ , a to pro obě kola. Aby bylo možno zabránit prokluzování kola s menším součinitelem adheze, je na toto kolo přivedena síla  $F_B$ . Tím lze přenášet větší trakční sílu. Točivý moment motoru je regulován podle maximální trakční síly  $F_{\max} = 2F_L + F_B$ . Síla  $F_B$  plyne z brzděného momentu  $M_B$  přepočtem v závislosti na dynamickém poloměru kola  $r_d$ , tzn.  $F_B = M_B / r_d$ . Pro sílu  $F_H$  platí  $F_H = F_L + F_B$ . [4]

### 3.3 Motorová regulace ASR

Motorová regulace je používána proto že brzdová regulace sama osobě nestačí, nemůže být používána neustále z důvodu přetížení brzdového systému.

Proto se používá motorová regulace, která upravuje výkon motoru regulací vstřikováním paliva, regulací polohy škrtící klapky a zapalováním.

Nevýhodou tohoto systému je poměrně dlouhá reakční doba. Tento problém je však odstraněn přídatným zásahem do vstřikování a zapalování. Zásahem do vstřikování se provádí hlavně u vznětových motorů, kde může být regulace provedena několika způsoby a to elektronicky ovládaným akceleračním pedálem, nebo ovládním vstřikovacího čerpadla



obr. 3-2: Schéma elektronické regulace hnací síly [2]

1a-řídící jednotka

1b-čidla otáček

2 -řídící jednotka motoru

---

## 4. Systém ESP

Systém byl vyvinut a používá se proto, že při jízdě se vozidlo dostává do situací kdy snadno překračuje jízdní meze a z toho důvodu se stává těžko ovladatelným. Tyto situace jsou řidičem špatně odhadnuty a následně zvládnuty, protože dochází např. k lekové reakci řidiče a následným prudkým pohybům s volantem. Ke zvládnutí těchto situací pomáhají řidiči systémy regulace dynamiky jízdy, např: Continental-Teves ASMS, ESP (Electronic Stability Program) tento patří mezi nejznámější systémy.

Systém ESP byl vyvinut firmou Bosch, je to vlastně taková nadstavba systémů ABS a ASR, tyto systémy ovládají skluz nebo prokluz pneumatiky, při brzdění nebo prudké akceleraci. Tyto systémy regulují skluz pouze v podélném směru, naopak systém ESP reguluje i v příčném směru. Regulace příčného směru je důležitá proto aby nedocházelo k vybočení vozidla do strany.

Prvním vozem, který byl vybaven systémem ESP, se stal v roce 1995 Mercedes E nové generace. Cena tohoto systému byla tak vysoká, že se jako většina technických novinek zaváděl jen u luxusních vozů vyšší třídy. Kvůli nezdařilému testu švédských novinářů v roce 1997 se však ESP rychle dostalo do výbavy i vozidel nižších tříd. Při onom testu nového Mercedesu třídy A si automobil nedokázal poradit s tzv. losím testem a převrátil se. To vzbudilo mnoho kritiky. Aby značka Mercedes neztratila kredit, začala vybavovat i tyto levnější modely systémem ESP. Nemalou měrou se o existenci ESP zasloužila i firma BOSCH, která se zabývá vývojem těchto a podobných elektronických systémů a je jeho největším výrobcem. V současnosti se systém ESP uplatňuje v každém třetím vozidle vyrobeném v Evropě.

### 4.1 Princip funkce ESP

Pro správnou reakci systému ESP v kritické situaci je vybaveno vozidlo několika snímači které snímají jednak pohyb vozidla a také požadavky řidiče na směr vozidla. K určení požadovaného směru slouží snímače natočení volantu a snímačem otáček všech kol. K určení směru kam vozidlo skutečně jede pomáhají určit měřič příčného zrychlení a rotačního momentu setrvačnosti. Na základě těchto informací systém vyhodnotí a porovná systém požadovanou a skutečnou dráhu vozidla a v případě odlišnosti (kritické situace) systém zasáhne.

