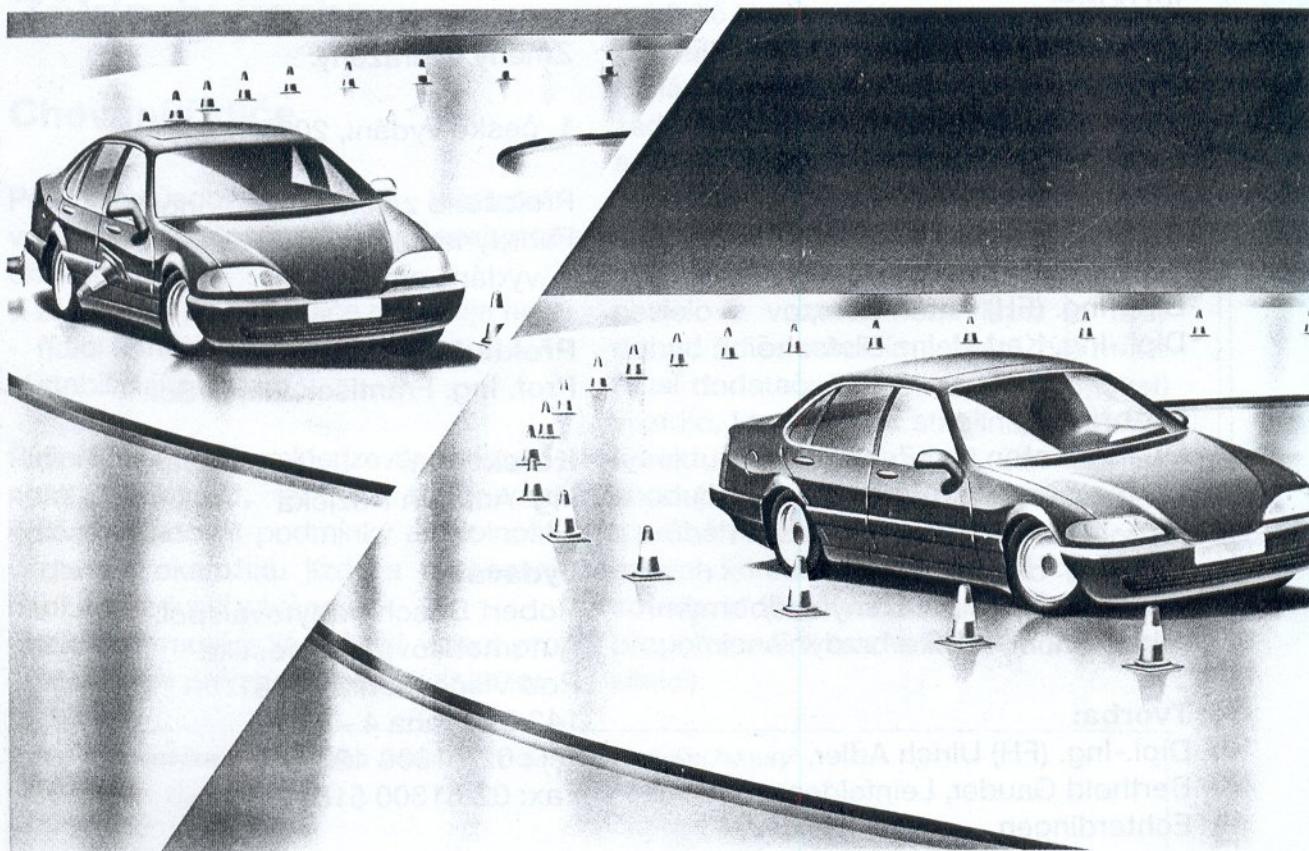


# Regulace jízdní dynamiky ESP

Vydání 98/99



## Technická příručka



**BOSCH**

**Vydavatel:**

Robert Bosch GmbH, 1998  
Postfach 30 02 20  
D-70442 Stuttgart  
Unternehmensbereich  
Kraftfahrzeugausrüstung,  
Abteilung Technische Information  
(KH/VDT).  
Vedoucí: Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Adler.

**Šéfredaktor:**

Dipl.-Ing. (FH) Horst Bauer

**Redakce:**

Ing. (grad.) Arne Cypra.  
Dipl.-Ing. (FH) Anton Beer,  
Dipl.-Ing. Karl-Heinz Dietsche.

**Autoři:**

Dr.-Ing. Anton van Zanten,  
Dr.-Ing. Rainer Erhardt,  
Dipl.-Ing. Georg Pfaff,  
Dipl.-Ing. Helmut Wiss  
ve spolupráci s příslušnými dbornými  
odděleními – ABS a brzdy.

**Tvorba:**

Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Adler,  
Berthold Gauder, Leinfelden-  
Echterdingen.

**Technická grafika:**

Bauer & Partner, Stuttgart.

Všechna práva vyhrazena.

Pokud není uvedeno jinak, jedná se  
o zaměstnance firmy Robert Bosch  
GmbH, Stuttgart.

Kopírování, rozmnožování a překlad,  
i částečný, je možný jen s naším  
předchozím písemným souhlasem  
a s uvedením zdroje.

Obrázky, popisy ,schémata a jiné údaje slouží jen k vysvětlení a doplnění textu. Nemohou být použity jako podklady pro konstrukci, montáž a dodávku. Nepřebíráme žádnou záruku za shodu obsahu s právě platnými zákonními ustanoveními.

Změny vyhrazeny.

1. české vydání, 2001

Přeloženo z německého originálu  
Fahrdynamikregelung ESP  
1. vydání, srpen 1998

**Překlad:**

Prof. Ing. František Vlk, DrSc.

**Korektura:**

Ing. Antonín Růžička

**Vydavatel:**

Robert Bosch odbytová spol. s r.o.  
Automobilová diagnostika  
Pod Višňovkou 25/1661  
142 01 Praha 4 – Krč  
Tel.: 02/61300 422-8  
Fax: 02/61300 518

ISBN 80-902585-8-1

toru; automatické zvýšení otáček motoru při příliš vysokém brzdném momentu motoru), což zmenšuje brzdou dráhu a zlepšuje pohon vozidla (trakci) a zvyšuje ovladatelnost a stabilitu.

## Základy jízdy

### Chování řidiče

Pro přizpůsobení jízdních vlastností vozidla na schopnosti řidiče je nezbytné chování řidiče.

V zásadě se konání řidiče rozděluje na

- řídící konání,
- stabilizující konání.

Řídící konání je charakterizováno „schopností předvídat“, tzn. na schopnosti řidiče odhadovat podmínky a okolnosti v daném okamžiku jízdy a vyvozovat např. následující závěry:

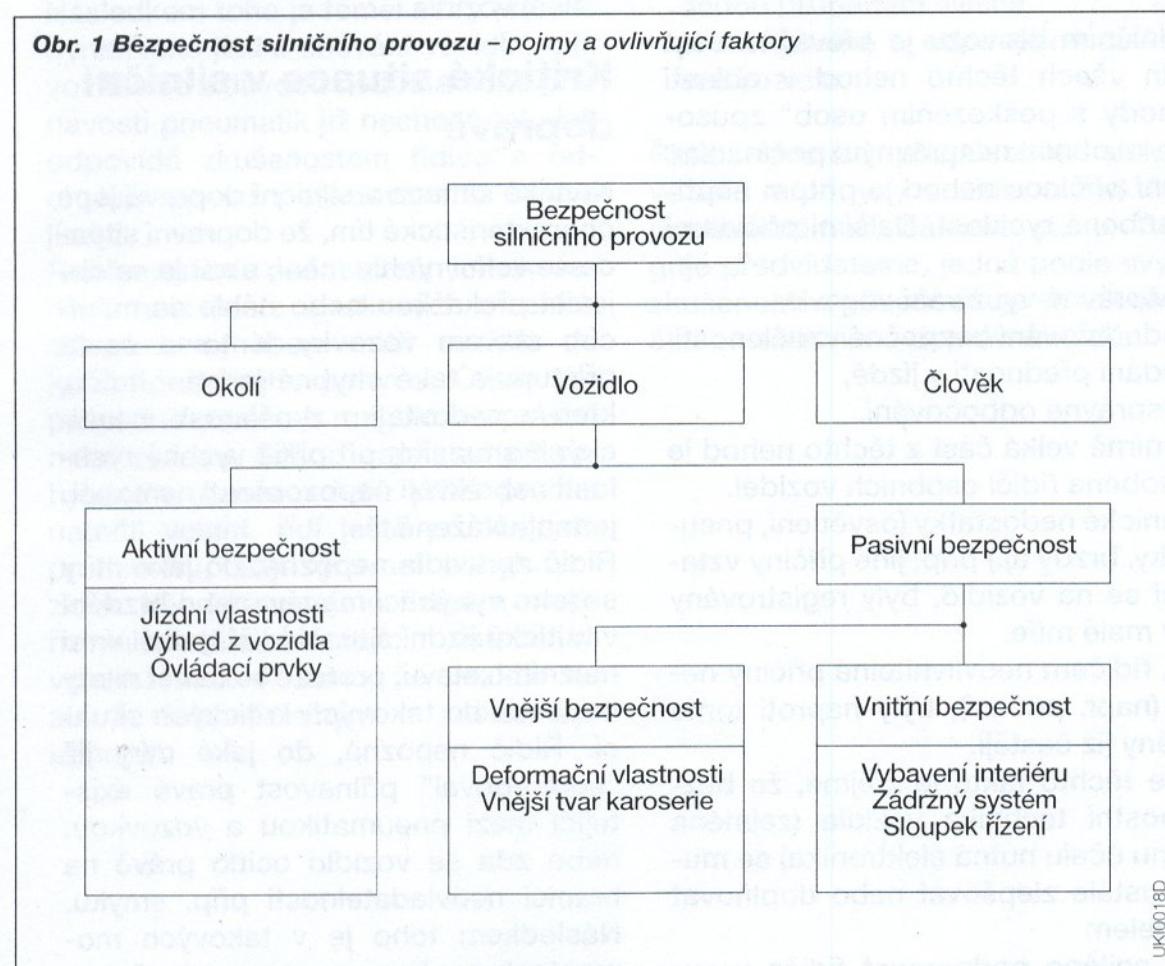
- jak moc musí řidič natočit volant pro spolehlivé projetí následující zatačky,

- kdy musí řidič začít brzdit, aby se vozidlo včas zastavilo,
- kdy musí řidič začít akcelerovat, aby mohl bezpečně předjet jiné vozidlo.

Natočení volantu, brzdění, akcelerace aj. jsou důležité řídící elementy, které jsou tím více přesněji nasazovány, čím více má řidič zkušeností.

Když řidič stabilizuje vozidlo (stabilizující konání), zjišťuje odchylky vozidla od požadované dráhy (od průběhu silnice) a musí korigovat odhadnuté přednastavení nebo předběžné ovládání (poloha volantu, poloha akceleračního pedálu), aby vozidlo nedostalo smyk nebo nesjelo z vozovky. Čím lepší je tedy odhad řidiče v řídícím konání, tím méně musí dodatečně stabilizovat (korigovat) vozidlo, které je pak stabilnější. Takové korektury jsou tím menší, čím lépe se shodují přednastavení (natočení volantu) a průběh vozovky, protože vozidlo se při malých korekturách chová jako "lineární soustava" (řidičova zadání se přenáší proporcionálně bez velkých odchylek na silnici).

Obr. 1 Bezpečnost silničního provozu – pojmy a ovlivňující faktory



Zkušený řidič může odhadnout pohyb vozidla podle svých zadání a na základě předvídatelných vnějších vlivů (např. zatáčky, blížící se práce na silnici apod.) tak, že se jeho odhad blíží realitě. U nezkušeného řidiče trvá tento proces adaptace déle a je zatížen větší nespolehlivostí. Z toho vyplývá pro nezkušeného řidiče, že těžiště jeho úsilí vynaloženého na jízdu vozidla spočívá ve stabilizujícím konání.

Nastane-li pro řidiče a vozidlo nepředvídatelná událost (např. neočekávaná ostrá zatáčka při současně sníženém výhledu apod.), tak řidič může nesprávně reagovat, následkem čehož dostane vozidlo smyk. Vozidlo se potom chová jako nelineární systém, tzn. pro řidiče nepředvídatelným způsobem, a pohybuje se v dynamickém jízdním stavu: v této situaci jsou na nezkušeného i zkušeného řidiče kladený příliš velké požadavky na ovládání vozidla.

## Příčiny nehod a předcházení nehodám

V silničním provozu je převážná část příčin všech těchto nehod v oblasti "nehody s poškozením osob" způsobena osobním nesprávným počínáním. Hlavní příčinou nehod je přitom nepřizpůsobená rychlosť. Dalšími příčinami jsou

- nesprávné využívání vozovky,
- nedodržování bezpečné vzdálenosti,
- nedání přednosti v jízdě,
- nesprávné odbočování.

Nesmírně velká část z těchto nehod je způsobena řidiči osobních vozidel.

Technické nedostatky (osvětlení, pneumatiky, brzdy aj.) příp. jiné příčiny vztažující se na vozidlo, byly registrovány jen v malé míře.

Jiné, řidičem neovlivnitelné příčiny nehod (např. počasí), byly naproti tomu zjištěny již častěji.

Podle těchto faktů je zřejmé, že bezpečnostní technika vozidla (zejména k tomu účelu nutná elektronika) se musí neustále zlepšovat nebo doplňovat za účelem

- co nejlépe podporovat řidiče v ex-

trémních jízdních situacích,  
- předcházet nehodám,  
- zmírňovat následky nehod.

V kritických jízdních situacích proto platí, že jízdní chování vozidla v mezních stavech a extrémních jízdních situacích má být pro řidiče "předvídatelné". Snímání různých parametrů (otáčky kol, boční zrychlení, stáčivá rychlosť aj.) a jejich další elektronické zpracování v jedné nebo několika řidičích jednotkách napomáhá, aby se jízdní situace vhodnými zásahy staly během velmi krátkého času "ovládatelné".

Následující situace nebo rizika jsou příklady pro možné zkušenosti s jízdními mezními stavami:

- měnící se silniční a povětrnostní podmínky,
- konflikty s jinými účastníky silniční dopravy,
- konflikty se zvěří příp. překážkami na vozovce,
- náhlé poškození (prasklá pneumatika) vozidla.

## Kritické situace v silniční dopravě

Kritické situace v silniční dopravě jsou charakteristické tím, že dopravní situace se velmi rychle mění, s náhle se objevící překážkou nebo náhle se měnícím stavem vozovky. K tomu často přistupuje také chybné jednání řidičů, kteří z nedostatku zkušeností v kritických situacích při příliš vysoké rychlosti nebo kvůli nepozornosti nemohou jednat uváženě.

Řidič zpravidla nepozná, do jaké míry se jeho vyhýbací manévr nebo brzdění v kritické jízdní situaci blíží fyzikálnímu meznímu stavu, protože se téměř nikdy nedostal do takových kritických situací. Řidič nepozná, do jaké míry již "spotřeboval" přilnavost právě existující mezi pneumatikou a vozovkou, nebo zda se vozidlo ocitlo právě na hranici neovladatelnosti příp. smyku. Následkem toho je v takových momentech nepřipraven a nesprávně rea-

guje nebo reaguje příliš silně. Tím vznikají nehody nebo situace, které ohrožují jiné účastníky silniční dopravy.

Nehody však mohou být zapříčiněny také jinými, než již jmenovanými příčinami; např. nevhodnou technikou nebo nedostatečnou infrastrukturou (špatná koncepce dopravních cest, zastárnalé řízení dopravy).

Zlepšení jízdního chování motorového vozidla a podpory řidiče v kritických situacích je možno ocenit pouze tehdy, když trvale klesají jak nehodovost tak i následky nehod. K odstranění nebo zvládnutí takových kritických situací jsou zapotřebí obtížné jízdní manévry, např.

- rychlé řízení a protiřízení,
- změna jízdního pruhu kombinovaná s intenzivním brzděním,
- dodržování jízdní stopy při akceleraci v zatáčce nebo při změně příl-navosti vozovky.

Následkem toho je téměř vždy kritické dynamické jízdní chování vozidla, tzn. vozidlo se z důvodu nedostatečné přílnavosti pneumatik již nechová tak, jak odpovídá zkušenostem řidiče a odchyluje se od požadovaného směru jízdy.

Řidič z důvodu nedostatečných zkušeností není často v takových mezních situacích schopen vrátit vozidlo do kontrolovatelného pohybu. Často tím propadne panice a reaguje nesprávně nebo prudce. Pokud například při vyhýbacím manévrnu řidič příliš prudce natočil volant, řídí ještě prudčeji do protisměru, aby vyrovnal pohyb vozidla. Několikanásobné řízení a protiřízení se stále narůstajícím natočením volantu vede k tomu, že vozidlo se stává neovladatelným a začíná vybočovat.

## Metody hodnocení

### Řízení vozidla

Chování vozidla v silniční dopravě je určováno různými vlivy, které lze přiblížně rozdělit do třech oblastí:

- vlastnosti vozidla,
- chování, výkonnost a reakční schopnost řidiče,
- okolní podmínky.

Konstrukce a uspořádání vozidla ovlivňují jeho pohyby a jeho jízdní chování. Jízdní chování je odezva vozidla na konání řidiče (např. řízení, akcelerace, brzdění) a na vnější poruchy (např. stav vozovky, vítr).

Dobré jízdní chování se projevuje schopností přesně dodržovat kurs a tím zcela plnit úkol řidiče.

Řidič má přitom tyto úlohy:

- přizpůsobovat svoji jízdu dopravním a silničním podmínek,
- dodržovat předpisy pro silniční dopravu,
- co nejlépe sledovat jízdní dráhu, danou průběhem silnice,
- předvídatelně a odpovědně ovládat své vozidlo.

Řidič neustále přizpůsobuje polohu vozidla a pohybu vozidla subjektivně pociťovanému ideálnímu stavu. Reaguje předvídatelně, jedná podle svých zkušeností a přizpůsobuje se tak aktuálnímu silničnímu dopravnímu dění.

## Hodnocení jízdního chování

Pro hodnocení jízdního chování je stále nejdůležitější subjektivní hodnocení zkušenými řidiči. Subjektivní vnímání

připouští pouze relativní hodnocení, neposkytuje tedy žádnou informaci o objektivní "pravdě". Subjektivní zkušenosti s jedním vozidlem je možno proto používat pouze pro srovnávání se zkušenostmi s jinými vozidly.

Chování vozidla hodnotí zkušební řidič při jízdních zkouškách, které jsou svojí koncepcí orientovány přímo na "normální" dopravní ruch. Celkový systém řidič-vozidlo se hodnotí v uzavřeném regulačním obvodě ("closed-loop"), tedy včetně řidiče. Základní význam přitom mají vodicí veličiny jako např. průběh vozovky nebo úkoly řidiče.

Řidič se během jízdního manévrů, který provádí podle zadaných úloh, snaží shromažďovat své dojmy a zkušenosti, aby je potom porovnával s dojmy a zkušenostmi jiných řidičů. Často nebezpečný jízdní manévr (vyhýbací manévr podle normy VDA, též tzv. "losí test", obr. 2), který uskuteční několik zkušebních řidičů, poskytuje informaci o vlastnostech a dynamice vyšetřovaného vozidla. Těmito jízdními zkouškami se má popsát a zlepšit:

- stabilita,
  - řiditelnost a brzdné vlastnosti,
  - chování v mezních jízdních stavech.
- Nevýhodou této metody jsou:
- velký rozptyl výsledků, protože jízdní vlastnosti, povětrnostní podmínky, vlastnosti vozovky a výchozí podmínky každého manévrů jsou rozdílné, subjektivní vjemy a zkušenosti se mohou interpretovat individuálně,
  - výkonnost řidiče může rozhodovat o úspěchu nebo neúspěchu série zkoušek.

Následující tabulka obsahuje nejdůležitější jízdní manévry k hodnocení jízdního chování v uzavřeném regulačním obvodu vozidlo-řidič.

Obr. 2 Vyhýbací manévr ("losí test")

Začátek testu:

**Fáze 1:** nejvyšší rychlostní stupeň (mechanická převodovka), program řazení D (automatická převodovka)

otáčky motoru 2000 min<sup>-1</sup>

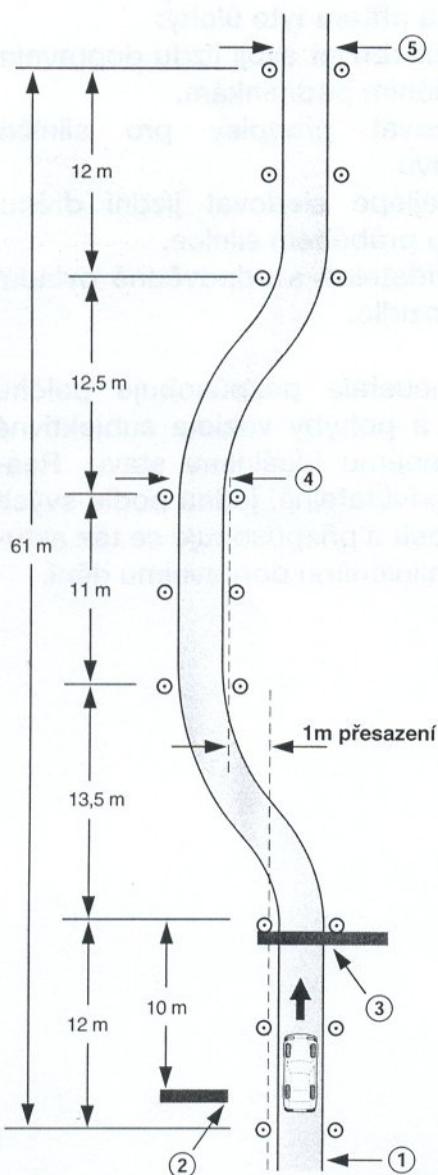
**Fáze 2:** uvolnění akceleračního pedálu

**Fáze 3:** měření rychlosti jízdy fotobuňkou (světelné závory),

natočení volantu doleva

**Fáze 4:** natočení volantu doprava

**Fáze 5:** konec testu



Tabulka 1

<b>Hodnocení jízdního chování</b>	<b>Jízdní manévr (zadání řidiče a zadaná jízdní situace)</b>	<b>Řidič trvale zasahuje</b>	<b>Fixovaný volant</b>	<b>Uvolněný volant</b>	<b>Zadaný úhel řízení</b>
<b>Chování při jízdě v přímém směru</b>	Jízda v přímém směru-dodržování stopy	•	•	•	
	Odezva řidicího ústrojí/řízení	•			
	Škubnutí – uvolnění volantu			•	
	Reakce při uvolnění akceleračního pedálu	•	•	•	
	Aquaplaning	•	•	•	
	Brzdění při jízdě v přímém směru	•	•	•	
	Citlivost na boční vítr	•	•	•	
	Vztak při vysokých rychlostech		•		
<b>Přechodové a přenosové chování</b>	Defekt pneumatiky	•	•	•	
	Skokové natočení volantu				•
	Jednoduché řízení a protiřízení				•
	Vícenásobné řízení a protiřízení				•
	Jednoduchý impuls řízení				•
	Nahodilé natáčení volantu	•			•
	Vjezd do kruhu	•			
	Výjezd z kruhu	•			
	Vracení řízení			•	
	Jednoduchá změna jízdního pruhu	•			
<b>Chování při zatáčení</b>	Dvojitá změna jízdního pruhu	•			
	Ustálená jízda v kruhu		•		
	Neustálená jízda v kruhu	•	•		
	Uvolnění akceleračního pedálu při jízdě v kruhu	•	•		
	Uvolnění volantu			•	
	Brzdění v zatáčce	•	•		
	Aquaplaning v zatáčce	•	•		
<b>Chování při střídavém zatáčení</b>	Slalomová jízda (pylony)	•			
	"Handling-Parcours" (testovací dráha s ostrými zatáčkami)	•			
	Vlnivý pohyb – uvolnění volantu/akcelerace			•	
<b>Celkové chování</b>	Bezpečnost proti překlopení	•			•
	Reakční a vyhýbací test	•			

# Základy jízdní dynamiky

## Síly působící na vozidlo

Na vozidlo působí nezávisle na jeho pohybovém stavu síly různého druhu: jsou to síly v podélném směru, např. hnací síla, vzdušný odpor nebo odpor valení, a síly v bočním směru, např. odstředivá síla při zatáčení nebo boční vítr.

Tyto síly se přenášejí na pneumatiky (a nakonec na vozovku) buď: "shora" nebo "ze strany". To se děje prostřednictvím

- podvozku (např. vzdušná síla),
- řízení (síla v řízení),
- motoru,
- převodovky (hnací síla),
- brzdné soustavy (brzdná síla).

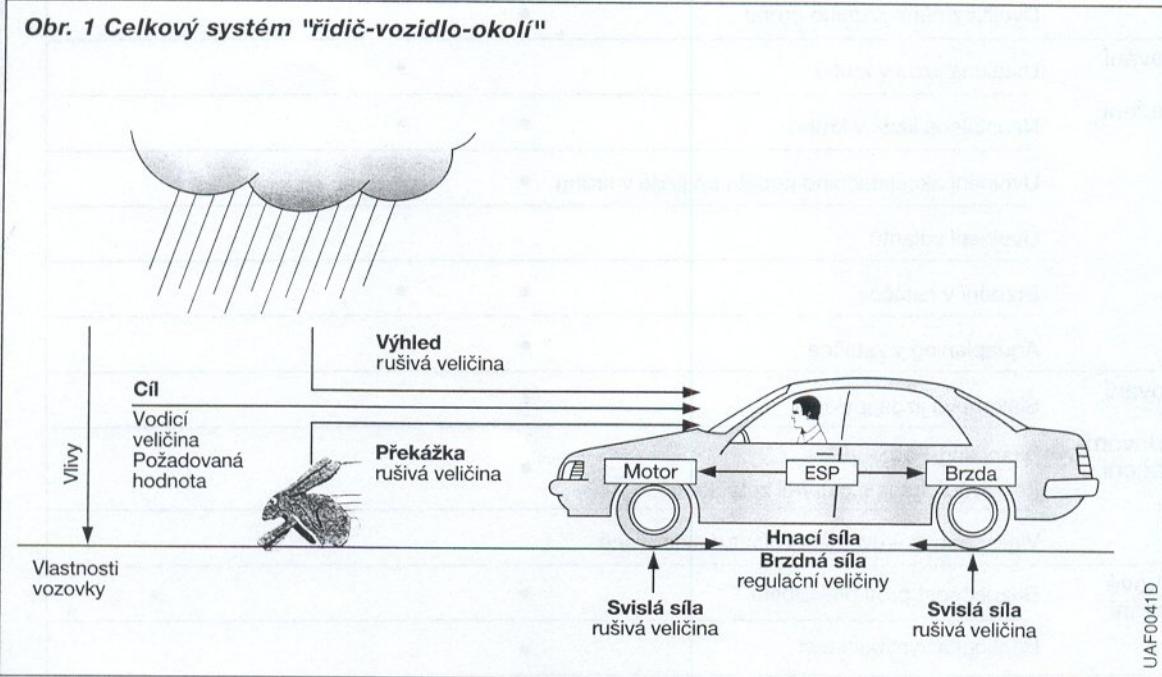
V jiném směru působí síly "zdola" od vozovky na pneumatiky a tím na vozidlo.

Zásadně musí hnací síla motoru – aby se vozidlo mohlo vůbec pohybovat – překonávat jízdní odpory (všechny podélné a příčné síly), které jsou způsobeny podélným a příčným sklonem vozovky.

Pro hodnocení jízdní dynamiky nebo také jízdní stability vozidla musejí být známy síly, které působí mezi pneumatikami a vozovkou, tedy prostřednictvím těchto stykových ploch (tzv. styková plocha pneumatiky s vozovkou nebo též stopa pneumatiky).

S nabývající jízdní praxí se řidič učí stále lépe reagovat na tyto síly; pocítuje je při akceleraci a brzdění, i při bočním větru nebo na kluzké vozovce. Při velmi vysokých silách, tedy velmi silných změnách pohybového stavu, jsou tyto síly také nebezpečné (vybočování, smyk) nebo při nejmenším slyšitelné pískajícími pneumatikami (např. rozjezd s prokluzujícími koly) a zvyšují opotřebení materiálu.

Obr. 1 Celkový systém "řidič-vozidlo-okolí"



# Celkový systém: "řidič-vozidlo-okolí"

V jízdní dynamice je jízdní chování definováno jako chování celkového systému „řidič-vozidlo-okolí.“

Řidič jako první člen tohoto regulačního obvodu hodnotí podle souhrnu svých subjektivních dojmů jízdní chování vozidla.

Z toho vybrané jízdní manévro s definovaným zákonem řidiče (režim "Open Loop", tj. rozpojený regulační obvod) popisují objektivně jízdní chování vozidla. Řidič, jehož subjektivní vlastnosti nelze přesně definovat, je nahrazen objektivním zaváděním řídících veličin a analyzuje se a hodnotí odezvy vozidla. Pro hodnocení ovladatelnosti a stability vozidel se používají následující jízdní manévro (prováděné na suché vozovce), které jsou normovaný v rámci ISO:

- ustálená jízda v kruhu,
- přechodové chování,
- brzdění v zatáčce,
- citlivost na boční vítr,
- chování při jízdě přímým směrem,
- uvolnění akceleračního pedálu při kruhové jízdě.

Objektivní hodnocení dynamických jízdních vlastností uzavřeného regulačního obvodu ("Closed-Loop"-režim, tj. s uvažováním řidiče) se dodnes v praxi zcela nepodařilo, protože regulační vlastnosti člověka jsou značně subjektivní.

Přesto vedle objektivních jízdních testů existují různé testy, které mohou zkušeným řidičům poskytovat informaci o ovladatelnosti a stabilitě vozidla (např. slalomová jízda).

"Losí test" simuluje extrémní jízdní situaci, která vzniká při náhlém vyhýbání překážce: vozidlo musí na testovací dráze dlouhé 50 metrů bezpečně objet překážku určitou rychlostí; překážka je dlouhá 10 metrů a vyčnívá čtyři metry do vozovky.

## Ustálená kruhová jízda

Při stacionární jízdě v kruhu se zjišťuje maximálně dosažitelné boční zrychlení. Kromě toho lze zjistit, jak se mění jednotlivé dynamické jízdní veličiny v závislosti na bočním zrychlení až do dosažení maximální hodnoty. Z toho se určuje zatáčivost vozidla (nedotáčivost, přetáčivost a neutrální chování).

## Přechodové chování

Vedle ustálené zatáčivosti (při jízdě v kruhu) je důležité také přechodové chování vozidla. K tomu patří např. rychlý vyhýbací manévr po původní jízdě v přímém směru.

## Brzdění v zatáčce – uvolnění akceleračního pedálu

Jedním z nejdůležitějších jízdních manévrů je manévr, který je běžný v každodenním provozu, a to je brzdění v zatáčce.

Z fyzikálního hlediska je jedno, zda řidič v zatáčce náhle uvolní akcelerační pedál nebo začne brzdit, obojí vyvolá podobný efekt.

Vznikne změna zatížení náprav (přední náprava se přitíží), čímž zvětší úhel směrové úchylky zadní nápravy a zmenší se směrová úchylka přední nápravy, protože boční (odstředivá) síla se při zadaném poloměru zatáčky a stálé jízdní rychlosti nemění; jízdní chování vozidla se mění ve smyslu přetáčivosti. U vozidel se zadním pohonem má skluz pneumatik menší vliv na změnu zatáčivosti, než u vozidel s předním pohonem. Proto při tomto jízdním manévr se vozidla s pohonem vzadu chovají stabilněji.

Odezvy vozidla u tohoto manévrů musí představovat co nejlepší kompromis mezi řiditelností, jízdní stabilitou a zpomalením.

## Měřené veličiny

Hlavními hodnotícími veličinami jízdní dynamiky jsou:

- úhel natočení volantu,
- boční zrychlení,
- podélné zrychlení nebo zpoždění,
- stáčivá rychlosť,
- úhel směrové úchylky v místě těžiště a úhel klopení.

Dodatečné informace, které slouží pro vysvětlení určitého jízdního chování a pro kontrolu jiných měřených veličin:

- podélná a příčná rychlosť,
- úhel rejdu předních/zadních kol,
- úhel směrové úchylky všech kol,
- moment na volantu řízení.

**Tabulka 1**

Individuální podmínky reakční doby					
→	Psychofyzická reakce				→
Vnímaný předmět (např. dopravní značka)	Vnímání	Podchycení	Rozhodování	Mobilizování	Pohyb
	Optická výkonnost	Vnímání a chápání	Psychické zpracování	Pohybový aparát	Individuální rychlosť

**Tabulka 2**

Závislost reakční doby na osobních a vnějších faktorech	
zkrácení do 0,3 sekund	prodloužení až 1,7 sekund
Individuální faktory řidiče	
nacvičené reflexní jednání	výběrové jednání
dobrá kondice, optimální výkonnost	špatná kondice, např. únava
vysoké jízdní nadání	nižší jízdní nadání
mladistvý věk	vyšší stáří
očekávané napětí	pozornost, odvedení pozornosti
tělesné a duševní zdraví	chorobné tělesné nebo duševní poruchy
	leknutí, alkohol
Vnější faktory	
jednoduchá, přehledná, předvídatelná, známá dopravní situace	komplikovaná, nepřehledná, nepředvídatelná neznámá dopravní situace
nápadně vnímatelná překážka	nenápadně vnímatelná překážka
překážka v zorném poli	překážka na okraji zorného pole
řadicí a ovládací prvky ve vozidle uspořádány účelně	řadicí a ovládací prvky ve vozidle uspořádány neúčelně

## Reakční doba

V celkovém systému "řidič-vozidlo-okolí" má vedle definovaných veličin rozhodující roli stav řidiče a tím reakční doba řidiče. Reakční doba zahrnuje prodlevu mezi vnímáním překážky, rozhodnutím a přemístěním nohy na brzdový pedál. Tato doba není konstantní; pohybuje se podle individuálních podmínek a vnějších okolností v rozmezí 0,3 až 1,7 sekund.

Určení individuální doby reakce vyžaduje speciální vyšetřování (např. v lékařském a psychologickém ústavu, tabulky 1 a 2).

## Pohybové děje

Pohyby vozidla je možno rozdělit na rovnoměrné (se stálou rychlosí) a nerovnoměrné (při rozjíždění / akceleraci a brzdění / zpoždění).

Motor vytváří pohybovou energii potřebnou k pohybu vozidla vpřed.

Pro změnu velikosti a směru pohybu vozidla musejí na vozidlo působit vnější síly nebo síly přenášené od motoru hnacím ústrojím na kola.

## Jízdní chování užitkových vozidel

K objektivnímu hodnocení jízdního chování užitkových vozidel se používají různé jízdní manévry jako ustálená jízda v kruhu, skokové natočení volantu (odezvy vozidla na prudké vychýlení volantu o definovaný úhel) a brzdění v zatáčce.

Jízdní soupravy mají zpravidla jiné směrové vlastnosti než vozidla sám. Zvláštní význam mají stavy zatížení tažného vozidla a připojeného vozidla a také konstrukce a spojení jízdní soupravy.

Nejnepříznivějším případem je prázdný nákladní automobil táhnoucí zatížený přívěs. Provoz takové kombinace vyžaduje od řidiče obzvláště opatrný způsob jízdy.

U návěsových souprav vzniká při brzdění v extrémních situacích nebezpečí

zlomení soupravy ("Jackknifing" tj. efekt lámacího nože). Toto nestabilní chování vzniká ztrátou boční vodicí síly na zadní nápravě tahače při přebrzdění na kluzké vozovce nebo příliš velkým stáčivým momentem při režimu " $\mu$  split" (různá hodnota přilnavosti vozovky v příčném směru). "Jackknifing" nevznikne při použití systému ABS.

# Pneumatika

## Úloha

Pneumatika je spojovacím článkem mezi vozidlem a vozovkou. Zde se rozhoduje o jízdní bezpečnosti vozidla. Pneumatika přenáší hnací, brzdné a boční síly, přičemž fyzikální skutečnosti definují meze dynamického zatížení vozidla. Rozhodující faktory pro hodnocení pneumatik jsou

- jízda v přímém směru,
- stabilita v zatáčce,
- přilnavost na vozovkách s různým povrchem,
- přilnavost při různých povětrnostních podmínkách,
- řiditelnost,
- jízdní pohodlí (odpružení, rovnoměrnost),
- životnost,
- hospodárnost.

## Konstrukce

Podle techniky a stavu vývoje se rozlišuje několik druhů konstrukce pneumatik. Konstrukci pneumatiky určují užitné vlastnosti a vlastnosti při nouzovém běhu, které by měla mít běžná pneumatika. Radiální pneumatika, která se standardně používá u osobních vozidel, má kordová vlákna uložena radiálně, mezi patkami pneumatiky. Stabilizující nárazník pneumatiky zahrnuje relativně tenkou elastickou kostru. Zákoně předpisy a směrnice určují jaké pneumatiky se mají používat pro dané podmínky, jaké pneumatiky se mají používat od dané rychlosti a jaké klasifikaci jsou pneumatiky podřízeny.

## Předpisy

Motorová vozidla a přívěsy musejí být podle technických předpisů (podmínky provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích) vybaveny pneumatikami, které mají na celém obvodu a na celé šířce běhoucí drážky nebo výrezy v dezénu o hloubce  $\geq 1,6$  mm.

Osobní automobily a vozidla s přípustnou celkovou hmotností  $\leq 2,8$  t a konstrukční rychlostí  $> 40$  km/h a přívěsy vozidel smějí být vybaveny buď diagonálními nebo radiálními pneumatikami; u jízdní soupravy to platí pouze pro jednotlivé vozidlo. Neplatí to však pro přívěsy za osobním automobilem, které se pohybují rychlostí  $\leq 25$  km/h (předpisy platné pro SRN)

## Použití

Předpokladem pro úspěšné používání je správná volba pneumatiky podle doporučení výrobce vozidel nebo pneumatik. Pokud mají všechna kola pneumatiky stejně konstrukce, jsou zaručeny správné jízdní podmínky.

Z hlediska péče, údržby, skladování a montáže je nutno dodržovat pokyny výrobce pneumatik nebo příslušného odborníka, aby se zajistila maximální životnost při maximální bezpečnosti.

Při používání pneumatik, tedy v "obutém stavu" je nutno sledovat

- zda jsou pneumatiky vyváženy (zda zajišťují rovnoměrný chod),
- zda jsou na všech kolech stejné pneumatiky,
- zda se používají vhodné pneumatiky pro dané vozidlo,
- pro jakou rychlosť jsou pneumatiky přípustné,
- zda mají dostatečnou hloubku profilu.

Když je hloubka profilu příliš malá, je k dispozici také méně materiálu pro ochranu nárazníku nebo kostry.

Především u osobních automobilů a rychlých nákladních automobilů má hloubka profilu rozhodující roli pro bezpečnost při jízdě na mokré vozovce, protože mokrý povrch vozovky má menší součinitel přilnavosti.

S klesající hloubkou profilu progresivně vzrůstá brzdná dráha (obr. 1).

# Síly přenášené pneumatikou

## Svislá síla (normálová síla)

Svislá síla mezi pneumatikou a vozovkou (povrchem vozovky), kolmá k vozovce, se nazývá svislé zatížení nebo normálová síla. Představuje část zatížení naloženého vozidla (rozděleného na jednotlivá kola) a závisí na úhlu svahu, na kterém se vozidlo pohybuje. Další síly působící na vozidlo (např. větší náklad) zvyšují nebo zmenšují radiální reakci. Při zatáčení se vlivem odstředivé síly v zatáčce odlehčují vnitřní kola a více zatěžují kola vnější.

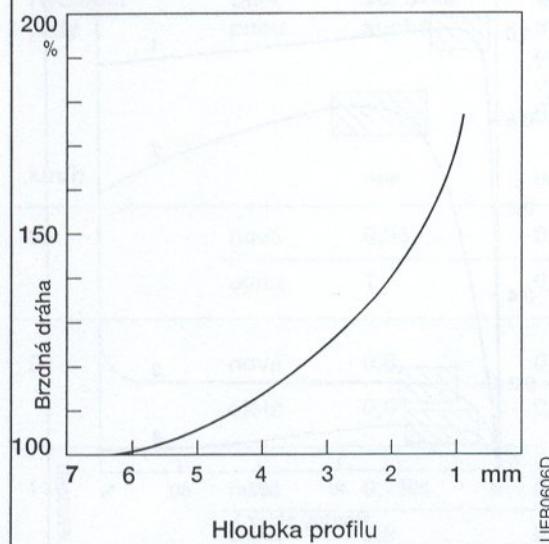
Vlivem svislého zatížení pneumatiky se deformuje styková plocha pneumatiky s vozovkou.

Protože boky pneumatiky (bočnice) se také deformují, nemůže se svislé zatížení rozdělit rovnoměrně (obr. 2). Vzniká přibližně lichoběžníkové rozdělení měrného tlaku (síla na plochu). Bočnice pneumatiky zachycují síly a pneumatika se deformuje podle zatížení.

## Podélná síla

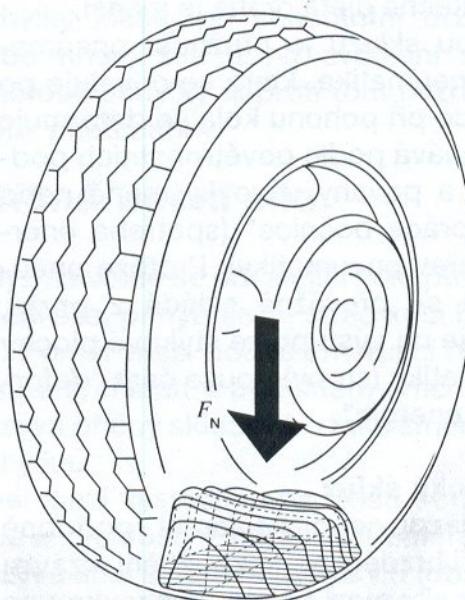
Když se kolo odvaluje po vozovce nebo ploše (valivý odpor není uvažován), existuje přímá souvislost mezi rychlosí středu kola v podélném směru a otáčkami kola.

Obr. 1 Prodloužení brzdné dráhy v závislosti na hloubce profilu pneumatiky při rychlosti 100 km/h



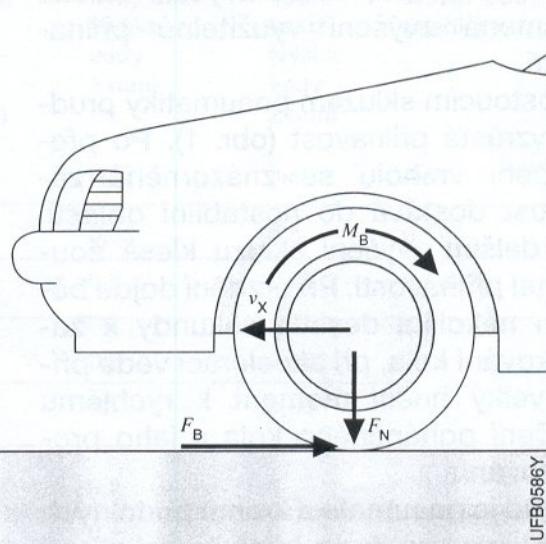
Tato souvislost je ovlivňována vnějšími silami, které působí na kolo (např. podélná reakce ve stopě pneumatiky, vznikající brzdným momentem kola). Vzájemným působením sil mezi pneumatikou a vozovkou vzniká skluz pneumatiky (obr. 3).

Obr. 2 Rozdělení tlaku ve stopě radiální pneumatiky při zatížení kola svislou silou  $F_N$



UFB0585Y

Obr. 3 Podélná rychlosí kola  $v_X$ , brzdná síla  $F_B$  a brzdný moment  $M_B$ , přičemž  $F_B = F_N \times \mu$  (boční pohled)



UFB0586Y

# Přílnavost

## Skluz pneumatiky

### Teorie skluzu

Skluz pneumatiky (stručně "skluz") je dán rozdílem teoretické a skutečné ujeté dráhy. Tato souvislost je vysvětlena na následujícím příkladu.

Obvod normální pneumatiky je cca 1,5 m. Když se kolo otočí desetkrát, mělo by poháněné vozidlo ujet dráhu 15 m. Skluz pneumatiky však způsobí, že skutečně ujetá dráha je menší.

Příčinou skluzu je pružnost pneumatiky. Pneumatika, která se odvaluje po vozovce při pohonu kola se deformuje a vykonává podle povětrnostních podmínek a povahy vozovky méně nebo více "práce bočnice" (spotřeba energie, ohřev pneumatiky). Protože pneumatika se převážně skládá z pryže, získá se na výstupu ze stykové plochy pneumatiky (stopy) pouze část "deformační energie".

### Praktický skluz

Při rozjezdu nebo akceleraci - podobně jako při brzdění nebo zpoždění – závisí přenos síly mezi kolem a vozovkou na skluzu. Podélné "trení" mezi pneumatikou a vozovkou je v principu stejné jako skluz pneumatiky při pohonu nebo brzdění kola.

Brzdění nebo akcelerace probíhá většinou při malých hodnotách skluzu ve stabilní oblasti, takže zvýšení skluzu znamená zvýšení využitelné přílnavosti.

S rostoucím skluzem pneumatiky prudce vzrůstá přílnavost (obr. 1). Po překročení vrcholu se znázorněná závislost dostává do nestabilní oblasti. Při dalším zvýšení skluzu klesá součinitel přílnavosti. Při brzdění dojde během několika desetin sekundy k zablokování kola, při akceleraci vede příliš velký hnací moment k rychlému otáčení poháněného kola a jeho prokluzování.

Pokud je pneumatika kromě podélných sil (skluzu) zatížena ještě jinými silami

(např. větším svislým zatížením nebo nadměrným nastavením geometrie), jsou negativně ovlivňovány přenos sil a jízdní vlastnosti (obr. 1).

# Přílnavost

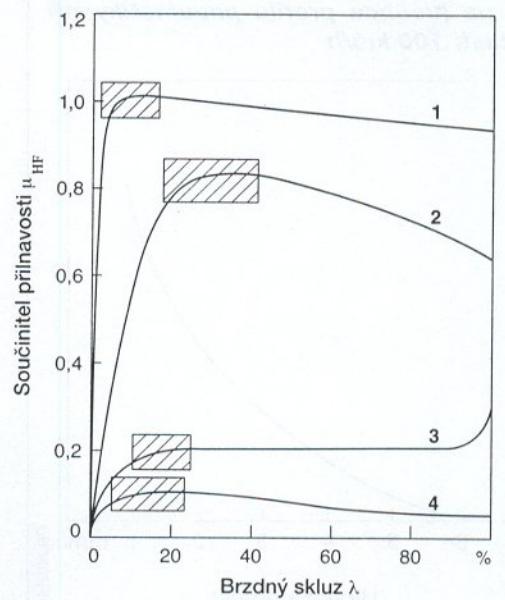
## Součinitel přílnavosti $\mu_{HF}$ (podélné trení)

Když na kolo působí brzdný moment, vzniká mezi pneumatikou a vozovkou brzdná síla  $F_B$ , která v ustáleném stavu (úhlové zrychlení kola je nulové) je úměrná brzdnému momentu. Poměr svislého zatížení kola a přenesitelné brzdné síly se nazývá součinitel přílnavosti  $\mu_{HF}$ .

Součinitel valivé přílnavosti resp. součinitel adheze (maximum křivky přílnavost-skluz) závisí na jízdní rychlosti, stavu pneumatiky a stavu vozovky. Hodnoty v tab. 3 platí pro kryt vozovky z betonu a asfaltového makadamu v dobrém stavu. Součinitel kluzné přílnavosti (hodnota křivky přílnavosti pro zablokované kolo) je obecně menší než součinitel valivé přílnavosti.

Obr. 1 Součinitel přílnavosti  $\mu_{HF}$  v závislosti na skluzu  $\lambda$  při brzdění

- 1 radiální pneumatika na suchém betonu
  - 2 diagonální zimní pneumatika na mokrému asfaltu
  - 3 radiální pneumatika na sypkém sněhu
  - 4 radiální pneumatika na mokrému ledu
- Šrafováné plochy: přechod ze stabilní do nestabilní oblasti*



Součinitel adheze charakterizuje vlastnost materiálové dvojice pneumatika/vozovka a všechny vlivy, kterým je tato dvojice vystavena. Jeho hodnota tedy přímo souvisí s vlastnostmi vozovky (tab. 3).

### Aquaplaning

Když se při dešti na vozovce vytváří "vodní film" klesá adheze k nule a vozidlo začíná "plavat"; vzniká "aquaplaning" a zruší se styk pneumatiky s vozovkou. Důvodem je, že se při aquaplaningu posouvá vodní klín ve stopě a nadzvedává pneumatiku. Aquaplaning závisí na:

- výšce vody na vozovce,
- rychlosti vozidla,
- tvaru dezénu a jeho opotřebení,
- zatížení, kterým je pneumatika přitlačována k vozovce.

Širokoprofilové pneumatiky jsou při aquaplaningu obzvláště nebezpečné. Při aquaplaningu není vozidlo řiditelné a nemůže být brzděno. Na vozovku se nemohou přenášet ani řidící pohyby ani brzdné síly.

## Přílnavost – skluz – svislé zatížení pneumatiky

Přílnavost pneumatiky (tření pryže) závisí zejména na podélném skluzu. Svislé zatížení pneumatiky má přitom podřadnou roli, protože při konstantním skluzu je v prvním přiblížení mezi brzdnou silou a svislým zatížením kola lineární závislost.

Přílnavost však závisí na úhlu směrové úchylky pneumatiky (bočním skluzu). Brzdná nebo hnací síla při stejném skluzu a při zvětšení úhlu směrové úchylky klesá; při konstantní brzdné nebo hnací síle a při zvětšení úhlu směrové úchylky naproti tomu vzrůstá skluz pneumatiky.

### Příčná/boční síla

Když na volně se odvalující kolo působí boční síla, pohybuje se střed kola bočně. Poměr mezi bočně směřující rychlostí a rychlostí v podélném směru se nazývá příčný skluz nebo také směrová úchylka.

Úhel mezi výslednou rychlostí pohybu kola a rychlostí v podélném směru se nazývá úhel směrové úchylky  $\alpha$  (obr. 2). V ustáleném stavu (tedy bez zrychlení kola) je boční síla  $F_S$  působící na nápravě vozidla v rovnováze s boční silou působící na pneumatiku. Poměr mezi

Tabulka 3

Součinitel adheze $\mu_{HF}$ pro pneumatiku a povrch vozovky						
Rychlosť jízdy	Stav pneu	Vozovka suchá	Vozovka mokrá (výška vody 0,2 mm)	Silný déšť (výška vody 1 mm)	Vodní kaluž (výška vody 2 mm)	Vrstva ledu (hladký led)
50	nová	0,85	0,65	0,55	0,5	0,1
	ojetá	1	0,5	0,4	0,25	a méně
90	nová	0,8	0,6	0,3	0,05	
	ojetá	0,95	0,2	0,1	0,00	
130	nová	0,75	0,55	0,2	0	
	ojetá	0,9	0,2	0,1	0	

boční sílou působící na pneumatiku  $F_S$  a svislým zatížením kola  $F_N$  se nazývá součinitel boční síly resp. součinitel boční přilnavosti  $\mu_S$ .

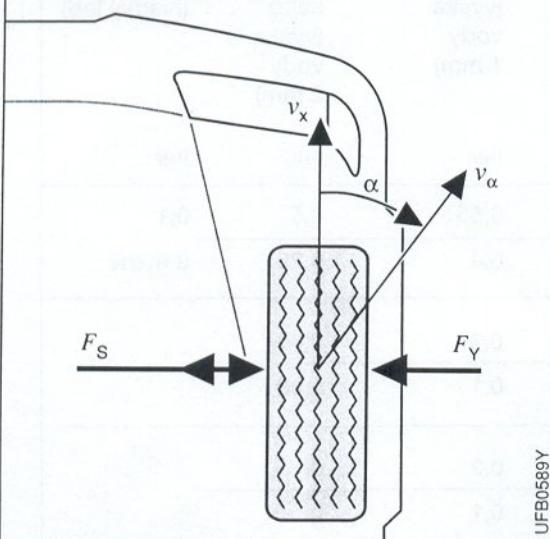
Mezi úhlem směrové úchytky  $\alpha$  a součinitelem boční síly  $\mu_S$  je nelineární závislost, kterou vyjadřuje křivka směrové úchytky. Součinitel  $\mu_S$  na rozdíl od součinitele  $\mu_{HF}$  silně závisí na velikosti svislého zatížení  $F_N$ . Tato vlastnost má zvláštní význam pro výrobce vozidel při konstrukci podvozku, aby se jízdní chování mohlo pozitivně ovlivňovat příčnými stabilizátory. Při velkých bočních silách  $F_S$  silně vybočuje stopa pneumatiky (styková plocha pneumatiky) směrem k rovině ráfku (obr. 3). Nárůst boční síly se tím zpozdí. Tato okolnost ovlivňuje přechodové chování (změna z výchozího jízdního stavu na jiný) při řízení vozidel.