Na obrázcích je vidět chování vozidla při prudkém zatočení bez systému ESP

Řidič nejprve trhne volantem doleva a pak prudce zatočí doprava, přední část vozidla se tedy rychle zpomalí, zadní část má větší rychlost, v důsledku toho dojde ke smyku vozidla.



obr. 4-1: chování vozidla bez ESP 1 [6]



obr. 4-2: chování vozidla bez ESP 2 [6]

## 4.2 Použití ESP

Nyní stejná situace u vozidla vybaveného ESP. Řidič opět prudce stáčí volant doleva a snaží se překážce vyhnout. Díky signálům přicházejícím z čidel rozpozná systém ESP, že vozidlo se dostává do nestabilního stavu a začíná zasahovat do řízení. Nejprve podpoří zatočení vozidla přibrzděním levého zadního kola. Zatímco vůz ještě zatáčí doleva, strhává řidič volant doprava s cílem navrátit vozidlo do původního směru. ESP přibrzdí pravé kolo, a tím podpoří zatočení doprava. Zadní kola se otáčejí volně, a tím zajišťují vytvoření optimální stranové vodivé síly. [6]

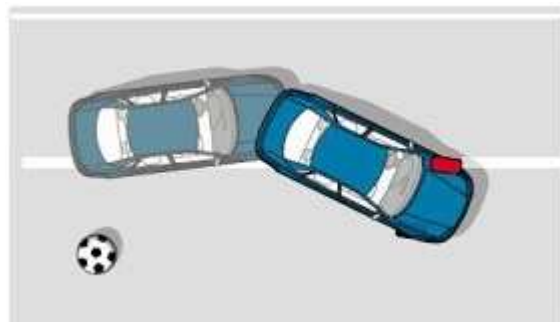


obr. 4-3: chování vozidla s ESP 1



obr. 4-4: chování vozidla s ESP 2

Tento manévr může vést ke vzniku smyku. Aby se zabránilo vybočení zadní části vozu, přibrzdí ESP levé přední kolo. Ve zvláště kritické situaci může dojít k úplnému zablokování kola, aby došlo k omezení boční vodivé síly na přední nápravě (Kammův kruh tření). Po ukončení všech nestabilních stavů ukončuje ESP svoji činnost. [6]



obr. 4-5 chování vozidla s ESP 3 [6]

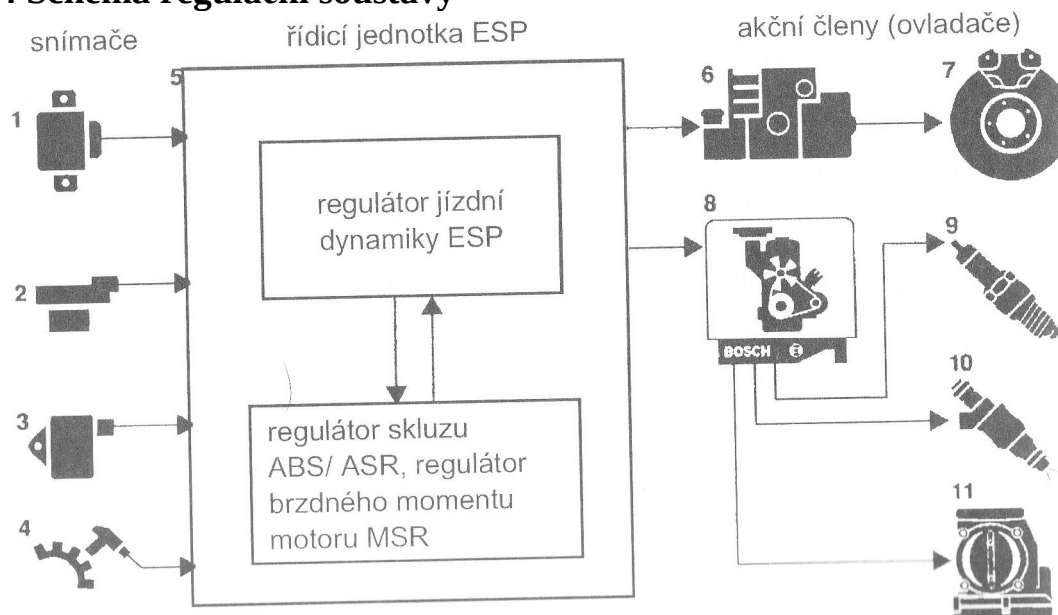


obr. 4-6 chování vozidla s ESP 4 [6]