## Souvislost sil

Když na ráfek kola působí boční síla a brzdný moment, vznikají ve stopě pneumatiky jako reakce boční a brzdná síla. Síly na otáčejícím se kole se až do fyzikálních mezi přenášejí na vozovku, kde vznikají stejně velké, ale opačně působící síly.

Za hranicemi fyzikálních mezi není zajištěna silová rovnováha a vozidlo se stává nestabilním.

Obr. 2 Působení boční vodicí síly pneumatiky  $F_S$  a úhel směrové úchytky pneumatiky  $\alpha$  (půdorys)



## Celkový jízdní odpor

Celkový jízdní odpor je dán součtem valivého odporu, vzdušného odporu a odporu stoupání (obr. 4).

K překonání celkového jízdního odporu se musí na hnací kola vozidla přivádět hnací síla. Hnací síla na kolech vozidla je tím větší, čím je větší točivý moment motoru, čím je větší celkový převod mezi motorem a hnacími koly a čím jsou menší mechanické ztráty (účinnost při podélně uloženém motoru  $\eta = 0,88 \dots 0,92$ , při příčném uložení motoru  $0,91 \dots 0,95$ ).

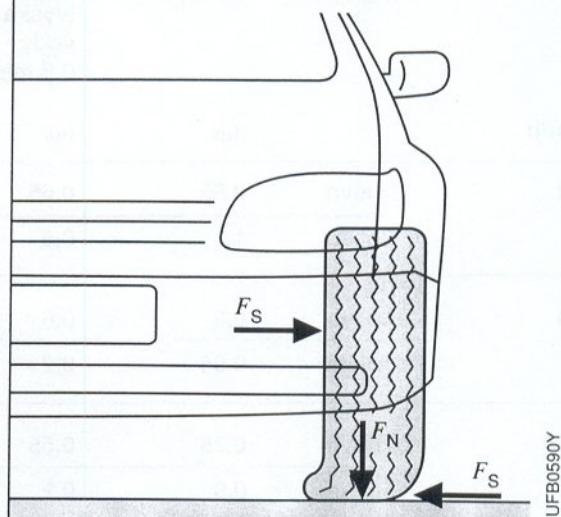
Hnací síla se částečně využívá k překonání celkového jízdního odporu. Jízdní odpory silně vzrůstají při rostoucím stoupání vozovky; proto se hnací síla vhodně upravuje pomocí převodů (rychlostních stupňů) v převodovce.

"Přebytečná síla" mezi hnací silou motoru a jízdním odporem urychluje vozidlo. Když převažuje celkový jízdní odpor, vozidlo zpomaluje.

## Valivý odpor při jízdě v přímém směru

Valivý odpor vzniká deformační prací kola a vozovky. Je dán součinem tíhy vozidla a součinitele valivého odporu, který je tím větší, čím je menší poloměr pneumatiky a větší deformace pneumatiky, např. při příliš nízkém tlaku

Obr. 3 Boční deformace ve stopě pneumatiky vlivem boční síly  $F_S$  při projízdění pravé zatáčky (pohled zepředu)



vzduchu v pneumatice. Valivý odpor však vzrůstá také s rostoucí jízdní rychlostí. Kromě toho se mění podle povrchu vozovky; např. na asfaltové vozovce činí jeho hodnota pouze asi 25% valivého odporu na méně kvalitní cestě.

### Valivý odpor v zatáčce

Při zatáčení se valivý odpor zvětšuje o odpor zatáčky, jejíž součinitel odporu závisí na jízdní rychlosti, poloměru zatáčky, pohybových vlastnostech nápravy, pneumatikách, tlaku vzduchu v pneumatikách a na úhlu směrové úchytky pneumatik.

### Vzdušný odpor

Vzdušný odpor (tab. 4 a 5) se vypočítá z měrné hustoty vzduchu, součinitele vzdušného odporu (v závislosti na tvaru vozidla), čelní ploše vozidla a jízdní rychlosti (včetně rychlosti protivětru).

### Odpor stoupání

Odpor stoupání (s kladným znaménkem) nebo odpor klesání (se záporným znaménkem) se vypočítají z tíhy vozidla a úhlu stoupání nebo klesání.

## Podélná dynamika vozidla

Pohyb rovnoměrně zrychlený nebo zpožděný vzniká, když je zrychlení (nebo zpoždění) konstantní. Dráha ujetá během zpoždění má na rozdíl od dráhy ujeté při zrychlení velký význam, protože délka brzdné dráhy se bezprostředně projevuje na dopravní bezpečností (tab. 6).

Maximální hodnoty zrychlení nebo zpoždění se dosáhnou, když hnací nebo brzdné síly na kolech vozidla jsou tak velké, že kolo ještě právě lží na vozovce (maximální využitelná přilnavost).

Prakticky dosažitelné hodnoty leží níže, poněvadž všechna kola vozidla při každém zrychlení (zpoždění) nevyužívají vždy maximální přilnavost. Elektronicky regulované systémy brzdění, pohonu a jízdní stability (ABS, ASR, ESP) regulují v rozsahu maximálně přenesitelných sil.

Tabulka 4

### Příklady pro součinitel valivého odporu $C_w$ u osobních automobilů

Otevřený kabriolet	$C_w = 0,5 \dots 0,7$
Skříňová karoserie	$C_w = 0,5 \dots 0,6$
Pontónový tvar <sup>1)</sup>	$C_w = 0,4 \dots 0,55$
Klinový tvar	$C_w = 0,3 \dots 0,4$
"Prestrojený" tvar	$C_w = 0,2 \dots 0,25$
Kapkovitý tvar	$C_w = 0,15 \dots 0,2$

<sup>1)</sup> Stupňovitá záď

Tabulka 5

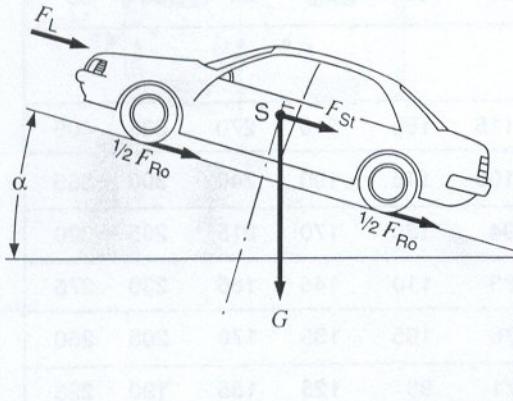
### Příklady pro součinitel valivého odporu $C_w$ u nákladních automobilů

#### Standardní tažná vozidla

- "Neprestrojená"	$C_w \geq 0,64$
- "Částečně prestrojená"	$C_w = 0,54 \dots 0,63$
- "Plně prestrojená"	$C_w \leq 0,53$

Obr. 4 Celkový jízdní odpor

vzdušný odpor  $F_L$ , valivý odpor  $F_{Ro}$ , odpor stoupání  $F_{St}$ , těžistě  $S$ , tíha vozidla  $G$ , úhel stoupání/klesání  $\alpha$



# Příčná dynamika vozidla

## Jízdní chování při bočním větru

Při silném bočním větru, zejména při vyšší jízdní rychlosti a nepříznivých rozměrech vozidla, se vozidlo vychyluje ze své dráhy (obr. 5). Začne-li na vozidlo náhle působit boční vítr, např. při výjezdu z kryté silnice do volné krajiny, může vzniknout již během reakční doby u nevhodně konstruovaných vozidel značné vybočení, změna úhlu stáčení vozidla a také nesprávná reakce řidiče.

Když na vozidlo působí šikmý proud vzduchu vzniká vedle vzdušného odporu také složka vzdušné síly v příčném směru. Vzdušný proud, který je rozdělen podél celé karoserie, je možno nahradit výslednicí, tedy boční vzdušnou силou. Boční vzdušná síla působí v "tlakovém středu D". Poloha tlakového středu závisí na tvaru karoserie a na úhlu náběhu vzduchu.

Tlakový střed leží obecně v přední polovině osobního vozidla. U vozidel s pontónovým tvarem (stupňovitá zád) leží tlakový střed blíže ke středu vozidla než u vozidel s proudnicovým tvarem (splývající zád), u kterých se poloha tlakového středu může měnit s úhlem

náběhu vzdušného proudu. Poloha těžiště S závisí na celkové hmotnosti vozidla. Pro obecné znázornění vlivu bočního větru (nezávisle na relativní poloze podvozku ke karoserii) se volí aerodynamický vztažný bod O, např. v průsečíku podélné osy vozidla s přední koncem karoserie. Při zadání boční vzdušné síly pro vztažný bod lišící se od tlakového bodu k tomu ještě přistupuje moment působící k danému tlakovému bodu, což je stáčivý moment. Boční vzdušná síla je zachycována bočními vodicími silami na kolech vozidla. Boční vodicí síla pneumatiky závisí na úhlu směrové úchylky a svislé zatížení, na konstrukci pneumatiky, tlaku vzduchu v pneumatici a na přilnavosti vozovky.

Pro zvýšení směrové stability vozidla je žádoucí, aby tlakový bod ležel v blízkosti těžiště vozidla. Nejmenší zakřivení trajektorie vozidla vzniká u přetáčivého vozidla, když tlakový bod leží před těžištěm. U nedotáčivého vozidla je nevhodnější poloha tlakového bodu těsně za těžištěm.

## Přetáčivost a nedotáčivost

Boční vodicí síla mezi vozovkou a pneumatikou vzniká v případě, že se

Tabulka 6

Brzdná dráha do zastavení $S_h$ při časové ztrátě 1 s.														
Zpoždění a m/s <sup>2</sup>	Rychlosť jízdy v před brzděním v km/h													
	10	30	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	
Dráha během časové ztráty $t_{VZ} = 1$ s (vozidlo nebrzdí) v m														
2,8	8,3	14	17	19	22	25	28	33	30	44	50	56		
Dráha do zastavení $S_h$ v m														
4,4	3,7	16	36	48	62	78	96	115	160	210	270	335	405	
5	3,5	15	33	44	57	71	87	105	145	190	240	300	365	
5,8	3,4	14	30	40	52	65	79	94	130	170	215	265	320	
7	3,3	13	28	36	46	57	70	83	110	145	185	230	275	
8	3,3	13	26	34	43	53	64	76	105	135	170	205	250	
9	3,2	12	25	32	40	50	60	71	95	125	155	190	225	

kolo odvaluje šikmo ke své podélné rovině. Musí tedy existovat úhel směrové úchylky.

Vozidlo se označuje jako nedotáčivé, jestliže při vzrůstajícím bočním zrychlení je úhel směrové úchylky na přední nápravě větší, než na zadní nápravě. Opačné chování se označuje jako přetáčivost.

Existují vozidla, která jsou stále nedotáčivá nebo přetáčivá, ale i taková, která se při malých bočních zrychleních chovají nedotáčivě a při větších bočních zrychleních naopak přetáčivě, případně může vzniknout i opačné chování.

### Odstředivá síla při zatáčení

Odstředivá síla působí v těžišti S (obr. 6). Její účinek závisí na mnoha faktorech jako například jsou:

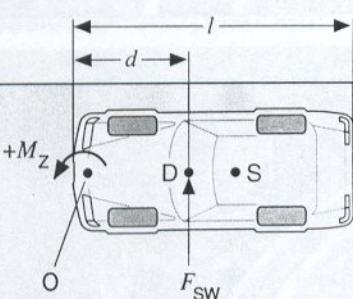
- poloměr zatáčky,
- rychlosť vozidla,
- výška těžiště vozidla,
- hmotnost vozidla,
- rozchod kol vozidla,
- třecí dvojice pneumatika/vozovka (počasí, povrch vozovky, stav pneumatik),
- rozdělení hmotnosti vozidla.

Při zatáčení vzniká nebezpečí, jestliže

hrozí, že odstředivá síla bude větší než boční vodicí síly pneumatik a vozidlo se nebude moci udržet v požadované jízdní stopě. Tento silový poměr může pozitivně ovlivňovat převýšení zatáčky. Protože všechna kola nezačínají současně prokluzovat, zjistí ESP v případě nerovnováhy sil v čas otáčení vozidla kolem jeho svislé osy (tzv. stáčení) a vhodným "aktivním" brzděním může stabilizovat vozidlo.

Obr. 5 Vozidlo při účinku bočního větru

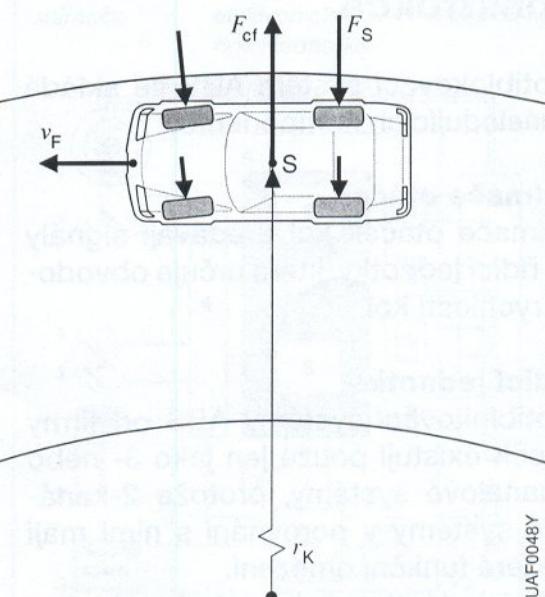
tlakový střed D, vztazný bod O, těžiště S, boční vzdušná síla  $F_{sw}$ , vzdušný stáčivý moment  $M_z$ , síle  $F_{sw}$  v bodě D odpovídá  $F_S + M_z$  v bodě O; délka vozidla l, poloha tlakového středu d



UAF0047Y

Obr. 6 Odstředivá síla v zatáčce

odstředivá síla  $F_{cf}$ , rychlosť vozidla  $v_F$ , boční síly jednotlivých kol  $F_S$ , poloměr zatáčky  $r_K$ , těžiště S;



UAF0048Y

# Systémy jízdní bezpečnosti pro brzdění a pohon

## **Protiblokovací systém ABS**

Úloha

Při kritických jízdních poměrech, jako je mokrá nebo kluzká jízdní dráha, lekavá reakce řidiče (nepředvídaná překážka) nebo selhání jiných účastníků dopravy, může během brzdění bez ABS dojít k blokování kol, takže vozidlo už není ředitelné a může se dostat do smyku anebo sjet z jízdní dráhy. V takové situaci zabraňuje protiblokovací systém ABS blokování kol a tím zabezpečuje ředitelnost vozidla a podstatně snižuje riziko smyku (obr. 1).

Také v kritickém případě jízdy/brzdění, jako je např. plné (maximální) brzdění, jsou díky ABS možné vyhýbací manévry a je možné vyhnout se čelním nárazům. Pro osobní jízdní bezpečnost je přesto výhodné zlepšit řidičské umění bezpečnostním výcvikem.

## Konstrukce

Protiblokovací systém ABS se skládá z následujících komponentů:

## **Snímače otáček**

Snímače otáček kol předávají signály do řídicí jednotky, která určuje obvodové rychlosti kol.

## **Řídicí jednotka**

Protiblokovací systémy ABS od firmy Bosch existují pouze jen jako 3- nebo 4-kanálové systémy, protože 2-kanálové systémy v porovnání s nimi mají některá funkční omezení.

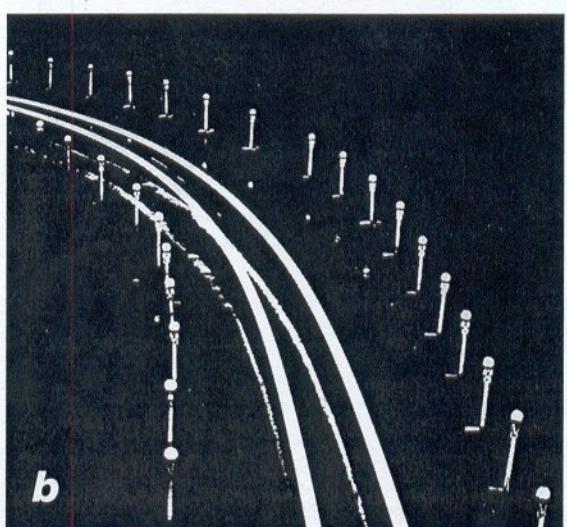
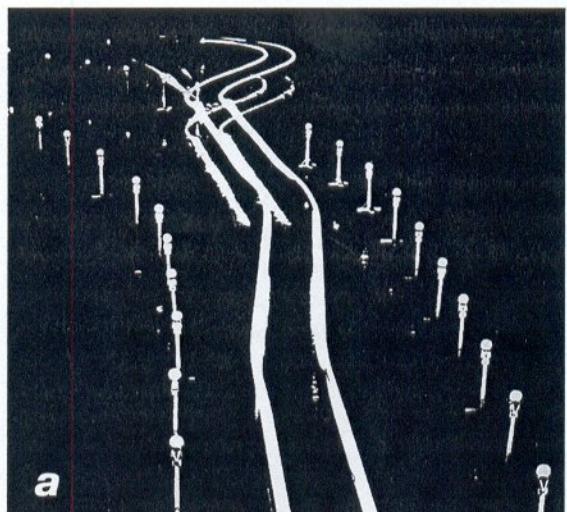
Řídicí jednotka znázorněná v bloko-

vém schématu (obr. 2) pro 4-kanálové zařízení přijímá, filtruje a zesiluje signály snímačů otáček a z toho vypočítává skluz brzděných kol a úhlové zrychlení resp. úhlové zpomalení jednotlivých kol. Digitální regulátor se z bezpečnostních důvodů skládá ze dvou identických, na sobě nezávislých digitálních obvodů, které paralelně zpracovávají

Obr. 1 Brzdný účinek bez a s ABS

- a** vozidlo bez ABS vybočuje, protože kola blokují,

**b** vozidlo s ABS zůstává při plném brzdění řidielné a směrově stabilní



vávají informace vždy od dvou příslušných kol (kanály 1+2 resp. 3+4) a provádějí logické procesy. Komplexní logika regulátoru přeměňuje tyto regulační signály na akční příkazy pro elektromagnetické ventily hydraulické jednotky.

### Hydraulická jednotka

Hydraulická jednotka provádí příkazy řídící jednotky a řídí elektromagnetickými ventily tlak v brzdových válečcích kol s optimálním brzdným účinkem i v případě, když při nouzovém brzdění je tlak vyvozený řidičem mnohem vyšší. Je umístěna mezi hlavním brzdovým válcem a brzdovými válečky kol.

### Brzdy kol

Brzdný tlak přenášený z hydraulické jednotky působí v brzdách kol jako rozpínací síla pro přitlačení brzdových obložení na brzdové bubny resp. brzdové kotouče.

### Princip činnosti

ABS reguluje brzdný tlak provozní brzdové soustavy při plném brzdění. To probíhá v jednotlivých brzdových válečcích kol v závislosti na skluzu kola a na úhlovém zrychlení resp. zpomalení kola. Vývoj digitální elektroniky umožnil bezpečně monitorovat komplexní procesy při brzdění a v případě potřeby schopnost reagovat ve zlomcích sekundy. Tento velmi pružný systém, který dovoluje integraci bez změn základního brzdového systému, pracuje následujícím způsobem.

Při zapnutém zapalování a libovolném jízdním stavu snímají snímače otáček na obou předních kolech a na diferenciálu zadní nápravy, resp. na všech čtyřech kolech signály, které jsou potřebné pro výpočet obvodových rychlostí kol a posílají je dál do řídící jednotky. Když řídící jednotka z přijímaných signálů rozpozná nebezpečí blokování, spustí v hydraulické jednotce čerpadlo pro zpětnou dodávku a magnetické ventily příslušných kol. Každé přední kolo je ovlivňováno jemu přiřazenou dvojicí elektromagnetických ventilů tak,

aby – nezávisle na jiných kolech – mohlo optimálně přispět k brzdění (individuální regulace).

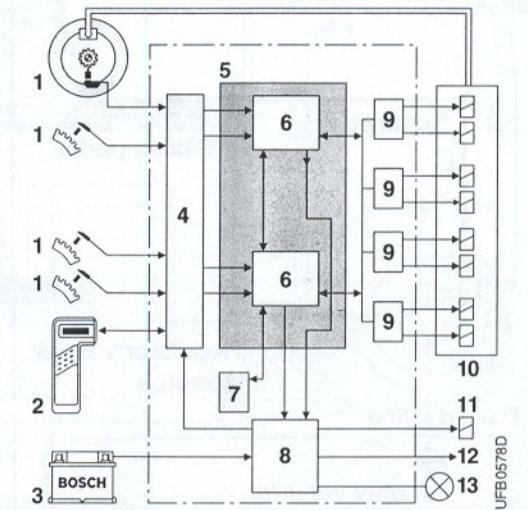
Na zadní nápravě určuje kolo s menším součinitelem přilnavosti společný tlak v obou brzdách kol (princip select-low). Tím se kolo s větším součinitelem přilnavosti při přítomnosti ABS nepatrě nedobrzdí. Následkem toho je brzdná dráha o něco delší, což se však vrátí zpět ziskem stability vozidla. Řídící jednotka přepíná dvojice elektromagnetických ventilů do tří různých stavů.

- V prvním stavu (bez proudu) obou ventilů (vstupní ventil otevřený, výstupní ventil uzavřený) se hlavní brzdový válec a brzdové válečky kol vzájemně propojí; tlak v brzdě kola může narůstat,
- V druhém stavu (vstupní ventil pod proudem a proto uzavřený) se hlavní

Obr. 2 Řídící jednotka (4 kanálový systém)

- 1 snímače otáček
- 2 diagnostický konektor
- 3 akumulátor
- 4 vstupní elektrický obvod
- 5 digitální regulátor
- 6 mikro-řídící jednotka
- 7 energeticky nezávislá paměť
- 8 stabilizátor napětí/chybová paměť
- 9 výstupní obvody s koncovými stupni
- 10 dvojice magnetických ventilů pro nárůst/pokles tlaku
- 11 relé
- 12 stabilizované napětí akumulátoru
- 13 kontrolka

snímače	elektronická řídící jednotka	akční členy
---------	------------------------------	-------------



- brzdový válec oddělí; tlak v brzdě kola zůstává konstantní.
- V třetím stavu je navíc pod proudem ještě výstupní ventil a proto otvírá. Tím se brzda kola hydraulicky spojí s čerpadlem pro zpětnou dodávku, takže tlak v brzdě kola poklesne.

Tím se může brzdný tlak nejen plynule, ale vlivem impulsního řízení také stupňovitě (a tím mírně) snižovat nebo zvyšovat.

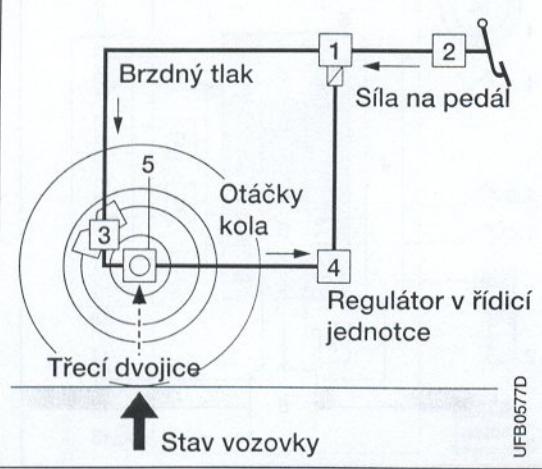
Podle povahy vozovky probíhá za sekundu 4 až 10 regulačních cyklů. Tuto reakční rychlosť dosahuje ABS elektronickým zpracováním signálu a krátkými dobami odezvy.

Regulační soustava ABS zahrnuje (obr 3):

- regulační obvod: vozidlo s brzdou kola, kola a třecí dvojice pneumatika /vozovka,
- rušivé veličiny: stav vozovky, stav brzd, zatížení vozidla, jízdní manévr a pneumatiky (např. příliš nízký tlak vzduchu v pneumatikách, ojetý profil),
- regulátor: snímače otáček a řídící jednotka ABS,
- regulační veličiny: úhlové zpomalení resp. zrychlení kola a brzdný skluz, které jsou odvozeny z otáček kol,
- řídící veličina: tlak na brzdový pedál (řidičem zadáný brzdný tlak),
- akční veličina: brzdný tlak.

Obr. 3 Regulační obvod ABS

1 hydraulická jednotka s elektromagnetickými ventily, 2 hlavní brzdový válec, 3 kolový brzdový váleček, 4 řídící jednotka, 5 snímač otáček



Zpracování jednotlivých regulačních veličin závisí od toho, jsou-li např. kola spojena s motorem nebo ne, nebo je-li povrch vozovky drsný nebo hladký. U určitých provedení ABS se zohledňuje působení stáčivého momentu (při brzdění na vozovce s nestejným součinitelem adheze v příčném směru), zejména u malých osobních vozidel nebo zvláštní podmínky u vozidel s pohonem všech kol.

## Provedení

U provedení ABS 2S, osvědčeného od roku 1978, jsou hydraulická jednotka a řídící jednotka konstrukčně odděleny. 3-kanálová hydraulická jednotka pro rozdělení na přední a zadní nápravu obsahuje čerpadlo pro zpětnou dodávku (hnane elektromotorem) a tři 3/3 elektromagnetické ventily<sup>1</sup> ), u kterých kromě bezproudového stavu "zvýšení tlaku" se dvěma proudovými hodnotami dosahují stavy "zachování tlaku" a "snížení tlaku". Při rozdělení brzdového okruhu na přední a zadní nápravu přebírá jeden jediný elektromagnetický ventil regulaci zadních kol; při diagonálním rozdělení jsou k tomu potřebné dva elektromagnetické ventily, protože každé kolo je přiřazeno jednomu brzdovému okruhu.

Provedení ABS 5.0 je dalším vývojovým krokem systému ABS 2S. Zatímco systém ABS 2S pracuje s elektromagnetickými ventily 3/3, je systém ABS 5.0 vybaven elektromagnetickými ventily 2/2. Při rozdělení brzdového okruhu jsou ABS 5.0 a ABS 2S shodné.

Provedení ABS 5.3, při kterém hydraulická jednotka a řídící jednotka tvoří jednu konstrukční jednotku, je koncipováno pro vozidla s menšími brzdovými systémy a při shodném funkčním rozsahu jako ABS 5.0 má podstatně nižší konstrukční velikost.

1) První číslo udává počet hydraulických přípojek, druhé číslo udává počet spínacích poloh

# Regulace prokluzu ASR

## Úloha

Kritické jízdní situace (např. přetáčivost) vznikají nejen při brzdění, ale i při rozjezdu a akceleraci, zvláště na zledovatělé vozovce do svahu nebo při průjezdu zatáčkou. Takové situace mohou být nad síly řidiče a následkem jsou chybné reakce.

Tyto situace se mohou zvládat pomocí protiprokluzového systému ASR. Tento systém přibrzdí poháněné kolo se sklonem k prokluzování (nebo při pochodu všech kol příslušná kola se sklonem k prokluzování) a/nebo přizpůsobí včas točivý moment motoru hnacímu momentu přenesitelnému na vozovku a zabezpečí stabilitu vozidla.

Systém ASR je rozšířením protiblokovacího systému ABS. Odlehčuje zatížení řidiče a při akceleraci zabezpečuje řiditelnost vozidla (za předpokladu nepřekročení fyzikálních hranic).

## Konstrukce

Systém ASR využívá stejné komponenty

jako ABS, které jsou zčásti doplněny o některé funkce (obr. 4):

### Snímače otáček

Snímače otáček předávají signál řídicí jednotce, která zjistí obvodové rychlosti kol.

### Řídicí jednotka

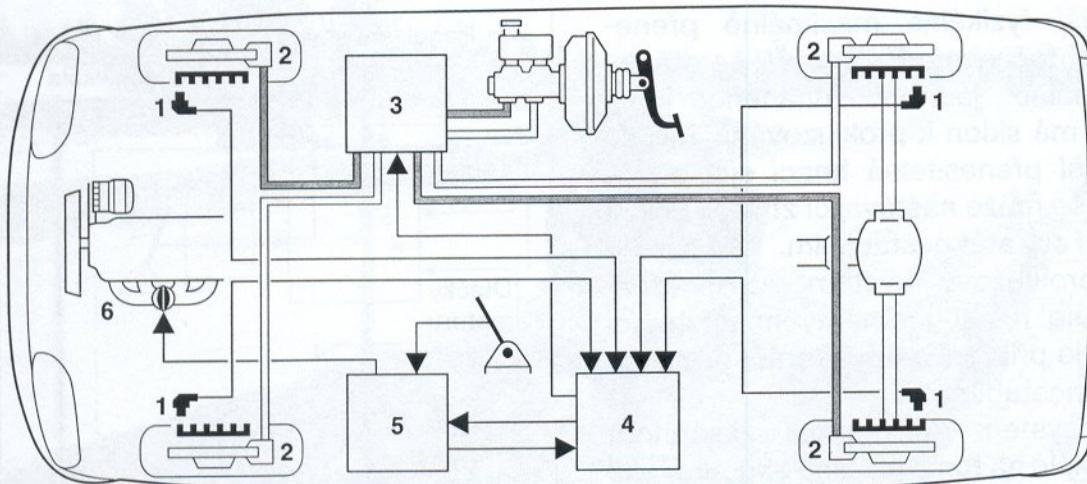
Řídicí jednotka ABS je rozšířená o část pro systém ASR. Jako u ABS zachycuje vstupní obvod řídicí jednotky signály od snímačů otáček kol. Z nich se vypočítává skluz jednotlivých kol. Když je skluz na jednom z hnaných kol příliš velký, aktivuje se regulace ASR. Signály jsou zpracovávány ve dvou paralelně pracujících mikroprocesorech. Ve výstupním obvodu se proměňují na regulaci příkazy pro elektromagnetické ventily a čerpadlo v hydraulickém agregátu, které způsobí regulaci brzdného momentu. Dodatečným rozhraním se přenášejí informace do řídicí jednotky pro management motoru (Motronic).

### Hydraulická jednotka

Hydraulická jednotka ABS je rozšířena o část ASR. Provádí příkazy řídicí jednotky a ovládá, nezávisle na řidiči, pomocí elektromagnetických ventilů příslušný hydraulický tlak v brzdách kol.

Obr. 4 Regulace prokluzu se zásahy do brzdové soustavy a do polohy škrticí klapky

1 snímače otáček, 2 brzdy kol, 3 hydraulická jednotka ABS/ASR, 4 řídicí jednotka ABS/ASR, 5 řídicí jednotka Motronic, 6 škrticí klapka.



UFB0605Y

Během regulačního procesu s ASR přepíná přídavný přepínač ventil normální režim brzdění na režim s ASR. Čerpadlo ABS pro zpětnou dodávku nasaje z hlavního brzdového válce brzdovou kapalinu a vytváří systémový tlak ASR. Tím může bez zásahu řidiče působit brzdný tlak na brzdové válečky hnancích kol.

### Brzdy kol

Hydraulickou jednotkou přenášený brzdný tlak působí v brzdcích kol jako rozpínací síla pro přitlačení brzdových obložení na brzdové bubny resp. brzdové kotouče.

## Princip činnosti

Systém regulace prokluzu ASR reguluje při sklonu hnacích kol k prokluzu dopředný pohyb vozidla v závislosti na skluzu kola a úhlovém zrychlení resp. zpomalení kola. Tento velmi pružný systém, který dovoluje přestavbu bez změn na základním brzdovém systému s ABS, pracuje následujícím způsobem.

Během jízdy snímají snímače otáček signály na všech čtyřech kolech, které posílají do řídicí jednotky. Když řidič sešlápnne akcelerační pedál, stoupá točivý moment motoru a zvýší se hnací moment. Pokud tento zvýšený moment může být úplně přenášen na povrch vozovky, může vozidlo bez překážky zrychlovat. Když ale hnací moment převýší fyzikálně maximálně přenositelný točivý moment, zvýší se otáčky minimálně jednoho hnancího kola, které má sklon k prokluzování. Tím se zmenší přenesitelná hnací síla a vozidlo se může nastávající ztrátou boční vodicí síly stát nestabilním. Aktivuje se protiprokluzový systém ASR, který reguluje hnací momenty hnacích kol resp. je přibrzdí a tím zabrání prokluzu resp. nestabilitě.

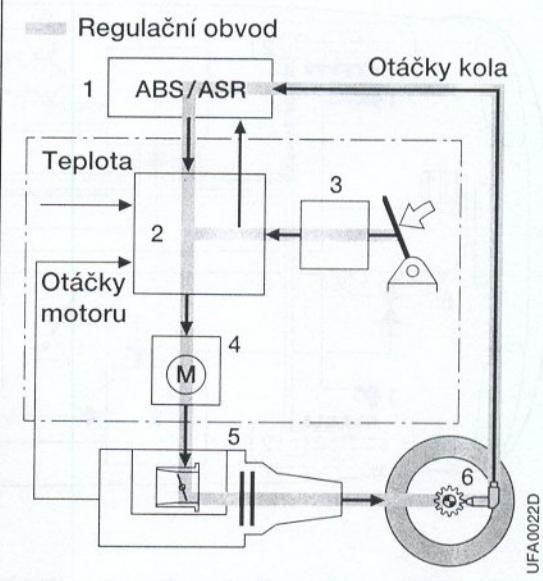
Aby systém ASR mohl zasáhnout nezávisle na tom, jak silně stlačuje řidič pedál akcelerátoru, musí místo mechanického spojení mezi pedálem akcelerátoru a škrticí klapkou u záže-

hového motoru nebo pedálem akcelerátoru a vstřikovacím čerpadlem vznětového motoru, vstupovat do činnosti "elektronický akcelerační pedál" („Elektronisches Gaspedal“ ve zkratce "EGAS"). EGAS zpracuje regulační pokyny ze systému ASR s vyšší prioritou než zadání řidiče.

Poloha akceleračního pedálu se pomocí snímače pedálu převádí na elektrický signál, který se v řídicí jednotce pro EGAS nebo v řídicí jednotce pro Motronic s integrovaným EGAS převede s přihlédnutím na předprogramované veličiny a signály jiných snímačů (např. teplota, otáčky motoru) na řídicí napětí pro elektrický přestavovací motorek. Tento přestavovací motorek pohybuje škrticí klapkou zážehového motoru nebo regulační tyčí vstřikovacího čerpadla vznětového motoru a ovlivňuje tak jeho hnací moment (obr. 5). Když řídicí jednotka rozpozná z přijímaných signálů snímačů významnou odchylku požadované obvodové rychlosti kola, tak se kolo se sklonem k prokluzu přibrzdí bez zásahu řidiče. Paralelně k tomu zasáhne např. řídicí

Obr. 5 Elektronické řízení výkonu motoru EGAS pro ASR

- 1 řídicí jednotka ABS/ASR
- 2 řídicí jednotka Motronic s EGAS
- 3 snímač akceleračního pedálu
- 4 nastavovací motorek
- 5 škrticí klapka (nebo vstřikovací čerpadlo)
- 6 snímač otáček



jednotka Motronic elektronickým nastavovačem škrticí klapky, aby se snížil přebytečný hnací moment. Systém ASR reguluje prokluz hnacích kol na optimální hodnotu. Modulace brzdového tlaku (zvýšení tlaku, zachování tlaku, snížení tlaku) v brzdových válečcích kol řídí přibrzdění kola se sklonem k prokluzu pomocí ventilů ABS a přídavnými ventily hydraulické jednotky. Řízení hnacího momentu probíhá u vozidel se zážehovým motorem přes řídící jednotku pro EGAS resp. pro Motronic s integrovaným EGAS. Reguluje se:

- poloha škrticí klapky (přestavení s EGAS),
- zapalovací soustava (změna okamžiku zážehu systémem Motronic),
- systém vstřikování (potlačení jednotlivých vstřikovacích a zapalovacích signálů systémem Motronic).

U vozidel se vznětovým motorem se hnací moment ovlivňuje zásahem regulátoru vstřikovacího čerpadla (redukce vstřikovaného množství).

ASR je možné doplnit o regulaci brzdového momentu motoru MSR. Při řazení dolů nebo při prudkém uvolnění akce-

leračního pedálu na hladké vozovce mohou hnací kola vlivem brzdného účinku motoru vykazovat příliš vysoký brzdný skluz. Systém MSR zvýší točivý moment motoru mírným přidáním plynu, aby se při brzdění hnaných kol motorem ovlivnila jízdní stabilita vozidla pouze v přípustné míře.

## Provedení

Provedení jednotky ABS/ASR je závislé na druhu pohonu vozidla (zážehový nebo vznětový motor) a na druhu zvoleného regulačního zásahu na brzdy, škrticí klapku, zapalování a/nebo vstřikování.

ASR2 se skládá ze základního modulu ABS2 s elektromagnetickými ventilami 3/3<sup>1)</sup>, a systému ASR s přídavným přepínacím ventilem 3/3. Typová řada ASR5 je založena na stavebnicovém systému ABS5 se vstupními a výstupními ventilami 2/2 a je doplněna o 2/2 násavací a přepínací ventily.

<sup>1)</sup> První číslo udává počet hydraulických připojek, druhé číslo udává počet spínacích poloh.

Obr. 6 Zimní testování systému ABS/ASR v severním Švédsku při rozdílných součinitelích přilnavosti mezi levými a pravými koly ( $\mu$ -split)



# Regulace jízdní dynamiky ESP

...vývoj nových vozidel řídí všechny výrobce zároveň vlastní výrobní procesy, které jež využívají v osobní...

## Mezní jízdní stavy

Čtenář se v tomto okamžiku může spontánně ptát: "Co je hlavní novinkou regulace jízdní dynamiky? Co je zvláštního na tomto systému? Jaké jsou zvláštní vlastnosti tohoto systému a jak systém zmenšuje riziko smyku nebo jak nový systém "čelí" nestabilní a proto nebezpečné jízdní situaci".

Regulace jízdní dynamiky je systém, který využívá brzdovou soustavu vozidla pro "řízení" vozidla. Vlastní úloha kolových brzd, tj. zpozdit nebo zastavit vozidlo, ustupují u aktivní regulace jízdní dynamiky úloze, aby vozidlo bylo za všech okolností stabilní a udržovalo jízdní stopu. Cílené brzdění jednotlivých kol, např. brzdění levého zadního kola při nedotáčivosti nebo pravého předního kola při přetáčivosti (obr. 1 a 2), přispívá k tomu, aby se

tento cíl co nejlépe splnil. K tomu účelu může ESP určitými zásahy motoru také zrychlit hnací kola, aby se tak zaručila stabilita vozidla.

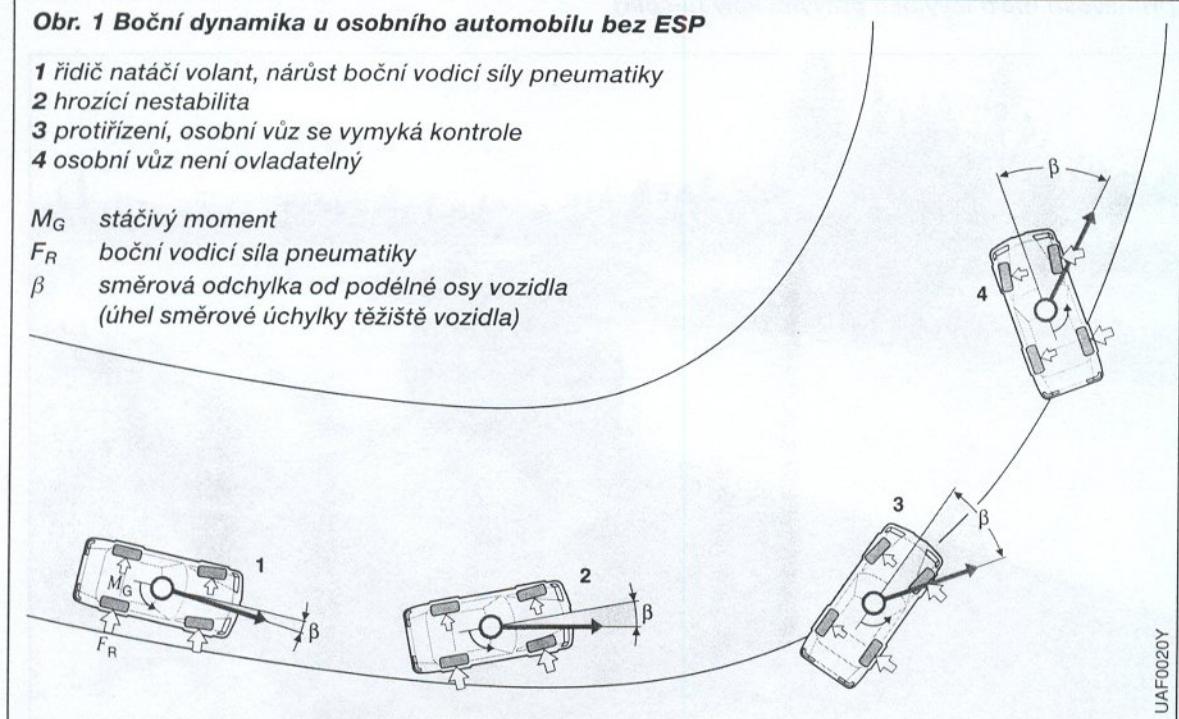
Touto "individuální regulací" je vozidlo "řiditelné" tím, že se brzdí jednotlivá kola (selektivní brzdění), nebo se urychlují hnací kola. ESP zmenšuje v kritických situacích nebezpečí kolize nebo překlopení vozidla; vybočení nebo sjetí s vozovky je zamezeno v rámci fyzikálních mezí. Tím může být cíleně podporován řidič automobilu a bezpečnost silničního provozu se může zvýšit.

Pro porovnání jízdních vlastností v mezní situaci vozidla s ESP a vozidla bez ESP jsou dále uvedeny čtyři příklady. Každý ze čtyř znázorněných jízdních manévrů byl po předcházejících jízdních zkouškách simulován simulačním programem. Další jízdní zkoušky výsledky potvrdily.

Obr. 1 Boční dynamika u osobního automobilu bez ESP

- 1 řidič natáčí volant, nárůst boční vodicí síly pneumatiky
- 2 hrozící nestabilita
- 3 protiřízení, osobní vůz se vymyká kontrole
- 4 osobní vůz není ovladatelný

- $M_G$  stáčivý moment  
 $F_R$  boční vodicí síla pneumatiky  
 $\beta$  směrová odchylka od podélné osy vozidla (úhel směrové úchytky těžiště vozidla)



## Rychlé řízení a protiřízení

Taková jízdní situace vzniká v každodenní dopravě velmi často. Lze ji porovnat se změnou jízdního pruhu nebo rychlým řídicím manévrem,

- jaký může vzniknout při příliš rychlém vjezdu do série úzkých zatáček,
- jaký se může provádět při náhle se vynořené překážce na silnici s provozem v obou směrech,
- jaký se musí provádět při náhle přerušeném přejíždění na dálnici.

Obr. 3 a 4 znázorňují jízdní chování dvou vozidel (s a bez ESP) při projíždění kombinace levých a pravých zatáček při rychlém řízení a protiřízení

- na drsné vozovce ( $\mu_{HF} = 1$ ),
- bez řidičova brzdění,
- počáteční rychlosť 144 km/h.

Nejdříve se obě vozidla chovají stejně. Se stejnými předpoklady přijíždějí ke sledu zatáček. Řidiči začínají řídit (fáze 1).

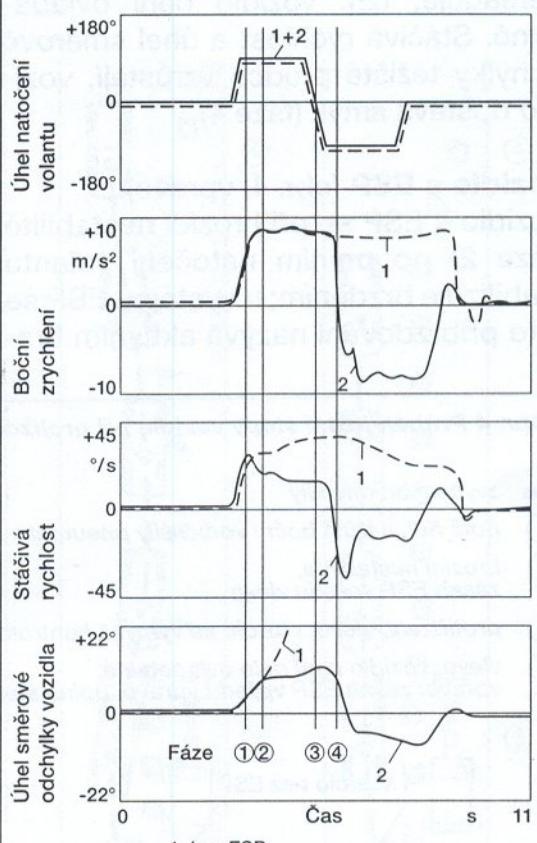
### Vozidlo bez ESP (obr. 4, vlevo)

Již po prvním škubnutí volantem hrozí vozidlu bez ESP ztráta stability (fáze 2). Na předních kolech náhle vzniknou natáčením volantu velmi velké boční síly, zatímco na zadních kolech se boční

Obr. 3 Časový průběh dynamických veličin vozidla při projíždění pravé a následující levé zatáčky

1 vozidlo bez ESP

2 vozidlo s ESP



UAF0061D

### Obr. 2 Boční dynamika u osobního automobilu s ESP

1 řidič natáčí volant, nárůst boční vodicí síly pneumatiky

2 hrozící nestabilita, zásah ESP vpředu vpravo

3 osobní vozidlo zůstává pod kontrolou

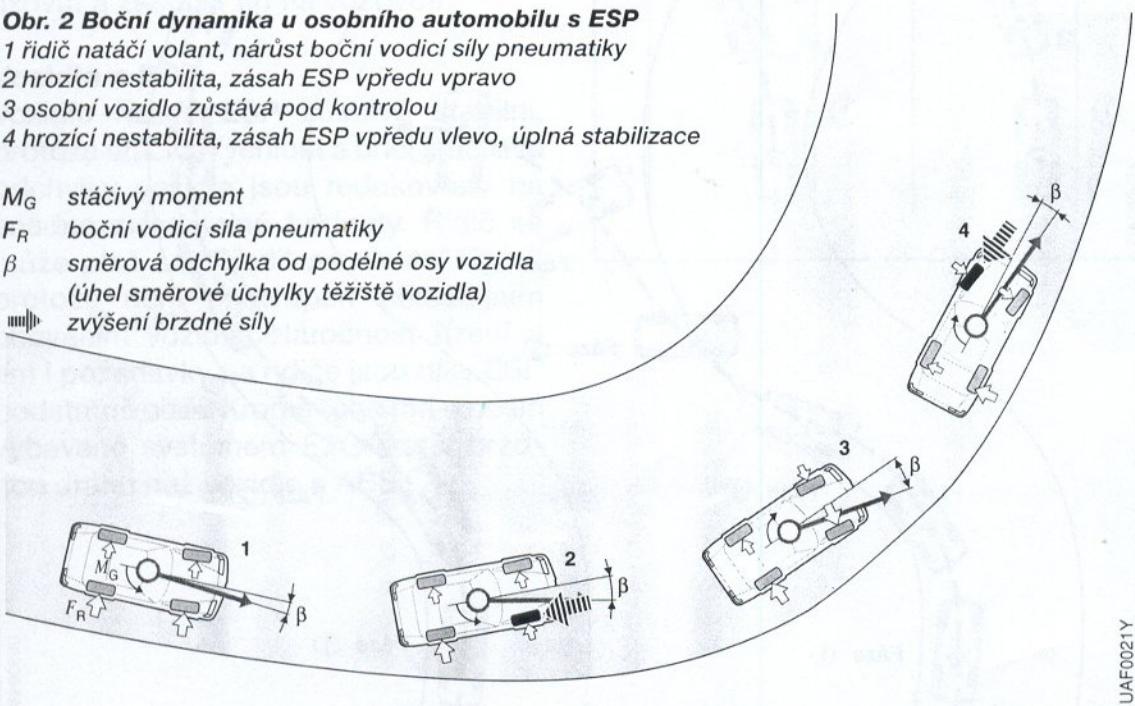
4 hrozící nestabilita, zásah ESP vpředu vlevo, úplná stabilizace

$M_G$  stáčivý moment

$F_R$  boční vodicí síla pneumatiky

$\beta$  směrová odchylka od podélné osy vozidla  
(úhel směrové úchytky těžiště vozidla)

zvýšení brzdné síly



UAF0021Y

síly vytvoří se zpožděním. Vozidlo se otáčí doprava kolem své svislé osy (stáčivý moment působící směrem do zatáčky). Na protiřízení (druhé natočení volantu, fáze 3) neregulované vozidlo nereaguje, tzn. vozidlo není ovladatelné. Stáčivá rychlosť a úhel směrové úchylky těžiště prudce vzrůstají, vozidlo dostává smyk (fáze 4).

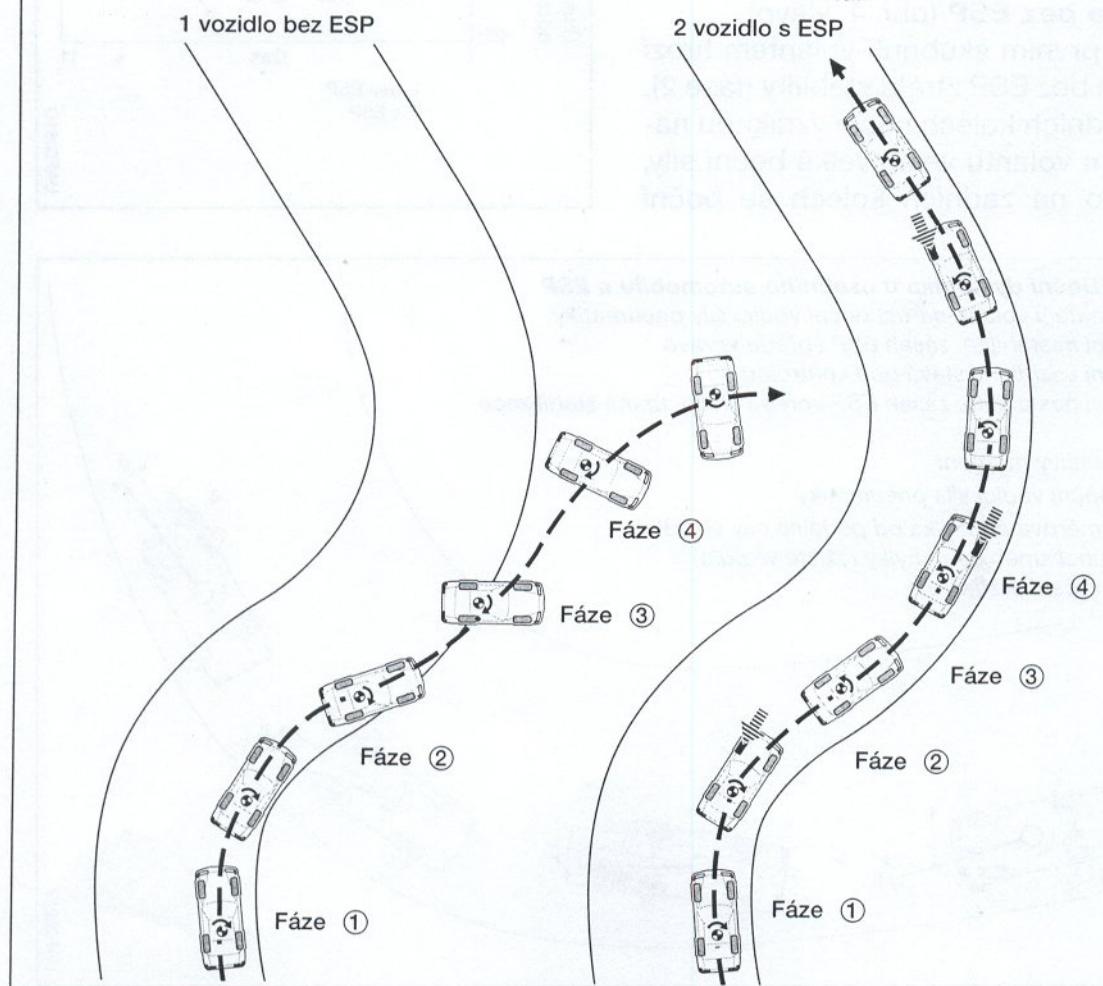
#### Vozidlo s ESP (obr. 4, vpravo)

Vozidlo s ESP se při hrozící nestabilitě (fáze 2) po prvním natočení volantu stabilizuje brzděním; u systému ESP se toto přibrzdování nazývá aktivním brz-

děním, protože se to děje bez působení řidiče. Brzdicím zásahem vzniká stáčivý moment působící směrem ze zatáčky. Zmenší se stáčivá rychlosť a omezí se nárůst úhlu směrové úchylky vozidla. Po protiřízení nejdříve mění směr účinku stáčivý moment a potom stáčivá rychlosť. Další krátký brzdný zásah ve fázi 4 na pravém předním kole vede k úplné stabilizaci. Vozidlo sleduje jízdní stopu, která byla zadána úhlem natočení volantu.