## 4.3 Losí test

Název vznikl proto že v severských zemích je při nehodách na silnicích zabito mnoho losů a dalších zvířat a také nebezpečí pro lidskou posádku ve voze je zcela zřejmé, jelikož váha losího těla, která narazí do automobilu, může rozmačkat čelní sklo a střechu. Test simulací losa měl zajistit kontrolu schopnosti automobilu prudce změnit směr a vyhnout se kolizi. Tento test se týká obzvláště vozidel SUV, která mají větší tendenci překloupat se než jiné vozidlo.

## 4.4 Schéma regulační soustavy

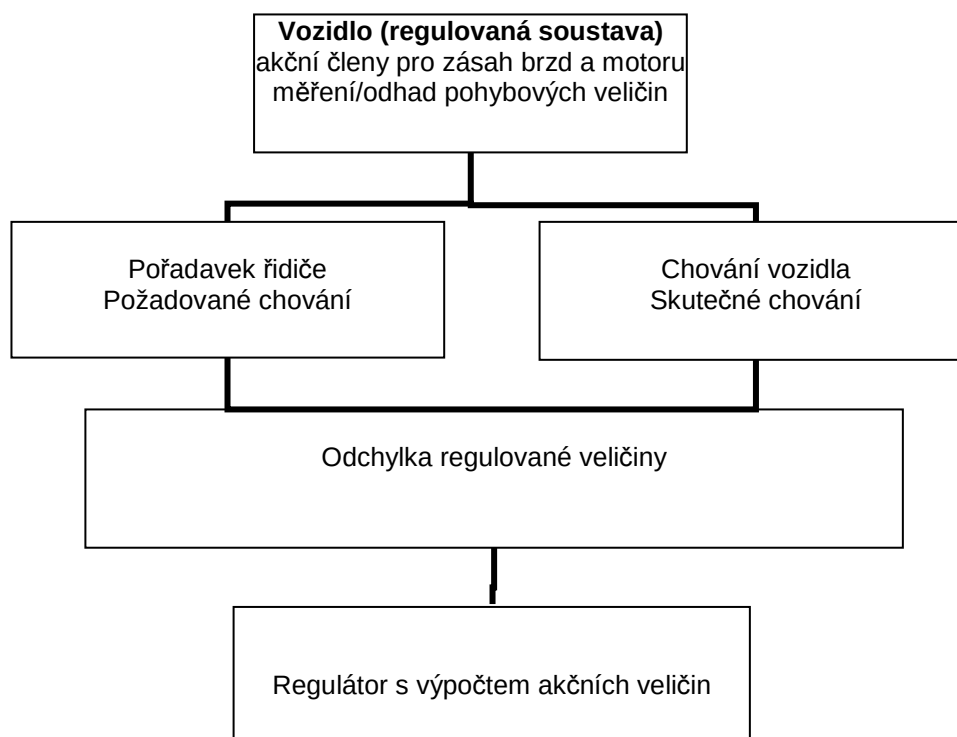


obr. 4-7: schéma regulační soustavy ESP [2]

Regulační soustava ESP umístěná ve vozidle(Bosch):

1-snímač stáčivé rychlosti se snímačem 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 managementu motoru; 9-úhel zážehu; 10-vstřikování paliva; 11-škrtková klapka