Obr. 4 Průběh jízdní stopy vozidla při projíždění pravé a následující levé zatáčky

- zvýšení brzdné síly
- ① řidič řídí, nárůst boční vodicí síly pneumatiky
- ② hrozící nestabilita, zásah ESP vpředu vlevo
- ③ protiřízení, vlevo: vozidlo se vymyká kontrole, vpravo: vozidlo zůstává pod kontrolou
- ④ vlevo: vozidlo není dále ovladatelné, vpravo: zásah ESP vpředu vpravo, úplná stabilizace



# Změna jízdního pruhu kombinovaná s plným brzděním

Pokud se stojící vozidlo nachází za vrcholkem stoupání, je možno nebezpečnou situaci rozeznat velmi pozdě. Nestačí-li nyní plné brzdění k tomu, aby vozidlo včas zastavilo, musí řidič navíc změnit jízdní stopu, aby zabránil kolizi.

Obr. 5 a 6 ukazují výsledky takového vyhýbacího manévrku dvou vozidel:

- vozidlo s protiblokovacím systémem ABS,
- vozidlo s regulací jízdní dynamiky ESP, přičemž obě vozidla se pohybují počáteční rychlostí 50 km/h
- na kluzké vozovce ( $\mu_{HF} = 0,15$ ).

## Vozidlo s ABS, ale bez ESP

(obr. 5, vlevo)

Již po prvním natočení volantu jsou úhel směrové úchylky vozidla a stáčivá rychlosť tak velké, že řidič musí protiřídit. Tímto řidičovým zásahem vznikne směrová úchylka vozidla v opačném smyslu (úhel směrové úchylky těžiště mění znaménko), a její velikost rychle roste. Řidič je nucen k rychlému protiřízení. Podaří se mu vozidlo ještě stabilizovat a zastavit ho na vozovce.

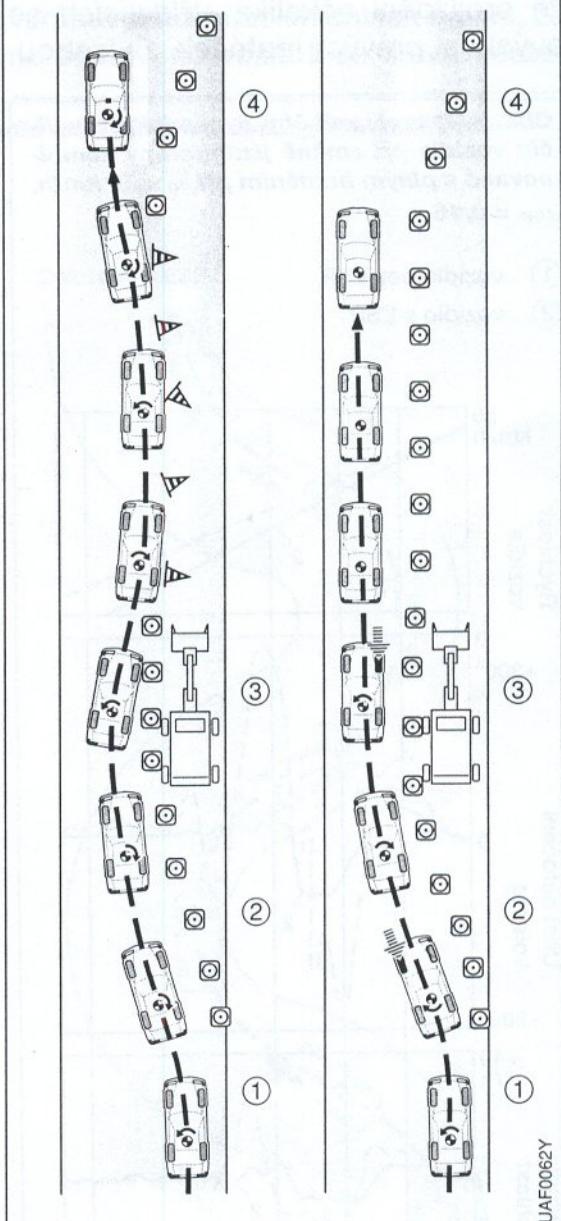
## Vozidlo s ESP

Vozidlo řízené ESP zůstává stabilní, protože stáčivá rychlosť a úhel směrové odchylky vozidla jsou redukovány na snadno zvladatelné hodnoty. Řidič se může plně soustředit na vlastní řízení, protože není překvapen nestabilním chováním vozidla. Náročnost řízení a tím i požadavky na řidiče jsou díky ESP podstatně nižší. Kromě toho má vozidlo vybavené systémem ESP kratší brzdou dráhu než vozidlo s ABS.

Obr. 5 Změna jízdní stopy kombinovaná s plným brzděním při  $v_0 = 50 \text{ km/h}$ ,  $\mu_{HF} = 0,15$

■■■■ zvýšení brzdné síly

① vozidlo bez ESP    ② vozidlo s ESP



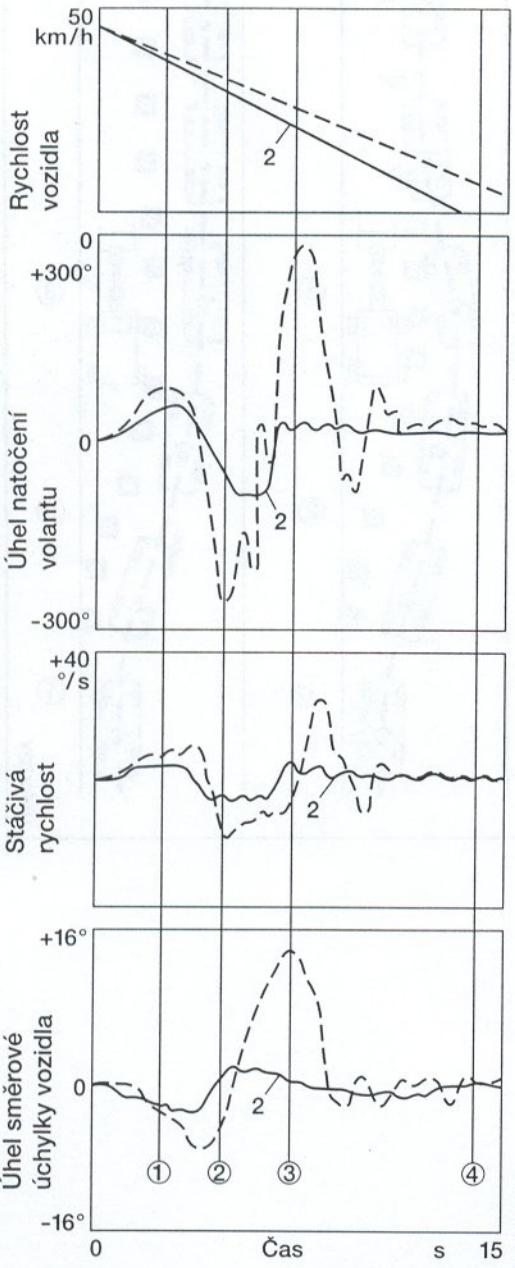
## Několikanásobné řízení a protiřízení se vzrůstajícím natočením volantu

Při projízdění několika střídajících se levých a pravých zatáček za sebou,

např. na klikaté silnici, se vozidlo po-  
hybuje jako při slalomovém manévr.  
Natáčí-li se při takovém jízdním ma-  
névr volant v každé další zatáčce ještě  
silněji než v předchozí (úhel natočení  
volantu pokaždé vzroste), tak je to  
k prospěchu pro celkovou příčnou dy-  
namiku vozidla a jízdního manévr.  
Tato příčná dynamika plně zvýrazňuje

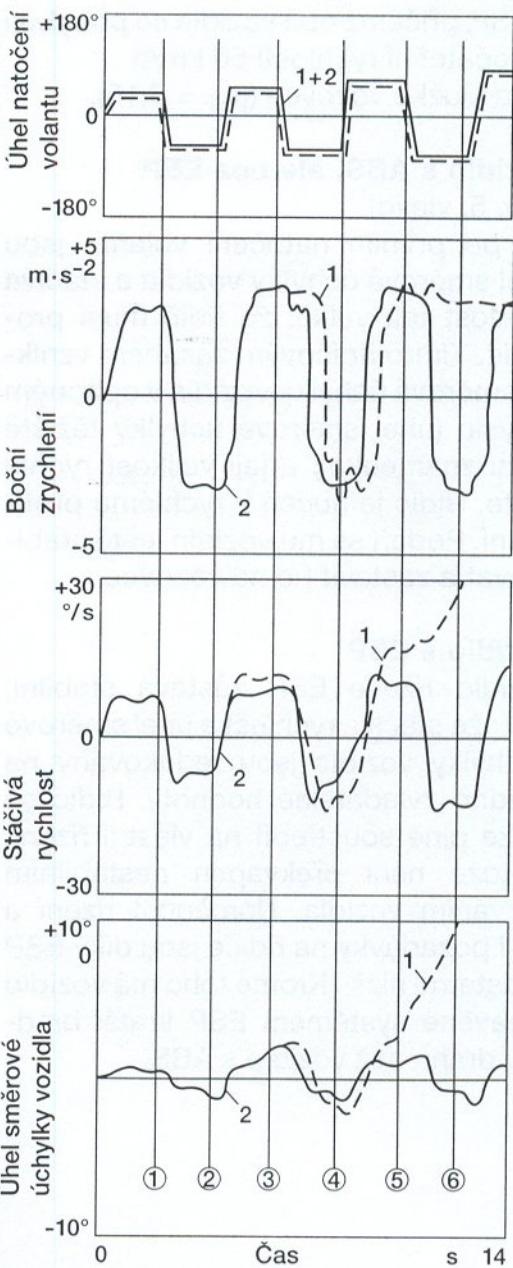
Obr. 6 Časové průběhy dynamických veličin vozidla při změně jízdní stopy kombinované s plným brzděním při  $v_0 = 50 \text{ km/h}$ ,  $\mu_{HF} = 0,15$

- ① vozidlo bez ESP
- ② vozidlo s ESP



Obr. 7 Časové průběhy dynamických veličin vozidla při rychlém řízení a protiřízení s rostoucím úhlem natočení volantu

- ① vozidlo bez ESP
- ② vozidlo s ESP



**účinek regulace ESP.**

Obr. 7 a 8 ukazují jízdní chování dvou vozidel (jednou s ESP a jednou bez) u takové jízdy

- na zasněžené silnici ( $\mu_{HF} = 0,45$ ),
- bez brzdicího zásahu řidiče,
- při konstantní rychlosti 72 km/h.

**Vozidlo bez ESP (obr. 8, vlevo)**

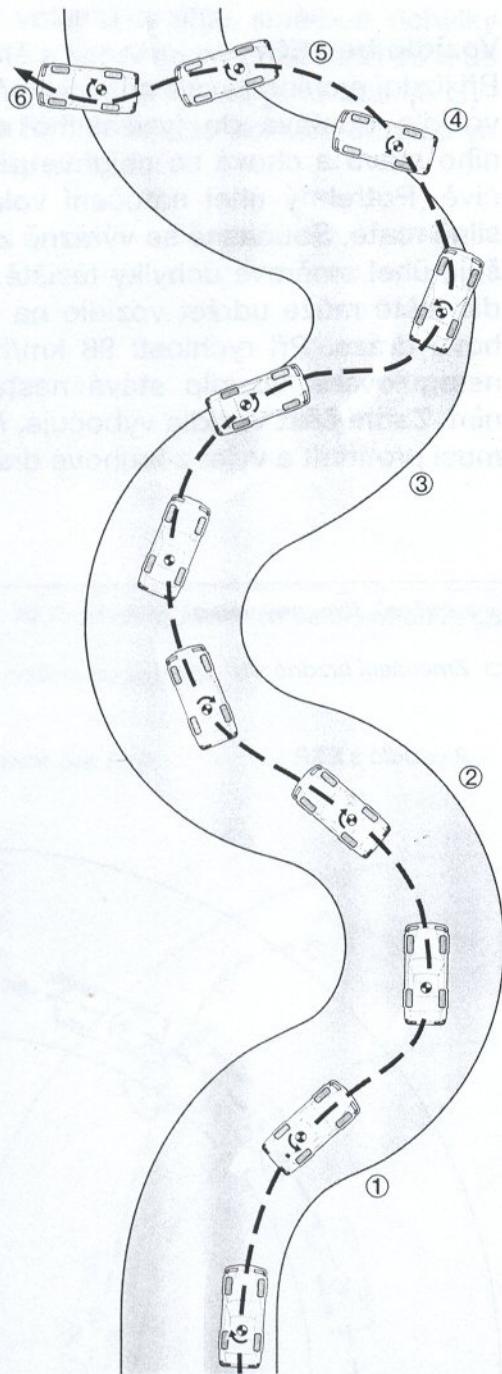
Pokud se má na takové dráze udržet konstantní rychlosť, musí se výkon motoru plynule zvyšovat,

Tím zároveň stále roste skluz na hnacích kolech. Při řízení a protiřízení s úhlem natočení volantu od  $40^\circ$  vzrůstá skluz hnacích kol tak rychle, že neregulované vozidlo se stává nestá-

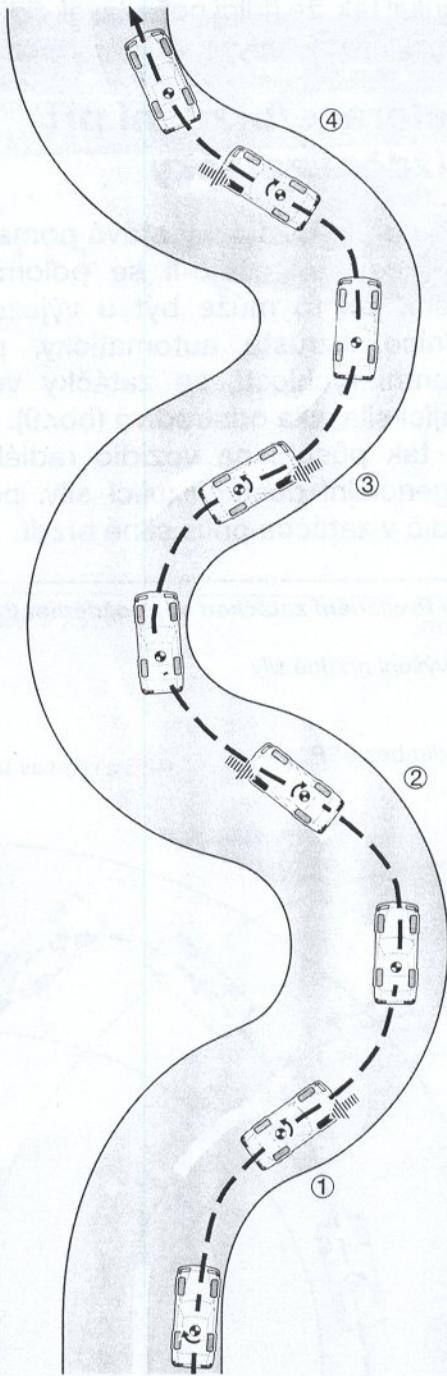
**Obr. 8 Časové průběhy dynamických veličin vozidla při rychlém řízení a protiřízení s roztočícím úhlem natočení volantu**

■■■ zvýšení brzdné sily

1 Vozidlo bez ESP



2 Vozidlo s ESP



bilním. Při další změně do opačného směru již vozidlo nereaguje a dostává smyk. Úhel směrové úchylky těžiště a stáčivá rychlosť silně vzrůstají při téměř konstantním bočním zrychlení.

### Vozidlo s ESP (obr. 8, vpravo)

Regulace jízdní dynamiky ESP zasahuje velmi brzo při změně řízení a protiřízení, protože již na počátku hrozí nestabilita. Vedle motorických opatření se individuálně brzdí všechna čtyři kola. Vozidlo zůstává stabilní a dále sleduje řídící pohyby. Úhel směrové úchylky těžiště a vznikající stáčivá rychlosť se regulují tak, že řídící požadavek řidiče je realizován podle fyzikálních možností.

## Akcelerace/brzdění při projíždění zatáčky

Když se průběh zatáčky stává pomalu "užší", tedy zmenšuje-li se poloměr zatáčení, jak to může být u výjezdu z dálnice, vzrůstá automaticky, při konstantní rychlosti, ze zatáčky ven směrující síla, síla odstředivá (obr.9).

Právě tak působí na vozidlo radiální a tangenciální destabilizující síly, pokud řidič v zatáčce příliš silně brzdí.

To platí rovněž u sportovního způsobu jízdy, také pro příliš vysoká zrychlení při výjezdu ze zatáčky, což má fyzikálně stejný efekt, jako výše popsané jízdní situace (obr. 10).

Jízdní chování při akceleraci v zatáčce se reprodukuje při jízdních zkouškách testem na kruhové dráze (kvazistacionární kruhová jízda).

Ridič se snaží udržovat vozidlo až do mezního stavu na kruhové dráze o poloměru 100 m, přičemž

- vozovka je drsná ( $\mu_{HF} = 1,0$ ) a
- rychlosť pomalu vzrůstá.

### Vozidlo bez ESP

Při jízdní rychlosti vyšší než 95 km/h se vozidlo dostává do fyzikálního mezního stavu a chová se nejdříve přetáčivě. Potřebný úhel natočení volantu silně roste. Současně se výrazně zvětšuje úhel směrové úchylky těžiště. Ridič ještě může udržet vozidlo na kruhové dráze. Při rychlosti 98 km/h se neregulované vozidlo stává nestabilním. Zadní část vozidla vybočuje, řidič musí protiřídit a vyjet z kruhové dráhy.

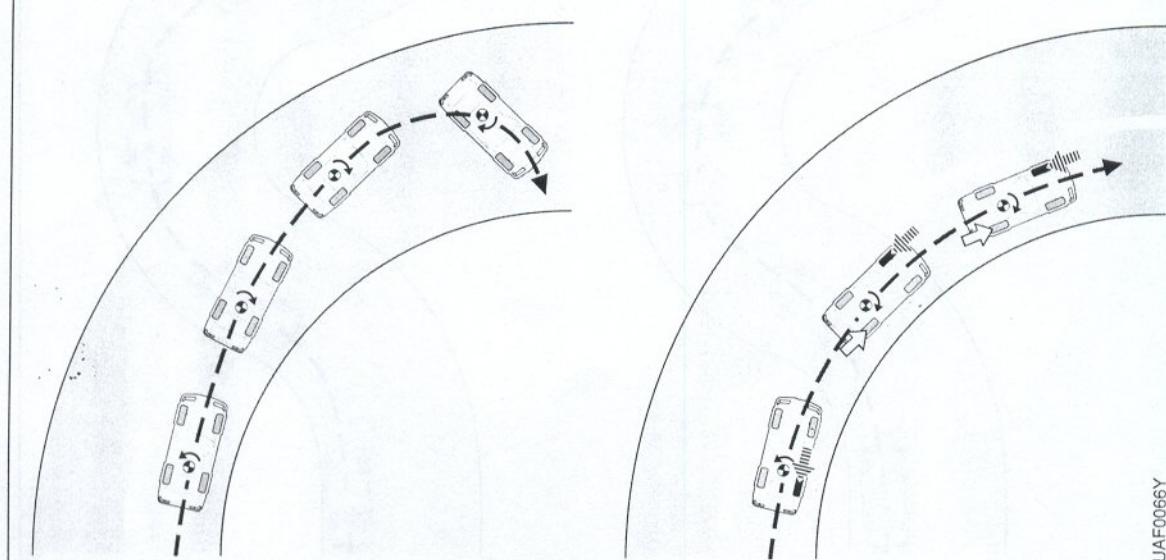
Obr. 9 Projíždění zatáčkou se zpožděním (brzdění v zatáčce), fixovaný volant

■■■ Zvýšení brzdné síly

1 vozidlo bez ESP

◀ Zmenšení brzdné síly

2 vozidlo s ESP

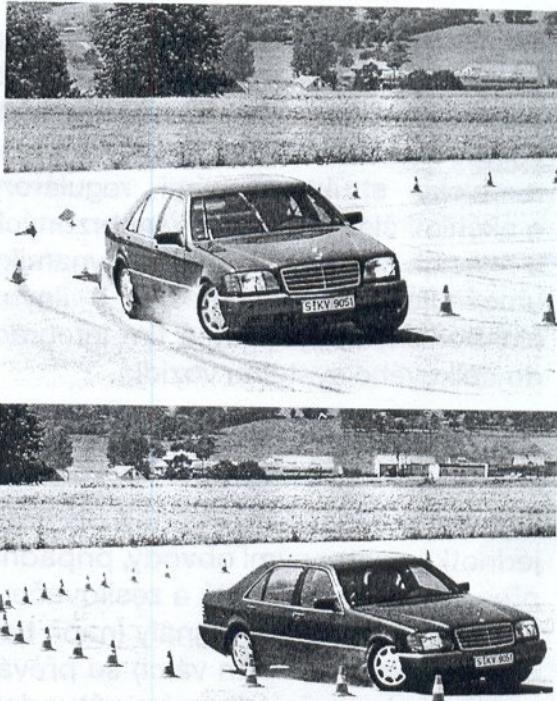


## Vozidlo s ESP

Regulované vozidlo se chová až do rychlosti 95 km/h stejně jako vozidlo neregulované. Požadavek řidiče na další zvýšení rychlosti není však systémem ESP akceptován, protože vozidlo se již nachází na mezi stability. Aktivní zásahy motoru a kolových brzd zajistí, že se úhel natočení volantu nemusí zvětšovat a úhel směrové úchylky těžiště vozidla se dále nezvětšuje. Tím vznikají menší odchylky od zadaného směru, které řidič příslušnými řídícími pohyby koriguje. Řidič je tedy vtažen do regulačního obvodu. Kolísání úhlu natočení volantu a úhlu směrové úchylky těžiště a konečná rychlosť mezi 95 a 98 km/h závisí také na jeho reakci. Systém ESP však tato kolísání udržuje ve stabilní oblasti.

**Obr. 11**

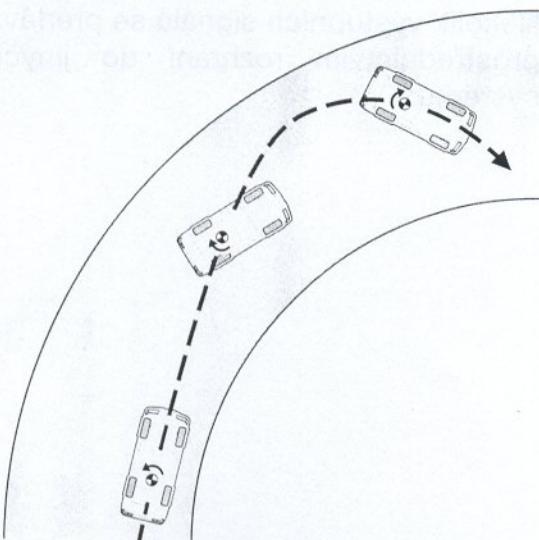
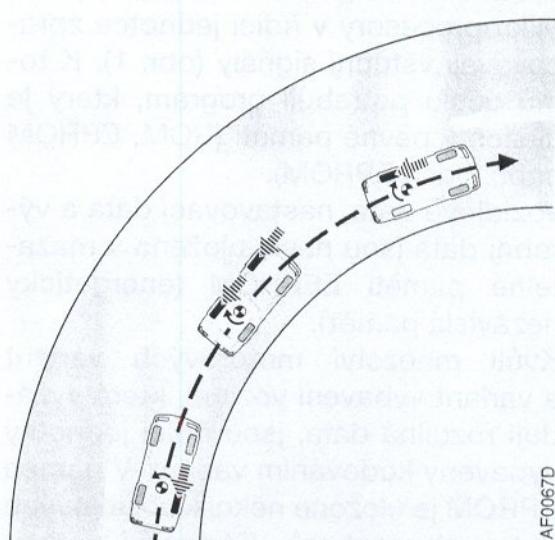
Nahoře: vozidlo bez ESP dostává smyk  
Dole: vozidlo s ESP dodržuje jízdní stopu



## Význam inercie

**Obr. 10 Projíždění zatáčkou se zrychlením (akcelerace v zatáčce),**

■■■■■ zvýšení brzdné sily

**1 vozidlo bez ESP****2 vozidlo s ESP**

# Zpracování dat

## Přehled systému

Regulační systém ESP je založen na osvědčených komponentech ABS/ASR. Zahrnuje snímače k určení vstupních veličin regulátoru, řídicí jednotku s hierarchicky strukturovanými regulátory a akčními členy k ovlivňování brzdných a hnacích sil. Regulace jízdní dynamiky umožňuje také výměnu dat s jinými elektronickými systémy a tím integraci do celkového systému vozidla.

## Vstupní signály

Signály snímačů se přivádějí do řídicí jednotky ochrannými obvody, případně přes převodníky signálů a zesilovače:

- Analogové vstupní signály (např. tlak v hlavním brzdrovém válci) se převádějí analogově číslicovým převodníkem A/D v mikroprocesoru řídicí jednotky na digitální hodnoty.
- Digitální vstupní signály (např. úhel natočení volantu) mohou být přímo zpracovávány mikroprocesorem.
- Signál indukčního snímače otáček kola se upravuje v části obvodu řídicí jednotky, aby se potlačily rušivé impulsy a získal se obdélníkový signál.

Podle stupně integrace může úprava signálu probíhat částečně nebo také úplně již ve snímači.

### Zpracování signálu v řídicí jednotce

Mikroprocesory v řídicí jednotce zpracovávají vstupní signály (obr. 1). K tomu účelu potřebují program, který je uložen v pevné paměti (ROM, EPROM nebo Flash EPROM).

Vozidlová data, nastavovací data a výrobní data jsou navíc uložena v mazatelné paměti EEPROM (energeticky nezávislá paměť).

Kvůli množství motorových variant a variant vybavení vozidel, která vyžadují rozdílná data, jsou řídicí jednotky vybaveny kódováním variant. V paměti EPROM je uloženo několik vozidlových datových souborů. Kódování variant

vybírá správný datový soubor. Informaci, který datový soubor programu se má zpřístupnit, dostává řídicí jednotka ESP datovou sběrnicí CAN-Bus z jiné řídicí jednotky nebo z paměti EEPROM. U kódování EEPROM se mazatelná paměť EEPROM programuje diagnostickým testerem (u výrobce vozidla nebo v servisu).

Kódováním variant se zmenšuje množství typů řídicích jednotek, které potřebuje výrobce vozidel. Mazatelná paměť RAM (energeticky závislá paměť s přímým přístupem) je nutná pro ukládání variabilních dat, jako jsou počítané hodnoty a případně vzniklé poruchy v celkovém systému (vlastní diagnostika). Operační paměť RAM vyžaduje pro svoji činnost trvalé napájení. Při odpojení svorek akumulátoru vozidla ztratí tato paměť celý soubor dat. Adaptační hodnoty (naučené hodnoty, které se zohledňují v programu) by se musely v tomto případě znova určit. Aby se tomu zabránilo, ukládají se potřebné adapční hodnoty místo do paměti RAM do energeticky nezávislé paměti EEPROM.

## Výstupní signály

Mikroprocesory řídí výstupními signály koncové stupně, které dodávají dostačující výkon pro přímé připojení akčních členů. Tyto koncové stupně jsou chráněny proti zkratu s kostrou, kolísání napětí akumulátoru nebo proti poškození vlivem elektrického přetížení. Několik výstupních signálů se předává prostřednictvím rozhraní do jiných systémů.

# Přenos dat do jiných systémů

## Přehled systému

Častější zavádění elektronických řídících a regulačních systémů do vozidel, jako např.

- regulace jízdní dynamiky,
- elektronické řízení motoru,
- elektronický imobilizér,
- palubní počítač aj.

vyžaduje vzájemné propojení (zasítování) těchto jednotlivých řídicích jednotek. Výměna informací mezi systémy snižuje počet snímačů a zlepšuje využívání jednotlivých systémů.

Rozhraní komunikačních systémů, které byly vyvinuty speciálně pro vozidla, je možno rozdělit do dvou kategorií:

- konvenční rozhraní,
- sériová rozhraní, např. CAN (Controller Area Network).

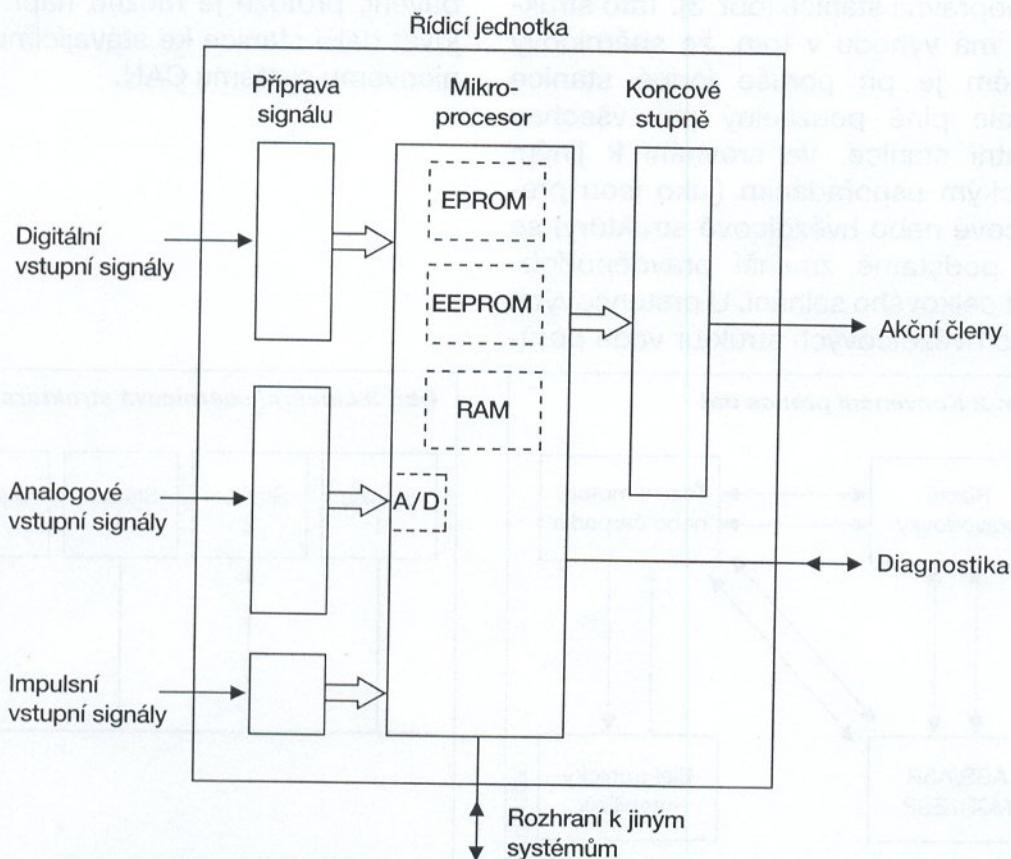
## Konvenční přenos dat

Konvenční přenos dat ve vozidle se vyznačuje tím, že každému signálu je přiřazeno samostatné vedení (obr. 2). Binární signály se mohou přenášet pouze dvěma režimy, "1" nebo "0" (binární kód), např. spínač brzdových světel nebo úrovnový spínač "zap" nebo "vyp".

Pomocí poměrného sepnutí se mohou přenášet spojité proměnlivé veličiny, jako např. řízení elektromagnetických ventilů nebo motoru čerpadla.

Nárůst výměny dat mezi elektronickými komponenty ve vozidle nemohou konvenční rozhraní důmyslně zvládnout. "Komplexnost" kabelových svazků se dnes zvládnout pouze s velkými náklady a požadavky na výměnu dat mezi řídicími jednotkami se zvyšují.

Obr. 1 Zpracování signálu v řídící jednotce



## Sériový přenos dat (CAN)

Problémy při výměně dat přes konvenční rozhraní je možno řešit použitím sběrnicových systémů (datové sběrnice), např. systémem CAN, který byl vyvinut speciálně pro motorová vozidla. Jestliže elektronické řídicí jednotky mají sériové rozhraní CAN, mohou se výše uvedené signály přenášet prostřednictvím sběrnicového systému CAN.

Tři zásadní oblasti použití CAN ve vozidlech jsou:

- spojení řídicích jednotek,
- elektronika karoserie a komfortní elektronika,
- mobilní komunikace.

Následující popis se omezuje na vzájemné propojení řídicích jednotek

### Spojení řídicích jednotek

Při spojení řídicích jednotek se navzájem spojují elektronické systémy, jako např. regulace jízdní dynamiky, řízení motoru, elektronické řízení převodovky. Řídicí jednotky jsou přitom spojeny lineární sběrnicovou strukturou jako rovnoprávné stanice (obr. 3). Tato struktura má výhodu v tom, že sběrnicový systém je při poruše jedné stanice nadále plně použitelný pro všechny ostatní stanice. Ve srovnání k jiným logickým uspořádáním (jako jsou prstencové nebo hvězdicové struktury) se tím podstatně zmenší pravděpodobnost celkového selhání. U prstencových nebo hvězdicových struktur vede poru-

cha jednoho účastníka nebo ústřední jednotky k celkovému výpadku.

Typické přenosové rychlosti leží mezi 125 kBit/s a 1 MBit/s (např. rychlosť komunikace mezi řídicí jednotkou regulace jízdní dynamiky a řídicí jednotkou elektroniky motoru je 512 Bit/s). Přenosové rychlosti musejí být tak vysoké z důvodu zaručení požadovaného chování v reálném čase.

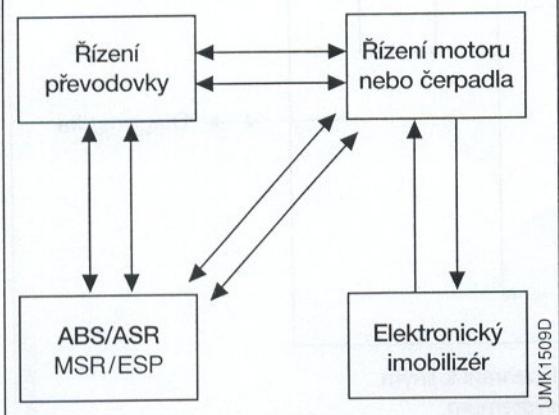
### Adresování obsahu

Sběrnicový systém CAN neadresuje jednotlivé stanice, ale přiřazuje každé "zprávě" pevný "identifikátor" dlouhý 11 nebo 29 bitů. Tento identifikátor vystihuje obsah zprávy (např. otáčky kola).

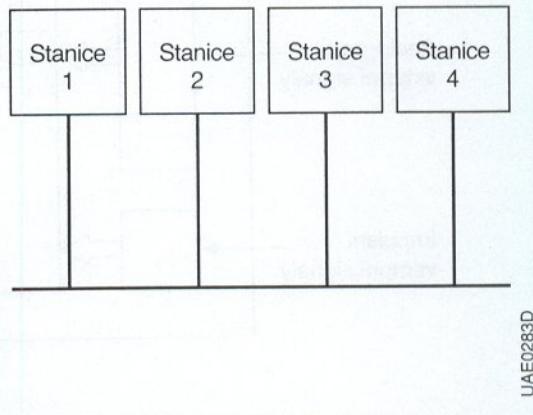
Každá stanice vyhodnocuje pouze ta data, jejichž příslušný identifikátor je uložen v seznamu akceptovatelných zpráv (kontrola akceptace). Všechna ostatní data jsou ignorována.

Adresování obsahu umožňuje posílat jeden signál na několik stanic tím, že snímač posílá svůj signál přímo příp. přes řídicí jednotku do sběrnicové sítě, která zajistí jeho rozeslání. Kromě toho se tak dá realizovat mnoho variant vybavení, protože je možno např. připojovat další stanice ke stávajícímu sběrnicovému systému CAN.

Obr. 2 Konvenční přenos dat



Obr. 3 Lineární sběrnicová struktura



## Upřednostňování

Identifikátor určuje vedle datového obsahu současně prioritu zprávy při vysílání.

Signál, který se velmi rychle mění, se musí také velmi rychle předávat a dosťavá proto vyšší prioritu než signál, který se mění relativně pomalu.

## Přidělení datové sběrnice

Když je datová sběrnice volná, může začít každá stanice přenášet data. Pokud začne vysílat současně několik stanic, prosazuje se zpráva s nejvyšší prioritou, aniž by vznikla časová ztráta nebo bitová ztráta. Vysílače se zpravidly nižší priority se automaticky mění na přijímače a opakují svůj pokus o vysílání, jakmile je sběrnice opět volná.

## Formát zprávy

Pro přenášení dat na sběrnici se vytváří sloupec dat (Data Frame), jehož délka je maximálně 130 bitů (standardní formát) nebo 150 bitů (rozšířený formát). Tím je zajištěno, že prodleva do dalšího přenosu, možná že velmi naléhavé zprávy, je stále malá. Sloupec dat "Data Frame" se skládá ze sedmi následujících polí, které zahrnují nebo označují:

- začátek zprávy  
(Start of Frame),
- identifikátor  
(Arbitration Filed),
- počet bitů zprávy  
(Control Field),
- samotnou zprávu  
(Data Field),
- zabezpečovací signál k rozpoznání přenosových poruch (CRC Field),
- potvrzovací signál pro bezchybný příjem (ACK Field),
- konec zprávy (End of Frame).

## Integrovaná diagnostika

Sběrnicový systém CAN disponuje řadou kontrolních mechanismů pro zjištění poruchy. K tomu patří např. zabezpečovací signál ve sloupci dat "Data Frame" a kontrola "Monitoring", při které každý snímač znova přijímá svoji vlastní zprávu a přitom může zjistit případné odchylky.

Pokud stanice zjistí poruchu, vysílá "indikátor chyby", který zastaví probíhající přenos. Tím se zabrání tomu, aby jiné stanice přijímaly chybné zprávy.

V případě jedné poruchové stanice by se mohlo stát, že všechny zprávy, tedy také ty bezchybné, se přeruší identifikátorem chyby. Aby se tomu zabránilo, je datová sběrnice CAN vybavena mechanismem, který rozlišuje náhodně vznikající poruchy od stálých poruch a může lokalizovat poruchy stanice. To se děje pomocí statického vyhodnocování poruchových situací.

## Standardizace

Sběrnicový systém CAN pro přenos dat v motorových vozidlech byl standardizován Mezinárodní organizací pro normalizaci ISO:

pro aplikace do 125 kBit/s jako norma ISO 11519-2,

pro aplikace nad 125 kBit/s jako norma ISO 11898.

Další komitety, např. výbor pro americký trh užitkových vozidel a výrobci vozidel se rovněž rozhodli pro systém CAN.

# Úplný regulační obvod a regulační veličiny

## Princip regulace jízdní dynamiky

Regulace v dynamické mezní oblasti má udržovat uvnitř ovladatelných mezi tři stupně volnosti vozidla

- podélnou rychlosť,
- příčnou rychlosť,
- stáčivou rychlosť (rychlosť otáčení) vozidla kolem jeho svislé osy, (viz část "Jízdní stabilita").

Při přiměřeném způsobu jízdy se optimalizují ve smyslu maximální bezpečnosti požadavek řidiče a vozovce přizpůsobené dynamické chování vozidla.

K tomu se musí, jak je znázorněno na obr. 1, nejdříve určit, jak se podle požadavku řidiče má vozidlo chovat v mezní oblasti (požadované chování) a jak se vozidlo opravdu chová (skutečné chování). Pro zmenšení rozdílu mezi požadovaným a skutečným chováním (regulační odchylka), musí být nepřímo ovlivňovány síly přenášené pneumatikou, a to pomocí akčních členů.

## Struktura systému a regulace

Regulace jízdní dynamiky daleko převyšuje ve svých možnostech ABS a kombinaci ABS/ASR. Je založena na dále vyvinutých komponentech systémů ABS a ABS/ASR a umožňuje aktivní brzdění všech kol s vysokou dynamikou. Chování vozidla je zařazeno do regulačního obvodu. Brzdné, hnací a boční síly na kolech se v závislosti na převládající situaci regulují tak, že se skutečné chování blíží požadovanému chování.

Management motoru s rozhraním CAN může ovlivňovat točivý moment motoru a tím hodnotu skluzu hnacích kol.

Dále vyvinuté komponenty regulace jízdní dynamiky mohou doplňkově a velmi přesně regulovat podélné a příčné dynamické síly, které působí na každé kolo.

Obr. 2 schematicky znázorňuje regulaci jízdní dynamiky se

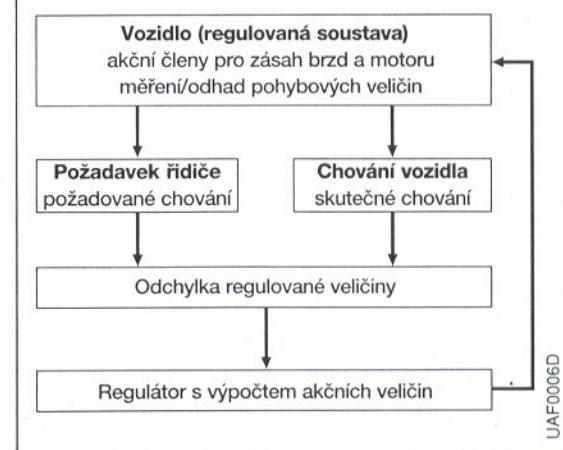
- snímači k určení vstupních veličin regulátoru,
- řídicí jednotkou ESP s regulátorem uspořádaným do různých rovin (hierarchie regulátoru), která se skládá z nadřazeného regulátoru jízdní dynamiky a podřazených regulátorů skluzu,
- akčními členy k ovlivňování brzdných, hnacích a bočních sil.

## Nadřazení a podřazení regulátorů

Nadřazený regulátor jízdní dynamiky má přednost a zadává požadované hodnoty pro podřazené regulátory brzdného a hnacího skluzu formou požadovaného skluzu pneumatiky. "Pozorovací člen" regulátoru jízdní dynamiky zjišťuje úhel směrové úchytky vozidla (odchylka směru jízdy od podélné osy vozidla). K určení požadovaného chování se vyhodnocují signály následujících součástí, které registrují požadavek řidiče:

- systém řízení motoru (např. ovládání akceleračního pedálu),
- snímač neregulovaného brzdného tlaku (např. ovládání brzdového pedálu),

Obr. 1 Základní blokové schéma regulace jízdní dynamiky



- snímač úhlu natočení volantu (natáčení volantu).

Požadavek řidiče je definován jako požadovaná hodnota.

Do výpočtu požadovaného chování vozidla navíc vstupují hodnoty součinitele přilnavosti a rychlost vozidla, které odhaduje "pozorovací člen" ze signálů snímačů

- otáček kol,
- bočního zrychlení,
- brzdných tlaků,
- stáčivé rychlosti.

### Nadřazený regulátor jízdní dynamiky

#### Úloha

Úlohou regulátoru jízdní dynamiky je:

- zjistit skutečné chování vozidla ze signálu stáčivé rychlosti a z úhlu směrové úchylky těžiště odhadnutého v "pozorovacím členu" a potom
- co nejvíce přiblížit jízdní chování v dynamickém jízdním stavu chování vozidla v normálním jízdním stavu.

Změna boční síly nemá přímý vliv na příčnou rychlosť a tedy také ani na úhel směrové úchylky těžiště vozidla, proto-

že boční sílu není možno přímo zvýšit. Naproti tomu příčný pohyb se vyvolá tím, že vzniká stáčivý moment, který způsobuje otáčení vozidla kolem svislé osy a tím změnu úhlu směrové úchylky těžiště vozidla a úhlů směrových úchylek pneumatik ve smyslu optimalizace. K tomu může regulátor ovlivňovat skluz pneumatiky a tím také nepřímo podélné a boční síly pneumatik, aby se vytvořil požadovaný stáčivý moment. To se děje změnami zadání požadovaného skluzu, které se musejí nastavovat podřízenými regulátory brzdného a hnacího skluzu.

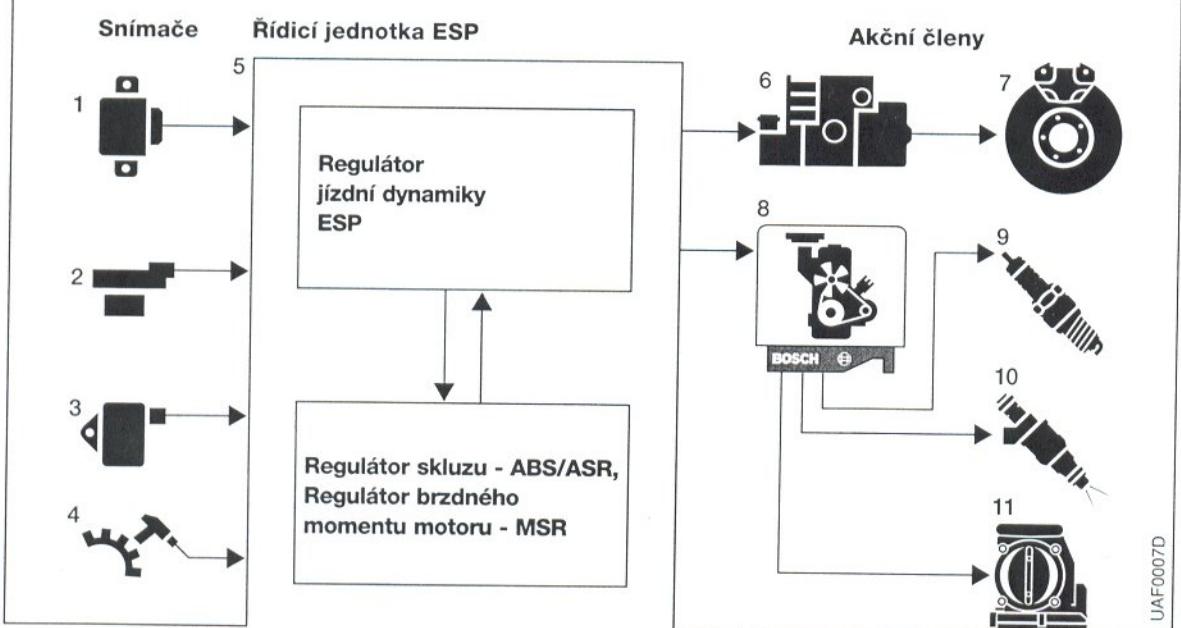
Zásahy se přitom provádějí tak, že se zajistí jízdní chování zamýšlené výrobcem vozidla a zaručí se ovladatelnost.

Aby se mohla vytvořit tato požadovaná hodnota stáčivého momentu, určují se v regulátoru jízdní dynamiky potřebné požadované hodnoty změn skluzu na vhodných kolech.

Podřízené regulátory brzdného a hnacího skluzu řídí podle takto určených hodnot akční členy hydrauliky brzdové soustavy a managementu motoru.

**Obr. 2 Regulační soustava jízdní dynamiky ve vozidle**

1 snímač stáčivé rychlosti se snímačem bočního zrychlení, 2 snímač úhlu natočení volantu, 3 snímač neregulovaného brzdného tlaku, 4 snímače otáček, 5 řídící jednotka ESP, 6 hydraulická jednotka, 7 brzdy kol, 8 řídící jednotka managementu motoru, 9 úhel zážehu, 10 vstřikování paliva, 11 škrticí klapka (EGAS)



## Struktura

Obr. 3 ukazuje strukturu regulátoru jízdní dynamiky se vstupními a výstupními veličinami a tok signálu na zjednodušeném blokovém schématu.

Pozorovací člen má k dispozici tyto veličiny:

- stáčivá rychlosť (měřená veličina),
- úhel natočení volantu (měřená veličina)
- boční zrychlení (měřená veličina),
- podélná rychlosť vozidla (odhadovaná veličina),
- podélné síly pneumatik a hodnoty skluzu pneumatik (odhadované veličiny);

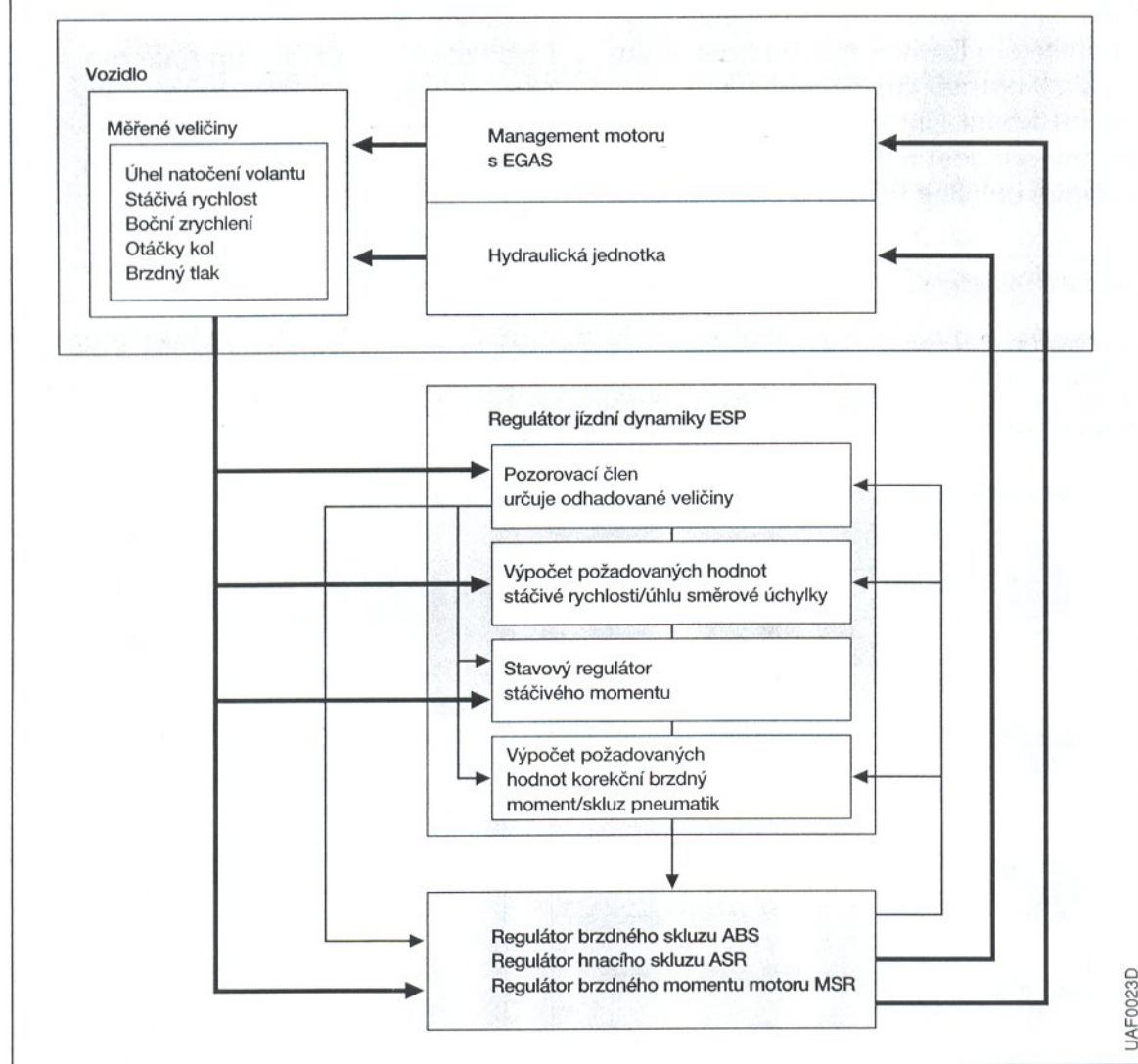
a z hodnot těchto veličin pozorovací člen určuje:

- boční síly na kole,
- úhly směrových úchylek kol,
- úhel směrové úchylky těžiště,
- příčnou rychlosť vozidla.

Požadované hodnoty pro úhel směrové úchylky těžiště a pro stáčivou rychlosť se určují z dále uvedených veličin, které řidič zadává nebo které mohou být řidičem ovlivněny:

- úhel natočení volantu,
- odhadnutá rychlosť vozidla,
- součinitel přilnavosti, který se určuje z odhadované hodnoty podélného zrychlení a měřené hodnoty bočního zrychlení,

Obr. 3 Zjednodušené blokové schéma regulátoru jízdní dynamiky s vstupními a výstupními veličinami



- poloha akceleračního pedálu (moment motoru) nebo brzdný tlak (síla na brzdový pedál).

Přitom se zohledňují také specifické vlastnosti dynamiky vozidla a zvláštní situace, jako příčný sklon vozovky nebo  $\mu$ -split (např. drsný povrch pod levými koly, kluzký povrch pod pravými koly).

### Způsob činnosti

Regulátor jízdní dynamiky reguluje obě stavové veličiny stáčivou rychlosť a úhel směrové úchylky těžiště a vypočítává stáčivý moment, který je zapotřebí pro přizpůsobení skutečných veličin na požadované veličiny. Zohlednění úhlu směrové úchylky vozidla v regulátoru se zvětšuje s rostoucími hodnotami.

Regulační program vychází z maximálního možného příčného zrychlení a jiných dynamicky důležitých veličin, které byly zjištěny pro každé vozidlo při zkoušce "ustálená jízda v kruhu". Přitom zjištěná souvislost mezi úhlem natočení volantu a stáčivou rychlosťí tvoří základ pro požadovaný pohyb vozidla pro jízdu konstantní rychlosťí i pro brzdění a zrychlení; tato souvislost je v programu uložena jako jednostopý model.