## 4.5 Schéma principu systému ESP



---

## 5. Použití systémů traction control v motorsportu

Systémy kontroly trakce používané v motorsportu a jejich nasazení se odvíjí se od podmínek ve kterých se závodní vozy pohybují zvláště povrch po kterém se pohybují a technické předpisy pro jednotlivé kategorie. V motorsportu jde v první řadě o vítězství a zjetí co nejrychlejšího času. Z tohoto hlediska jsou zde kladeny zcela jiné nároky na aktivní bezpečnost než v běžném silničním provozu. Naopak jsou zde kladeny mnohem větší požadavky na pasivní bezpečnost posádky, vozy jsou vybaveny bezpečnostním rámem, sedadla mají 5ti bodové pásy a závodníci musí nosit helmu, další prvky bezpečnosti jsou na závodních tratích, jsou to ochranné bariéry a únikové zóny. Vozidla jezdí často na mezí stability ,kterou ale jezdec dokáže na základě svých schopností a zkušeností dokáže odhadnout.

U nejznámějších závodních strojů tj. Formuli 1 jsou od sezony 2008 asistenční systémy zakázány. První zákaz kontroly trakce platil od roku 1993 do roku 2001 ,kdy byl zákaz zrušen. v současné době je tedy tento způsob pomoci jezdců zakázán. Zákaz byl obnoven z důvodu ztráty zájmu závodů pro diváky a byly sníženy rozdíly v technickém vývoji mezi jednotlivými týmy. Naopak při závodech rally byly používány systémy aktivních diferencíálů které pomáhají jezdcům stabilizovat vozidlo, nejrozšířenější a nejvíce rozvinutý systém diferencíálů byl používán ve vozech WRC (World Rallye Car) které používaly aktivní diferencíály. Používání aktivních diferencíálů bylo z ekonomických důvodů zakázáno, na vozy této kategorie byly při vývoji kladeny vysoké nároky a vozy přestávaly být dostupnými soukromým týmům. V současné době FIA tuto kategorii nahrazuje kategorií S2000 ve které jsou používány mechanické diferencíály. Do této kategorie letos vstoupila i automobilka Škoda s vozem Fabia S2000.



obr.5-1: Fabia S2000 [10]

## Systémů kontroly trakce používaných v motosportu:

Mechanické samosvorné diferenciály - popsán v kap 1.

Aktivní diferenciály - popsán v kap 1.

Systémy ABS - popsán v kap 2.