Pokud by byla přilnavost pneumatiky nižší, než by bylo zapotřebí pro příčné zrychlení podél ustálené jízdní stopy (vozidlo by se mohlo stát nestabilním), pak je požadovaná hodnota součinitele přilnavosti vyhodnocena jako příliš vysoká (situace je oceněna jako příliš příznivá). Musí zasáhnout regulace úhlu směrové úchylky vozidla a zmenšit boční zrychlení na hodnotu, která odpovídá fyzikálně ještě "sjízdnému" průběhu stopy.

Když se vozidlo např. při volném projíždění pravé zatačky chová přetáčivě a překročí se stáčivá rychlosť (vozidlo se chce otáčet kolem své vlastní svislé osy), potom vytváří regulace jízdní dynamiky na levém předním kole požadovaný brzdný skluz (levé přední kolo se brzdí). Tím vzniká doleva stáčející

změna stáčivého momentu na vozidlo, které má sklon k "vybočení".

### Funkce regulátoru ESP při režimu ABS/ASR

Aby se pro základní funkce ABS a ASR plně využila co nejvyšší přilnavost mezi pneumatikou a vozovkou v každé jízdní situaci, zhodnocují se důsledně všechny měřené a odhadované veličiny také od podřízených regulátorů.

Při provozu ABS (sklon kol k blokování) předává regulátor jízdní dynamiky na podřízený regulátor brzdného skuzu následující hodnoty

- příčnou rychlosť vozidla,
- stáčivou rychlosť,
- úhel natočení volantu,
- rychlosť kol k nastavení požadovaného skuzu ABS.

Při provozu ASR (sklon kol k prokluzování při rozjízdění nebo zrychlování) předává regulátor jízdní dynamiky na podřízený regulátor hnacího skuzu následující hodnoty:

- střední absolutní hodnotu hnacího skuzu,
- toleranční pásmo skuzu,
- brzdný uzavírací moment k nastavení potřebného stáčivého momentu.

### **Podřazený regulátor brzdného skuzu (ABS)**

#### Úloha

Podřazený regulátor brzdného skuzu se aktivuje jakmile se při brzdění překročí požadovaný skuz a musí být aktivován ABS. Regulace skuzu kola v provozu ABS a při aktivním brzdění musí probíhat pro různé dynamické jízdní zásahy co nejpřesněji. Aby se přitom dosáhla zadaná požadovaná hodnota, musí být skuz znám co možná nejpřesněji. Podélná rychlosť vozidla se ale přímo neměří, nýbrž se určuje z rychlosťí kol.

## Konstrukce a způsob činnosti

Regulátor brzdného skluzu "nedobrzdí" krátkodobě jedno kolo, aby se mohla nepřímo změřit rychlosť vozidla: regulace skluzu se přeruší a aktuální brzdný moment kola definovaně klesne a po nějakou dobu je udržován na konstantní hodnotě. Za předpokladu, že kolo se ke konci této doby otáčí stabilně, může být vypočítána rychlosť volně se valícího kola (bez skluzu).

S výpočtem rychlosti těžiště mohou být určeny rychlosti kol pro všechna čtyři volně se odvalující kola.

Tak se může vypočítat také skutečný skluz pro tři zbývající regulovaná kola.

## **Podřazený regulátor brzdného momentu motoru (MSR)**

### Úloha

Setrvačnost pohybujících se částí motoru způsobuje při řazení dolů nebo při prudkém uvolnění akceleračního pedálu brzdnou sílu na hnacích kolech. Když je tato síla a tím působící moment příliš vysoký, nemůže se síla z pneumatiky přenášet na vozovku. V této situaci zasahuje regulace řízení brzdného momentu motoru ("lehkým" sešlápnutím akceleračního pedálu).

### Konstrukce a způsob činnosti

Když mají kola sklon k blokování, protože se např. mění povrch vozovky a proto je brzdný moment motoru příliš velký, může se tato tendence ke skluzu kol přerušit mírným sešlápnutím akceleračního pedálu, tzn. řídící jednotka zvýší řízením příslušných ovladačů managementu motoru s funkcí EGAS hnací moment. Hnací kolo je řízeno v dovolených mezích řídícím zásahem motoru.

## **Podřazený regulátor hnacího skluzu (ASR)**

### Úloha

Podřazený regulátor hnacího skluzu se aktivuje jakmile např. při rozjízdění nebo zrychlování překročí hnací kola požadovaný skluz a musí být aktivová-

na funkce ASR. Tento regulátor má úkol omezit požadovaný hnací moment motoru na hodnotu, která je přenesitelná na vozovku, aby se tím zabránilo prokluzování hnacích kol.

Zásahy na poháněná kola jsou řízeny buď brzděním, příp. změnou polohy škrticí klapky, zmenšením momentu motoru potlačením vstřikování nebo přestavením úhlu zážehu přes management motoru.

Aktivní brzdné zásahy na nepoháněných kolech jsou řízeny přímo regulátorem brzdného skluzu. Na rozdíl od ABS dostává ASR jako řídící veličinu od regulátoru jízdní dynamiky požadovanou hodnotu pro střední hodnotu absolutního skluzu obou hnacích kol a požadovaný uzavírací moment k přímému ovlivňování stáčivého momentu.

### Konstrukce

Požadované hodnoty pro otáčky hnacího kloubového hřídele a rozdílu otáček kol se vytvářejí z hodnot požadovaného skluzu s rychlostmi volně se odvalujících kol. Regulační veličiny otáček hnacího kloubového hřídele a rozdílu otáček kol se zjišťují z rychlostí hnacích kol.

### Způsob činnosti

Modul ASR vypočítá brzdné momenty pro obě hnací kola, požadovaný moment motoru, požadovanou hodnotu pro zmenšení momentu motoru přes management motoru pomocí přestavení úhlu zážehu a jako dodatečnou možnost počet válců, do kterých se nebude během vypočítané doby vstřikovat palivo (potlačení vstřikování).

Na otáčky hnacího spojovacího kloubového hřídele (pohon zadních kol) působí moment setrvačnosti celého hnacího ústrojí (motor, převodovka, kloubový hřídel a hnací kola). Otáčky spojovacího hřídele jsou proto popsány relativně velkou časovou konstantou (malá dynamika). Naproti tomu je časová konstanta rozdílu otáček kol relativně malá, poněvadž jejich dynamika je určována téměř výhradně mo-

menty setrvačnosti obou kol. Kromě toho rozdíl otáček kol není na rozdíl od otáček hnacího spojovacího hřídele ovlivňován motorem.

Moment hnacího kloubového hřídele a rozdíl požadovaného momentu jsou základem pro určení velikosti akčních sil ovladačů. Rozdíl požadovaného momentu se nastavuje rozdílem brzdného momentu mezi levým a pravým hnacím kolem prostřednictvím řízení ventilů v hydraulické jednotce. Požadovaný moment hnacího kloubového hřídele se dosahuje pomocí zásahů motoru a současně symetrickým brzdícím zásahem. Zásah škrticí klapky je vzhledem k velkému zpoždění (prodleva a přechodové chování motoru) pouze málo účinný. Jako rychlejší zásah motoru se používá pozdější nastavení úhlu zážehu nebo dodatečné vypínání vstřikování paliva. Symetrický brzdný zásah slouží přitom ke krátkodobé podpoře snižování momentu motoru.

## Pomocné funkce

### Brzdrový asistent

#### Požadavky

Brzdrový asistent je systém, který podporuje řidiče při "panickém brzdění" (panické reakce, plné brzdění, obr.4). Tento systém může zvýšit brzdný tlak vyvozený řidičem. Brzdrový asistent se aktivuje tím, že se snímá brzdný požadavek řidiče (ovládací síla na brzdrový pedál) a měřené hodnoty se předávají do řidicí jednotky. Tím se má umožnit, aby také nezkušený řidič dosáhl zpomalení svého vozidla s co nejkratší brzdnou dráhou.

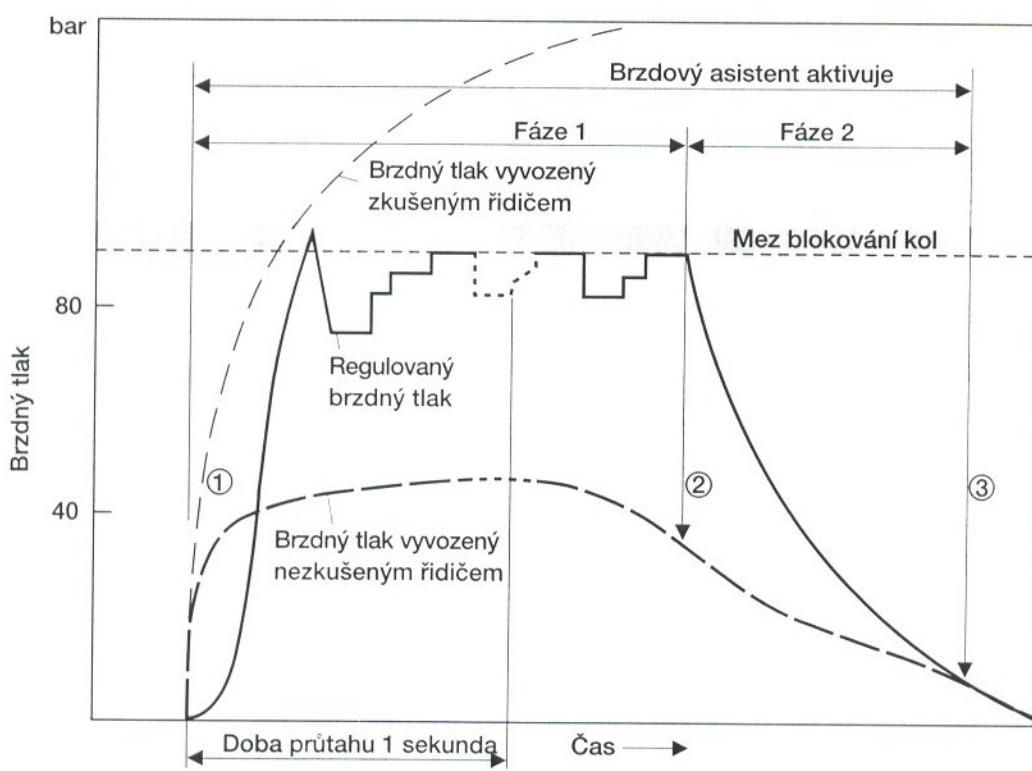
#### Úlohy

Brzdrový asistent má následující úlohy:

- rozeznat situaci panického brzdění, aby se potom zvýšil brzdný tlak na kolech tak, že všechna kola dosáhnou meze blokování a tím vzniká regulace ABS,
- rozeznat konec panického brzdění, aby se potom ovládací brzdný tlak snížil na hodnotu zadanou řidičem.

Obr. 4 Hydraulický brzdrový asistent

**Brzdné vlastnosti při panickém brzdění** - ① aktivuje se brzdrový asistent, ② odlehčení brzdrového pedálu, ③ brzdrový asistent vypíná.



## Konstrukce a způsob činnosti "hydraulického brzdového asistenta"

Když řidič sešlápnne brzdový pedál, rozezná řídící jednotka brzdný požadavek řidiče a případně také panické brzdění tím, že tyto okolnosti snímá signálem tlaku, který popisuje průběh tlaku v hlavním brzdovém válci.

K tomu potřebný snímač tlaku je umístěn přímo na hydraulické jednotce.

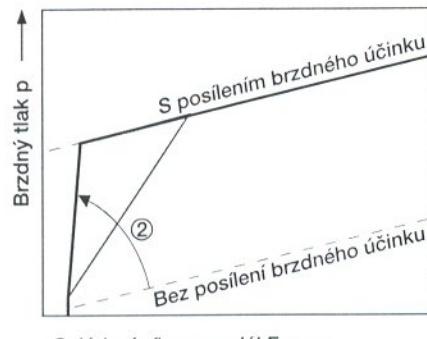
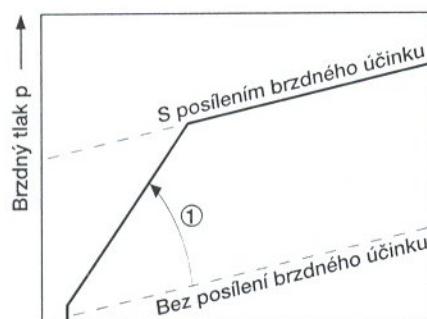
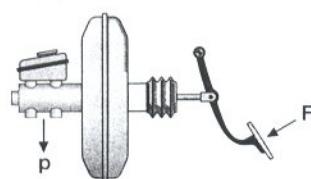
Když je změřený tlak větší než zadáný práh a změna tlaku větší než zadaná hodnota ①, tak se aktivuje brzdový asistent (obr. 4, fáze 1).

Jakmile je brzdový asistent aktivní, vytvoří se na všech čtyřech kolejích brzdný tlak až k mezi blokování. K tomu účelu se používá např. hydraulická jednotka ESP, která zvyšuje brzdný tlak:

- individuálně pro každé kolo a
- přes hodnotu brzdného tlaku zadanou řidičem.

Obr. 5 Brzdový asistent "Emergency Valve Assist"

① normální posílení, ② vyšší posílení



Aktivní zvýšení brzdného tlaku a regulace brzdného tlaku probíhá podobně jako u brzdných zásahů ESP. Překročí-li brzdný tlak mez blokování, tak podřazený regulátor ABS přebírá úlohu regulace skluzu kola a brzdná síla se optimálně využívá.

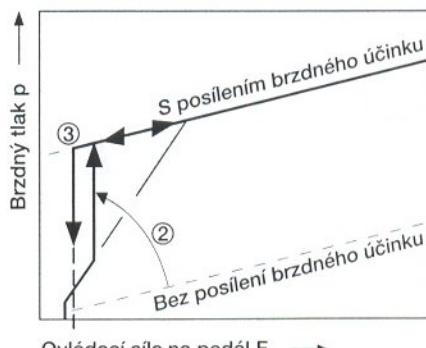
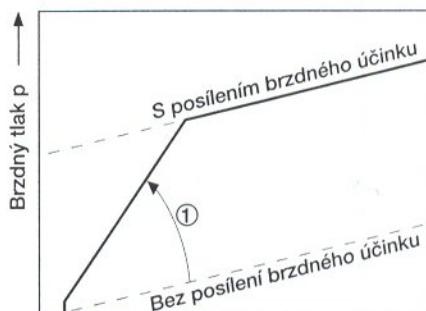
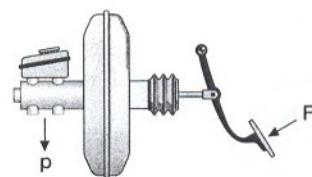
Když je změřený tlak menší než určitá hodnota ② (uvolnění brzdového pedálu), tak systém rozezná požadavek řidiče a může tedy zmenšit brzdnou sílu (obr. 4, fáze 2). V tomto okamžiku se mění strategie regulace. Cílem nyní je řízení podle signálu změřeného tlaku a umožnit tak řidiči komfortní přechod na standardní brzdění.

Brzdový asistent se vypíná, jakmile zvýšený brzdný tlak dosáhne zadanou hodnotu nebo signál tlaku nedosáhne zadanou hodnotu ③.

Řidič může dále brzdit pouze bez přidavné podpory.

Obr. 6 Brzdový asistent "Smart Booster"

① normální posílení, ② práh síly pro přepínač na vyšší posílení brzdného účinku, ③ brzdový asistent vypíná



## Konstrukce a způsob činnosti brzdového asistenta

### „Emergency Valve Assist“

Mechanika vestavěná do podtlakového posilovače brzdného účinku snímá brzdný požadavek řidiče. U normálního ovládání brzdového pedálu vzniká obvyklé posílení brzdné síly (obr. 5 nahoře).

Když řidič ovládá brzdový pedál rychle, tak přepíná tato mechanika normální posílení ① (mezi nožní silou řidiče a brzdným tlakem v posilovači brzdné síly) na vyšší posílení ② (obr. 5, dole).

## Konstrukce a způsob činnosti brzdového asistenta "Smart Booster"

U posilovače Smart Booster probíhá rozeznání brzdného požadavku řidiče z dráhy brzdového pedálu a aktivačního spínače vestavěného do posilovače brzdného účinku.

U normálního ovládání brzdového pedálu vzniká obvyklé posílení brzdné síly (obr. 6) nahoře. Když je změna dráhy pedálu větší než zadaná hodnota, aktivuje se brzdový asistent. Jakmile je brzdový asistent aktivní, otevře se elektromagnetický ventil zabudovaný do posilovače brzdné síly. Tím se rychle zvýší brzdná síla, která odpovídá maximálnímu posílení posilovače brzdné síly ② (obr. 6, dole).

Když je brzdný tlak tak vysoký, že kola dosáhnou meze blokování, tak systém ABS přejímá úlohu regulátoru skluzu, aby se optimálně využila brzdná síla. Odpojení brzdového asistenta provádí aktivační spínač. Jakmile řidič sníží nožní sílu pod zadaný práh ③ vypne se brzdový asistent.

Řidič může dále brzdit pouze bez přídavné podpory.

## **Další vývoj**

Brzdový asistent je systém, který může vytvořit přídavnou, řidiče podporující brzdnou sílu. Pro zabrzdění vozidla však řidič stále musí ovládat brzdový pedál. Již brzy vzniknou systémy, které mohou vozidlo automaticky zabrzdit bez vlivu řidiče.

# Komponenty regulace jízdní dynamiky

Regulace jízdní dynamiky zahrnuje následující komponenty (obr. 1):

- snímače,
- řídící jednotku,
- hydraulickou jednotku,
- předřadné čerpadlo se snímačem neregulovaného brzdného tlaku.

Poslední jmenované komponenty se v dalších úrovních výstavby používají pouze částečně nebo se nepoužívají vůbec. V prvním provedení byla použita ještě jednotka plnicího pístu.

## Snímače

### Úloha a požadavky

Snímače zpravidla převádějí fyzikální veličiny na elektrické veličiny.

Pro bezvadnou souhru snímačů, řídící jednotky a ovladačů jsou určující následující předpoklady:

- stálé a oboustranně zajišťující moni-

torování (redundantní),

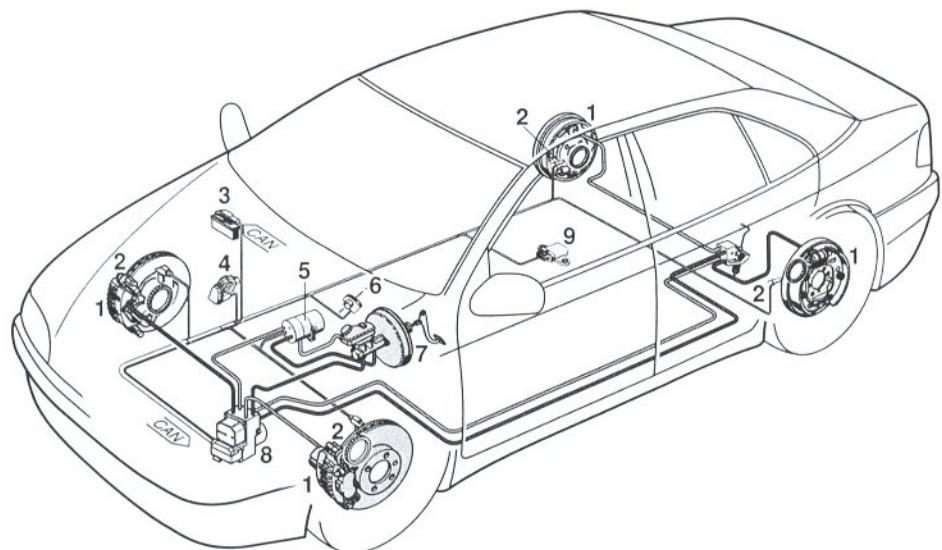
- necitlivost na okolní vlivy a provozem podmíněné účinky,
- trvalá funkční bezpečnost po dlouhou dobu.

Právě při regulaci jízdní dynamiky (ESP) závisí bezpečnost posádky vozidla a jiných účastníků silniční dopravy na spolehlivosti snímačů. Proto byla vyhodnocena data obsáhlých jízdních zkoušek a jízdních simulací a z toho určeny požadavky pro snímače ESP.

Přenášené veličiny musejí být spolehlivě snímány a přiváděny do řídící jednotky během celé životnosti snímače. Jejich rychlé vyhodnocení a přesné reagování musí být možné v každé jízdní a provozní situaci s vysokou bezpečností.

Obr. 1 Úplný regulační systém ESP (umístění komponent)

- |   |   |
|---|---|
| <b>1 Brzdy kol</b>  | <b>6 Snímač úhlu natočení volantu</b>                           |
| <b>2 Snímače otáček,</b>  | <b>7 Posilovač brzdného účinku s hlavním válcem,</b>            |
| <b>3 Řídící jednotka,</b>   | <b>8 Hydraulická jednotka (Bosch 5.3),</b>                      |
| <b>4 Nastavovač škrticí klapky</b>                                    | <b>9 Snímač stáčivé rychlosti se snímačem bočního zrychlení</b> |
| <b>5 Předřadné čerpadlo se snímačem neregulovaného brzdného tlaku</b> |   |



## Provedení

### Snímač úhlu natočení volantu (LWS)

Znalost úhlu řízení umožňuje napřed vypočítat požadovaný směr jízdy vozidla. Snímače pro měření úhlů patří ke skupině pozičních snímačů. Podle úlohy měří pomocí kluzných kontaktů (např. potenciometr) nebo bezkontaktně (např. Hallův integrovaný obvod). Pro regulaci jízdní dynamiky existuje alternativně několik typů snímačů, které zjišťují úhel natočení volantu k zadání požadovaných hodnot. Se signálem těchto snímačů se nechají kalibrovat ostatní snímače. Snímač úhlu natočení volantu má pracovní oblast  $\pm 720^\circ$ . Toleranční oblast musí být během celkové životnosti menší než odchylka  $\pm 5^\circ$ .

#### LWS 1

Snímač úhlu natočení volantu LWS1 pracuje se 14 Hallovými integrovanými obvody. Ty měří krokově pomocí kódu absolutní úhel natočení volantu včetně počtu otáček.

Princip měření integrovaného Hallova snímače spočívá ve změně pole permanentního magnetu. Rotujícím, magneticky měkkým kotoučem s výrezy, které odpovídají určitému digitálnímu kódu, se mohou změřené hodnoty úhlu přímo předávat do řídící jednotky jako digitální signál.

#### LWS 3

Tento snímač úhlu natočení volantu využívá různé fyzikální vlastnosti kryštalu, který má v rozdílných směrech magnetické "tenké vrstvy" (AMR-elementy; Anisotrop Magneto Resistiv = anizotropní magnetický odpor). Dva moduly AMR snímají otáčivé pohyby dvou ozubených kol, na kterých jsou umístěny magnety. Tato ozubená kola jsou poháněna vloženým kolem a ozubeným věncem, který je upevněn na hřídeli volantu a který se otáčí při natáčení volantu. Výstupní signály ozubených kol jsou přijímány s velmi vysokým rozlišením (obr. 2).

Ozubená kola "pod" AMR-elementy mají rozdílné počty zubů, a tímto roz-

dílem počtu zubů je také dáné měřítko pro úhel otáčení volantu.

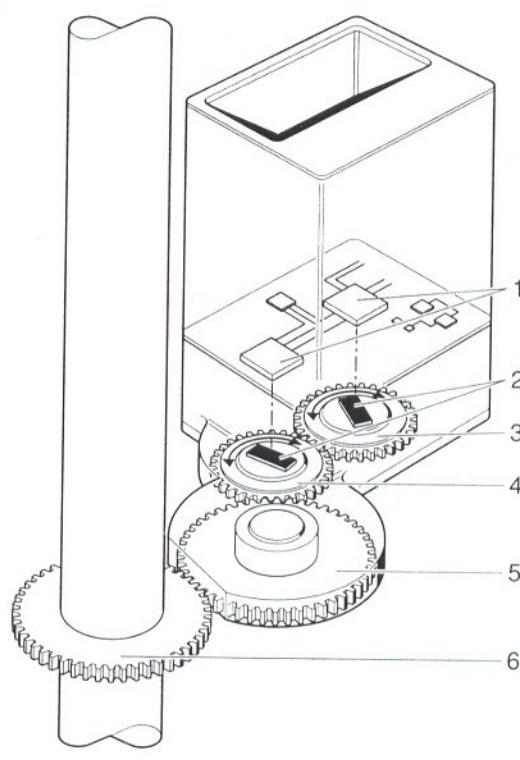
Toto provedení umožňuje, obdržet absolutní úhel řízení (tedy počet otáček volantu), bezprostředně potom, co byl snímač napájen proudem. Tím není nutná registrace klidového stavu snímače. Protože oba AMR-elementy slouží jako měřítko pro úhel natočení volantu, je snímač redundantní, tzn. samočinně se sledující.

Funkční bezpečnost snímače LWS 3 je srovnatelná s LWS 1.

Komponenty  
regulace  
jízdní  
dynamiky

Obr. 2 Princip snímače úhlu natočení volantu LWS 3 s elementy AMR

- 1 Elementy AMR,
- 2 Magnety,
- 3 Ozubené kolo 1,
- 4 Ozubené kolo 2,
- 5 Vložené ozubené kolo
- 6 Hnací kolo na hřidle volantu



UAE0676Y

### Snímač bočního zrychlení

Pro měření zrychlení se využívá fyzikální efekt, že na zrychlované těleso působí setrvačná síla. Pokud tato tělesa nejsou upevněna tuhou vazbou, ale "elasticky", potom se při účinku síly posunují. Výchylka je měřítkem pro zrychlení.

Pro měření příčného zrychlení se obzvláště hodí Hallův snímač zrychlení (obr. 3). Tento systém tvořený pružinou, hmotností a magnetem se dá elektrodynamicky dobře tlumit (tlumení vřivými proudy); tím je možné potlačit nežádoucí vlastní kmitání.

### Snímač stáčivé rychlosti (snímač otáčivé rychlosti)

Snímač stáčivé rychlosti snímá otáčivý pohyb vozidla kolem jeho svislé osy, např. při běžném zatáčení, ale také při vybočování nebo smyku.

Přístroje k měření stáčivé rychlosti (otáčivé rychlosti) se označují jako gyrometry (gyroskopické přístroje). K tomu se nemohou používat běžné přímo registrující snímače.