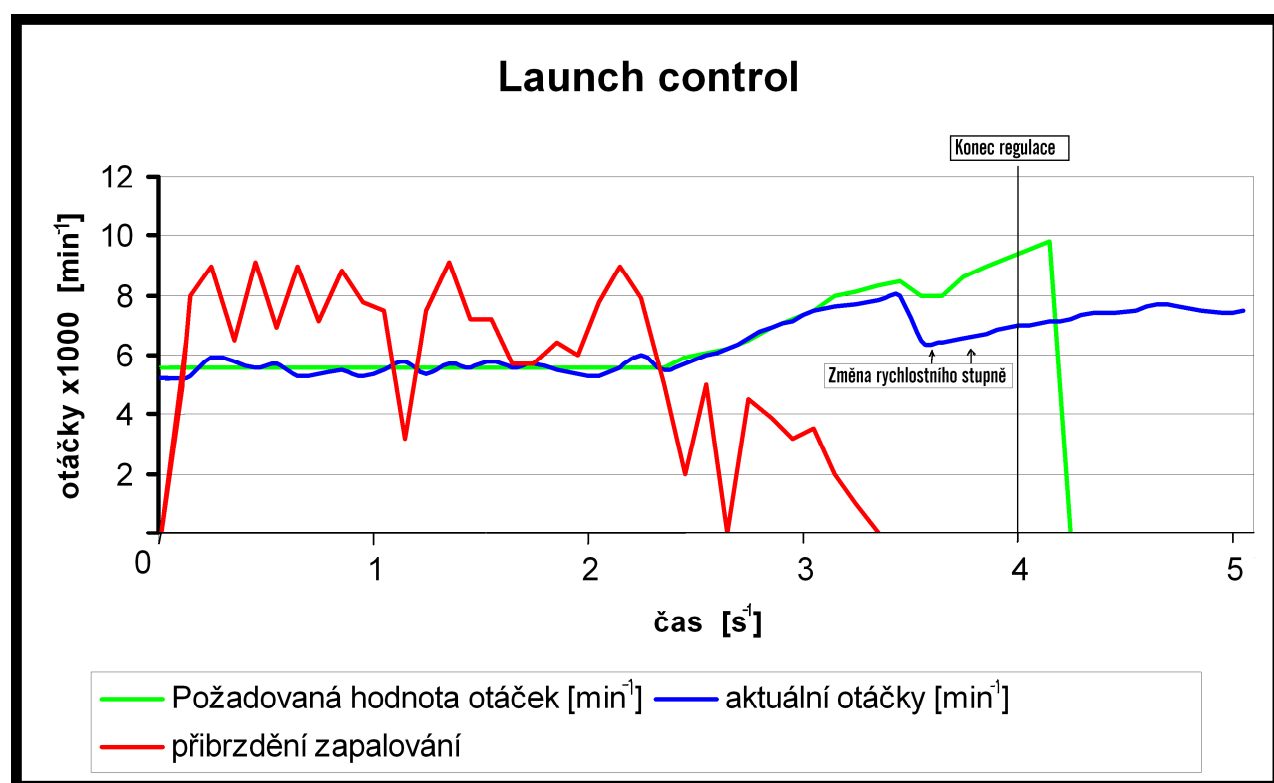
Launch control

Traction control

### 5.1 Launch control

Launch kontrol je systém který pracuje na základě vyhodnocování otáček motoru, tyto otáčky porovnává s předepsanými otáčkami, které byly získány na základě zkoušek rozjezdu, tyto otáčky zahrnují i požadovaný optimální prokluz kol. Řídící jednotka provádí regulaci zásahem do řízení předstihu zážehu a jeho změnou ovládá výkon motoru –tedy požadované otáčky. Simuluje tedy řidiče, který polohou plynového pedálu reguluje otáček motoru na hranici optimálního rozjezdu.

Tento systém vlastně částečně „nahrazuje“ řidiče a reguluje výkon motoru, otáčky motoru na požadované otáčky pro optimální rozjezd za řidiče, „ kdy na základě jízdních testů je elektronika naladěna na optimální nastavení pro daný povrch a stav povrchu (sucho, mokro, sníh, štěr.). který řidič zvláště u vysokovýkonných vysokootáčkových motoru může jen stěží dosáhnout. Průběh zásahu regulace elektroniky do řízení motoru je patrný viz graf.5-1.



graf 5-1: průběh regulace launch control

---

## 5.2 Traction kontrol

Systém pracuje na základě vyhodnocení otáček kola na nehnané nápravě, otáčky jsou porovnávány s otáčkami hnaného kola a při překročení povolené odchylky otáček hnaného kola, je řídicí jednotkou provedena regulace otáček motoru na základě změny předstihu. Regulace je tedy stejná jakou Lunc kontrol, ale s tím rozdílem že se vyhodnocují otáčky hnaného a nehnaného kola. Tento systém se však dá použít jen u vozů které mají jen jednu hnanou nápravu.



obr.5-2: Rozjezd formule1 [11]

---

## 6. Závěr

Cílem bakalářské práce kontrola trakce v motosportu bylo vytvořit přehled moderních systémů řízení trakce používaných v motosportu. Použití těchto systémů se odvíjí od technických předpisů pro danou závodní třídu a od povrchu po kterém se vozidlo pohybuje. Hlavním faktorem určujícím použité asistenční systemuje snaha vytvořit takové podmínky a podporu, aby byl zajet co nejrychlejší čas, což je vždy hlavním cílem. Asistenční systémy používané pro kontrolu trakce jako jsou například systémy ABS a ESP, jsou užívány převážně v omezené míře, protože jezdci jsou trénováni na dané podmínky na závodní trati, a ze zkušeností dokáží odhadnout hraniční oblast kontroly vozu.

Naopak asistenční systémy mají velké uplatnění v běžném provozu. V současné době jsou asistenční systémy řidiče v osobních i nákladních vozech velmi rozšířeny, u osobních vozů patří k základní výbavě standardně například systém ABS, dále jsou používány další systémy, které redukuje točivý moment na kolech a kola přibrzdí, dokáží tak pomoci řídit vozidlo na základě informací, jako jsou motáčky hnaného a nehnaného kola, síla působící na plynový a brzdový pedál, a úhel natočení volantu.

Dnešní systémy jsou stále vyvíjeny a doplňovány dalšími snímači a senzory, které pomáhají vozidlu vyhodnotit danou jízdní situaci a pomoci řidiči v jejím zvládnutí. Jsou to například systémy zachycující překážku před vozidlem. V budoucnu se připojí i systémy řízené pomocí GPS navigace a aktivního řízení, které se stále zdokonalují a některé jsou už nyní používány. Vozidlo by pak mělo automaticky reagovat na nebezpečnou překážku, popřípadě samo provést výhybný manévr. V současné době ale žádný systém neumí plně nahradit člověka.

---

## 7. Seznam použitých zdrojů

- [1] VLK, F. Dynamika motorových vozidel. 2. přeprac. rozš vyd. 2005. ISBN 80-239-0024-2
- [2] VLK, F. Elektronické systémy motorových vozidel 2. 2002. ISBN 80-238-7282-6
- [3] VLK, F. Převody motorových vozidel. 2. přeprac. rozš vyd. 2006. ISBN 80-239-6463-1
- [4] Race Engine Technology magazine, HTML Web pages, poslední revize: 3.3.2009.  
Dostupné z: <http://www.ret-monitor.com/articles/>
- [5] F1 technology, HTML Web pages, poslední revize: 3.11.2008.  
Dostupné z: <http://www.ret-monitor.com/articles/>
- [6] Autolexikon HTML Web pages, poslední revize: 6.2.2009  
Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/abs-anti-lock-braking-system>
- [7] Katalog automobilů HTML Web pages, poslední revize: 10.3.2009.  
Dostupné z: <http://www.katalog-automobilu.cz/>
- [8] Volvo cars HTML Web pages, poslední revize: 13.4.2009  
<http://www.volvocars.com/cz/footer/about/Safety/yourworld/Pages/TheElkTest.asp>
- [9] Lidovky.cz HTML Web pages, poslední revize: 15.5.2009.  
Dostupné z: [http://auto2.lidovky.cz/clanek\\_lidovky.php?id\\_clanek=3263](http://auto2.lidovky.cz/clanek_lidovky.php?id_clanek=3263)
- [10] Škoda-auto HTML Web pages, poslední revize: 17.5.2009  
Dostupné z: <http://new.skoda-auto.com/cze/motorsport/Pages/home.aspx>
- [11] Formula 1 HTML Web pages, poslední revize: 25.5.2009  
Dostupné z: <http://www.formula1.com>

---

## 8. Seznam obrázků a grafů

### Obrázky:

- 1-1: diferenciál s uzávěrkou [7]
- 1-2: diferenciál typu torsen [7]
- 1-3: diferenciál ZF [3]
- 1-3: aktivní diferenciál [9]
- 1-5: Citroen WRC [6]
- 2-1: chování vozidla bez ABS [6]
- 2-2: chování vozidla s ABS [6]
- 2-3: schéma systému ABS [6]
- 2-4 varianty protiblokovacích systémů pro osobní automobily
- 2-5: schéma snímače otáček kola [6]
- 3-1: schéma regulace ASR pomocí brzdění [2]
- 3-2: schéma elektronické regulace hnací síly [2]
- 4-1: chování vozidla bez ESP 1 [6]
- 4-2: chování vozidla bez ESP 2 [6]
- 4-3: chování vozidla s ESP 1 [6]
- 4-4: chování vozidla s ESP 2 [6]
- 4-5: chování vozidla s ESP 3 [6]
- 4-6: chování vozidla s ESP 4 [6]
- 4-7: schéma regulační soustavy ESP [2]
- 5-1: Fabia S2000 [10]
- 5-2: Rozjezd formule 1 [11]

### Graf:

- 5-1: průběh regulace launch control