Princip snímání stáčivé rychlosti se zakládá na tom, že v pohyblivém sys-

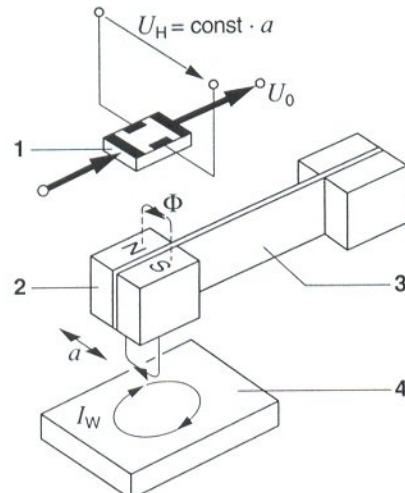
tému vznikají přídavné síly (Coriolisovy síly). Pokud se v tomto systému nachází kmitající hmotné elementy, tak bude tento kmitavý pohyb ovlivněn, pokud se systém začne otáčet. Když je kmitavý pohyb vyregulován zpět do původního stavu, tak akční veličina nutná k zpětné regulaci slouží jako měřítko pro stáčivou rychlosť, protože se vzrůstající stáčivou rychlosť se musí také zvyšovat vratná veličina.

### DRS50/DRS100:

Regulace jízdní dynamiky využívá u jednoho provedení malý dutý válec s piezoelektrickými elementy (válcový gyrometr, obr. 4). Okraj tohoto válce je osazen do amplitudově regulovaného kmitání (podobné slyšitelnému kmitání vinné sklenky, když se po okraji sklenky přejíždí mokrým prstem). Posilovací servoobvod reguluje kmitavé pohyby zpět do původního tvaru, jestliže se účinkem otáčivého pohybu kmitání "rozladilo".

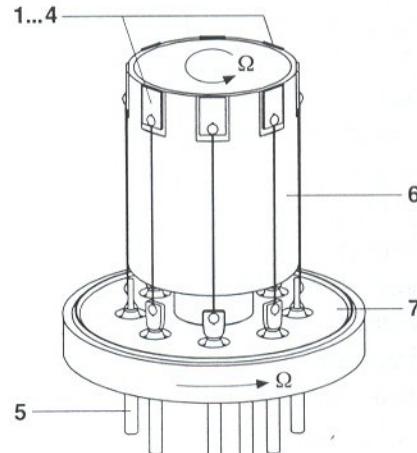
Obr. 3 Snímač bočního zrychlení využívající Hallův princip

1 Hallův snímač, 2 permanentní magnet, (seismická hmotnost), 3 pružina, 4 tlumící destička (Cu).  
 $U_H$  Hallovo napětí,  $U_0$  napájecí napětí,  $\phi$  magnetický tok,  $a$  snímané boční zrychlení



Obr. 4 Piezoelektrický snímač stáčivé rychlosti

1...4 piezoelektrické dvojice,  
 5 konektorové kolíky,  
 6 oscilační válec,  
 7 základová destička  
 $\Omega$  stáčivá rychlosť



## DRS-MM1.0

U jiného provedení se používá mikromechanický snímač, v jehož skříně jsou sloučeny snímač stáčivé rychlosti a snímač příčného zrychlení.

Tato snímací jednotka je třikrát menší a výkonnější než snímač stáčivé rychlosti DRS50/100 (obr. 5, 6 a 7).

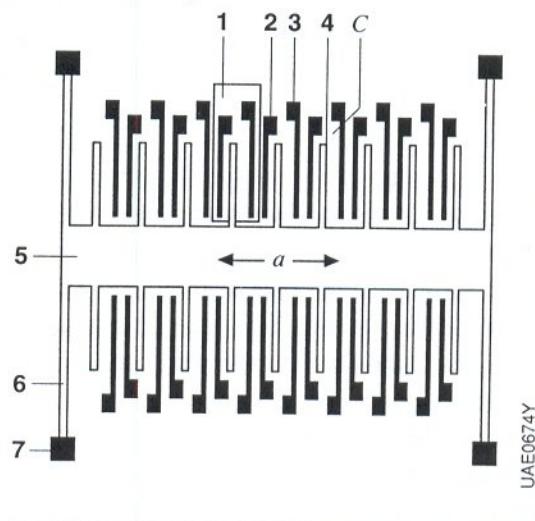
U tohoto mikromechanického snímače jsou buzena k protiběžnému kmitání dvě pružně uložená kmitavá tělesa, na nichž jsou umístěny snímače zrychlení, které působí příčně ke směru kmitání; tento princip je srovnatelný s kmitáním ladičky.

Pro ochranu vlivů prostředí je snímač hermeticky utěsněn a umístěn v kovové skříni naplněné dusíkem. Snímač má stejné rozhraní řídicí jednotky jako jiné systémy a snímače, aby s nimi byl kompatibilní. V prvním vývojovém stupni má mikromechanický snímač analogové výstupy. Tyto jsou v následujícím typu (DRS-MM1.1) nahrazeny separátním modulem CAN; ve verzi DRS-MM1.2 je integrovaný modul CAN.

U provedení snímačů DRS-MM se jedná o "dvojitý snímač" (obr. 7); skládá se ze dvou jednotlivých snímačů. Mikro-

Obr. 6 Mikromechanický snímač zrychlení

**1** základní článek, **2, 3** pevné desky,  
**4** pohyblivé desky, **5** seismická hmotnost,  
**6** pružný unašeč, **7** ukotvení, a zrychlení,  
**C** měřicí kapacity

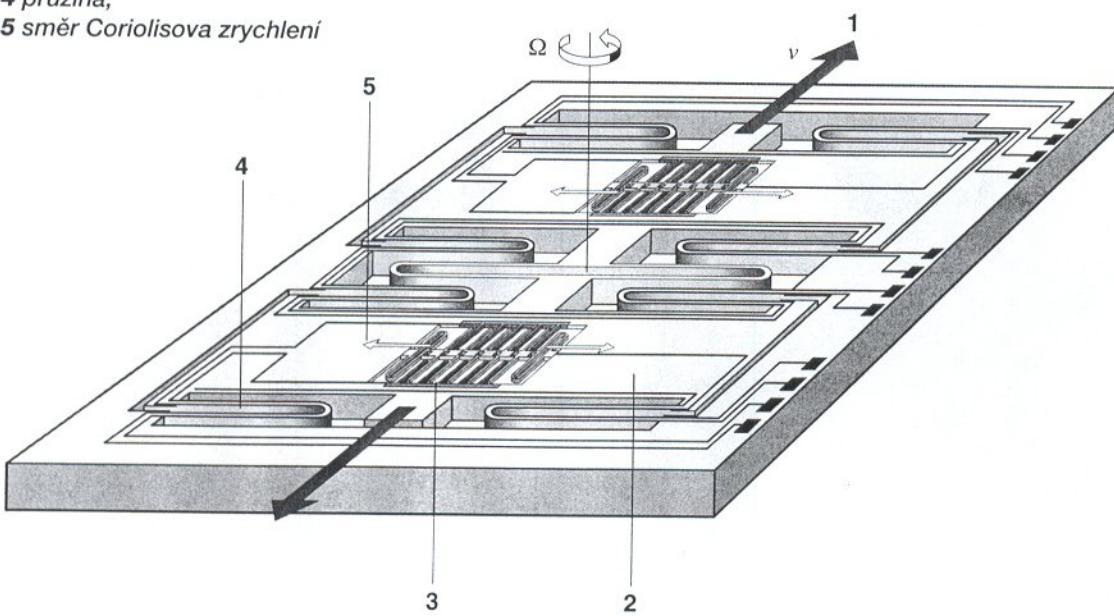


mechanický snímač stáčivé rychlosti (obr. 5) a mikromechanický snímač zrychlení (obr. 6) tvoří přitom jednu jednotku. Tím se zmenšuje počet komponentů a signálních vedení.

Kromě toho je uvnitř vozidla zapotřebí méně upevňovacích prvků a menší zabudovaný prostor. Vestavěná funkce k samočinnému sledování je oproti sní-

Obr. 5 Mikromechanický snímač stáčivé rychlosti

**1** směr kmitání,  
**2** oscilační těleso (kmitající hmotnost),  
**3** snímač zrychlení,  
**4** pružina,  
**5** směr Coriolisova zrychlení



mačům (DRS 50 / DRS 100) ještě rozšířena: výstupní signály se signálem "překročena pracovní oblast" umožňují registraci vnitřních poruch řídící jednotky. Pro další zlepšení funkční bezpečnosti používá toto provedení mikromechanického snímače základní test (test pozadí), aby se poruchy mohly rychleji a plynuleji registrovat.

### Snímač tlaku

U snímačů tlaku se pro základ měření převážně používá tlakem podmíněné roztažení membrány. Měřicími metodami měření roztažení (tenzometrické snímače, změna magnetického pole) se může získat změna napětí nebo změna frekvence odpovídající tlaku.

Pro regulaci jízdní dynamiky je zapotřebí snímač, který vydrží vysoké hodnoty tlaku v hydraulickém systému (až 350 bar) a větší teplotní rozsah (umístění v motorovém prostoru). K tomu účelu se používá mikromechanický křemíkový snímací čip (polovodičový snímač tlaku, obr. 8), jehož výstupní signál se upravuje na desce s tištěnými spoji integrované do skříně snímače. V jiné další verzi (DS2) je objem snímače tlaku zmenšen a na polovodi-

čovém modulu je integrováno interní sledování. Toto sledování se může aktivovat řídící jednotkou a také využít pomocí zpětných hlášení.

### Snímač otáček

Řídící jednotka odvozuje ze signálů otáček rychlosť otáčení kol (otáčky kol). Používají se dva různé funkční principy.

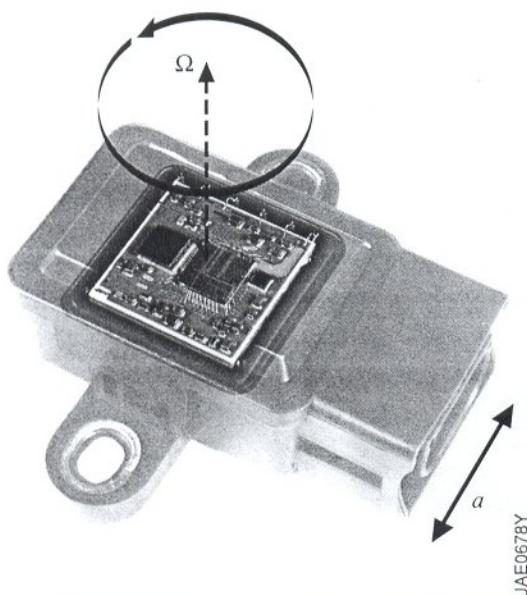
### Indukční snímač otáček

Půlový kolík indukčního snímače (DF6), obalený v elektrickém vinutí, je umístěn přímo nad impulsním kolem, což je ozubené kolo spojené s nábojem kola. Půlový kolík je spojen s trvalým magnetem, jehož magnetické pole se rozprostírá až do impulsního kola. Stále se měním sledem zuba a mezery se při otáčení kola mění magnetický tok kolíkem a vinutím. Změna magnetického pole indukuje ve vinutí střídavé napětí, které je snímáno na koncích vinutí. Frekvence a změna napětí jsou úměrné otáčkám kola.

Protože podmínky montáže na kolo nejsou všude stejné, existuje několik různých konstrukčních provedení. Nejvíce se používá nožový půlový kolík

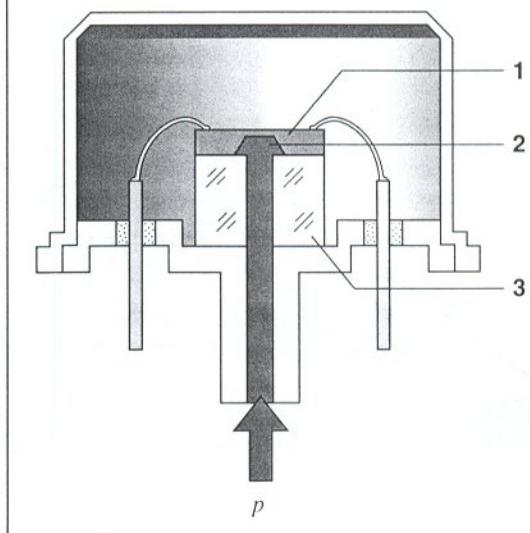
Obr. 7 Snímač stáčivé rychlosti se snímačem bočního zrychlení (dvojitý snímač)

a zrychlení,  $\Omega$  stáčivá rychlosť



Obr. 8 Polovodičový snímač tlaku

1 křemík, 2 vakuum, 3 sklo (pyrex),  
p tlak



(nazývaný také plochý pól, obr. 9) pro radiální umístění, který je kolmý k impulsnímu kolu. Kosočtvercový pólový kolík (nazývaný také křížový pól, obr. 10) pro axiální umístění má polohu radiálně k impulsnímu kolu. Oba typy pólových kolíků se musejí při montáži přesně vyštědit k impulsnímu kolu. Válcový pólový kolík (obr. 11) ušetří přesné seřizování k impulsnímu kolu; impulsní kolo však musí mít dostatečně velký průměr nebo zmenšený počet zubů.

U indukčního snímače otáček je amplituda napětí indukovaná ve vinutí úměrná otáckám kola. U stojícího kola je indukované napětí rovno nule. Tvar zuba, vzduchová mezera, strmost nárustu napětí a vstupní citlivost řídicí jednotky určují nejmenší, ještě měřitelnou rychlosť a tím pro použití ABS minimální dosažitelnou vypínací rychlosť.

Snímač otáček a impulsní kolo jsou navzájem odděleny pouze asi 1 mm úzkou vzduchovou mezerou s úzkými tolerancemi, aby bylo zaručeno bezporuchové snímání signálů. Stabilní upevnění snímače otáček zabraňuje, aby vibrace v oblasti kolové brzdy nezkreslovaly signály snímače otáček. Protože v místě uložení se vyskytují také nečistoty a stříkající voda, opatruje se snímač otáček před montáží mazacím tukem.

#### Aktivní snímač otáček

Běžný indukční snímač se stále více nahrazuje aktivním snímačem otáček (DF10).

Funkci zubů impulsního kola přebírají u tohoto snímače magnety, které mají na kroužku střídavou polaritu (obr. 12).

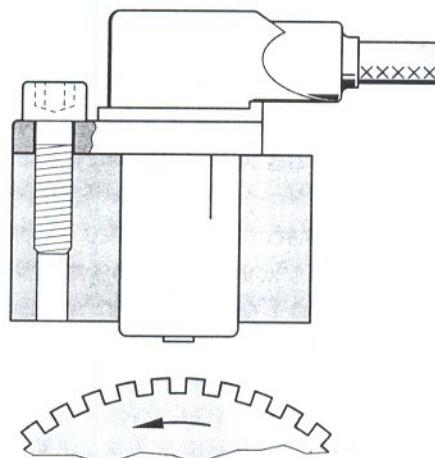
Měřicí element aktivního snímače otáček je umístěn v magnetickém poli těchto magnetů. Při otáčení kroužku se stále mění magnetický tok měřicím elementem.

Malý konstrukční objem a malá hmotnost umožňují montovat aktivní snímač

otáček na ložisko kola nebo do něho. V tomto případě jsou magnety uspořádány na těsnicím kotouči ložiska kola. K původní funkci těsnění přistupuje tedy nová úloha. Těsnicí kotouč se tak rozšířil na "multipól".

Obr. 9 Indukční snímač otáček DF6 s nožovým pólovým kolíkem:

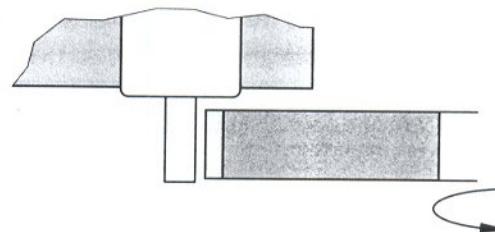
umístění radiální, snímání radiální



UAE0476Y

Obr. 10 Indukční snímač otáček DF6 s kosočtvercovým pólovým kolíkem:

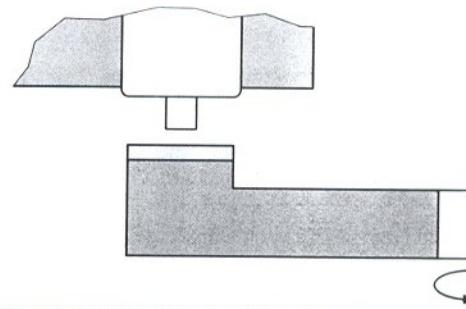
umístění axiální, snímání radiální



UAE0476Y

Obr. 11 Indukční snímač otáček DF6 s válcovým pólovým kolíkem:

umístění radiální, snímání axiální



UAE0478Y

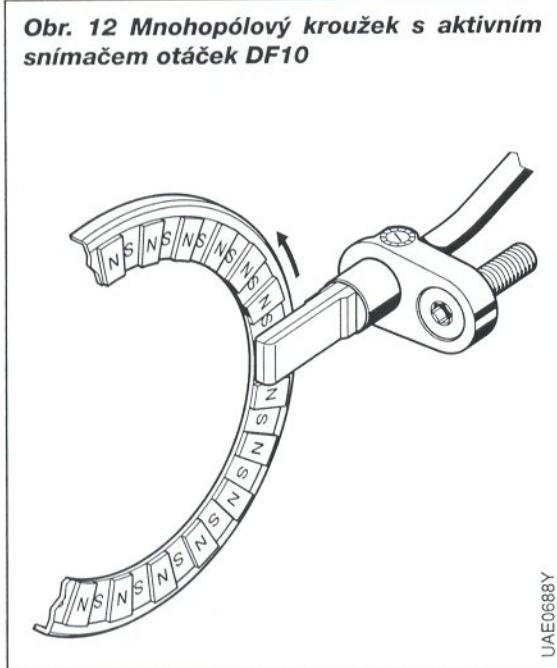
Pro snímací elementy se používají převážně Hallový prvky a magneticko-rezistentní prvky. Elementy s magnetickým odporem (magneticko-rezistentní prvky) jsou polovodiče, jejichž odpor závisí na magnetickém průtoku. Hallův element využívá efekt, že ve vodiči pod proudem se magnetickým polem vychylují nosiče nábojů. Mezi oběma elementy se vytváří napětí, které je závislé na magnetickém toku procházejícím měřicím elementem. Napětí se dále upravuje v aktivním snímači otáček. Na rozdíl od indukčního snímače je vyhodnocované napětí nezávislé na otáckách kola. Měření otáček kola je tak možné až do zastavení kola.

Pro aktivní snímač otáček je typický místní zesilovač. Oba prvky – měřicí element a zesilovač – jsou společně integrovány do tělesa snímače.

Dvoužilový kabel spojuje aktivní snímač otáček s řídící jednotkou. Potřebuje napájecí napětí mezi 7 a 20 V.

Otáčková informace se přenáší jako přiložený proud na jednu z obou žil (napájecí vedení). Frekvence proudu je (stejně jako u indukčního snímače otáček) úměrná otáckám kola. Forma přenosu jednou žilou kabelu s upravenými digitálními signály je méně náchylná na poruchové signály než forma přenosu u indukčního snímače otáček a navíc

Obr. 12 Mnohopólový kroužek s aktivním snímačem otáček DF10



nabízí následující možnosti:

- Přenos informace o směru otáčení kol. To je zapotřebí zejména pro "Hillholder" (česky "zajišťovací klín"), přičemž tato informace zabraňuje sjízdění vozidla při najízdění do kopce pomocí cíleného brzdění.
- Zprostředkování informace o kvalitě signálu, čímž je řidič vyzván, aby vyhledal autoservis pro předcházení možného výpadku snímače otáček v důsledku jeho stárnutí.
- Přenos signálů z jiných snímačů na kole (např. informace o tlaku vzduchu v pneumatikách a kmitání kola pro další zpracování při aktivní regulači odpružení podvozku).

## Elektronická řídící jednotka

### Úloha

Řídící jednotka přejímá elektrické a elektronické úlohy a regulační funkce systému, jako

- napájení snímačů proudem,
- zachycování provozních stavů,
- příprava dat (vstupní a výstupní ovladač, převod A/D),
- zpracování dat (výpočet akčních veličin pomocí uložených charakteristik a datových polí),
- výstup dat (k zesílení a výstupu signálů na akční členy),
- sledování (rozhraní a komponenty),
- propojení CAN s jinými řídícími jednotkami.

Řídící jednotky, které jsou instalovány v motorovém prostoru, musejí odpovídat zvýšeným požadavkům (teplota, otřesy, znečištění). Elektronická řídící jednotka je upravená jako separátní konstrukce nebo ve verzi pro společnou montáž s hydraulickou jednotkou. Verze pro společnou montáž byla zjednodušena dalším vývojem mikrohybridních řídících jednotek a používá se u mnoha vozidel.

## Konstrukce

Řídicí jednotku lze rozdělit na následující hlavní funkční bloky (obr 13):

### Vstupní obvody

Zde se upravují vstupní signály tak, že se mohou zpracovávat digitálním počítačem. K tomu jsou analogové signály digitalizovány v A/D převodníku a digitální signály jsou převzaty přímo.

Vstupní signály pro řídicí jednotku ESP tvoří následující data vozidla:

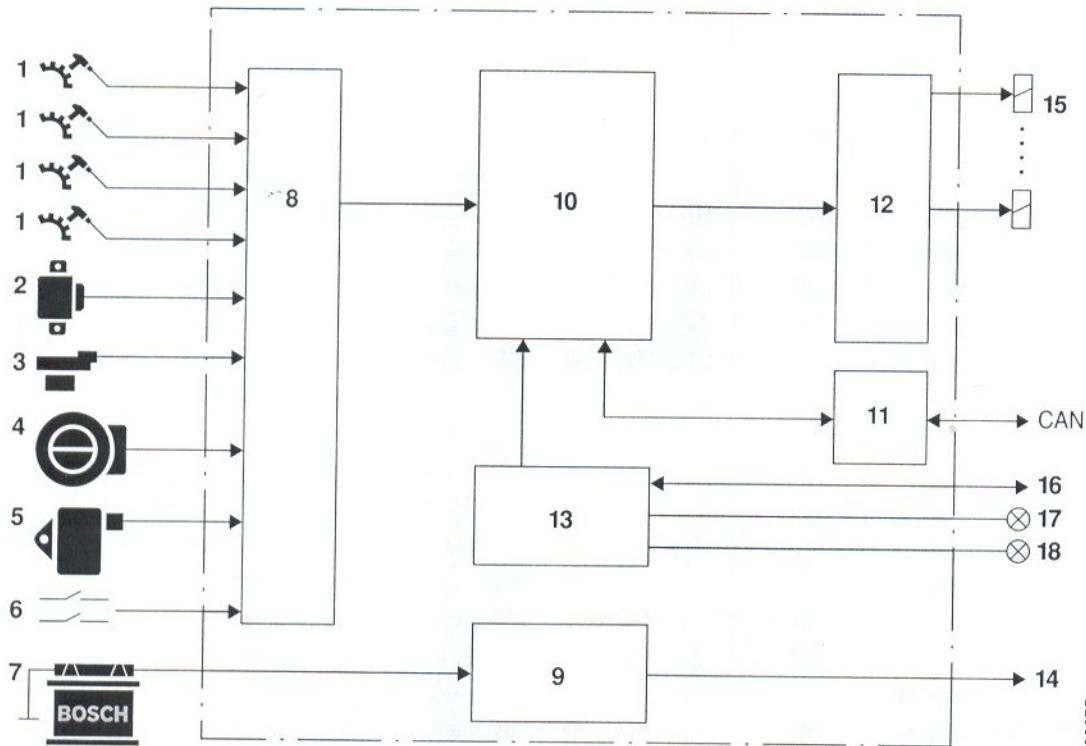
- poloha spínací skřínky zapalování,
- úhel natočení volantu,
- otáčky každého kola,
- stáčivá rychlosť,
- boční zrychlení,
- brzdný tlak,
- poloha brzdového pedálu a parkovací brzdy.

### Digitální regulátor

Digitální regulátor provádí neustálé porovnávání všech požadovaných a skutečných hodnot. Odchyly mezi požadovanými a skutečnými hodnotami se porovnávají s polem souborů dat v daném vozidle. Z toho vypočítá mikropočítač nutné korektury, které vedou ke zmenšení odchylek a k tomu potřebné akční veličiny pro ovladače. Tato operace se provádí tak dlouho, až se nevyskytuje žádná významná odchylka skutečné a požadované hodnoty. Regulace se pak ukončí.

Obr. 13 Blokové schéma řídicí jednotky

- |   |                                   |                               |
|---|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1 Snímače otáček,   | 7 Akumulátor,                     | 15 Elektromagnetické ventily  |
| 2 Snímač stáčivé rychlosti se snímačem bočního zrychlení, | 8 Vstupní elektrický obvod,       | hydraulické jednotky (vstupní |
| 3 Snímač úhlu natočení volantu,                           | 9 Stabilizátor napětí,            | přepínači ventily,            |
| 4 Spinací skřínka zapalování,                             | 10 Digitální regulátor,           | přívodní ventily, výstupní    |
| 5 Snímač neregulovaného brzdného tlaku                    | 11 Rozhraní CAN,                  | ventily),                     |
| 6 Spinač polohy brzdového pedálu a páky parkovací brzdy,  | 12 Koncové stupně,                | 16 Diagnostický konektor,     |
|   | 13 Chybová paměť,                 | 17 Kontrolka,                 |
|   | 14 Stabilizované napájecí napětí, | 18 Varovná svítilna.          |



### Koncové stupně

Řídící jednotka řídí svými výstupními signály

- hydraulickou jednotku s elektromagnetickými ventily,
- a předřadné čerpadlo, aby se mohl cíleně vyvolat brzdný účinek na jednotlivých kolech.

Energie nutná k řízení jednotlivých komponent se připravuje koncovými stupni (výkonovým ovladačem). Koncové stupně přeměňují na potřebné výkonové signály ty signály mikropočítáče nebo převodníku A/D, které jsou příliš slabé pro přímé řízení akčních členů.

### Výměna dat

Řídící jednotka je vybavena rozhraním CAN, které umožňuje komunikaci s jinými řídícími jednotkami a využívat jejich možnosti pro vlastní účely; takto se může datovou sběrnici CAN ovlivňovat výkon motoru a brzdný moment motoru.

Řízením motoru je možné zmenšovat hnací moment motoru, pokud řidič v určité jízdní situaci přidal "příliš mnoho plynu".

Data, která byla získána jinými systémy se tím mohou vyhodnocovat a používat také pro regulaci jízdní dynamiky.

### Stabilizátor napětí

Napájecí napětí potřebné k provozu snímačů (pouze snímač stáčivé rychlosti má vlastní napájení) zajišťuje řídící jednotka. Napájecí napětí musí být přitom stabilizováno a chráněno proti rušivým vlivům tak, že je bezpečně zaručena bezporuchová činnost částečně citlivých snímačů.

### Monitorování a diagnostika

Software zahrnuje program, který neustálou kontrolou zajišťuje řádný způsob činnosti systému:

- kontroluje se věrohodnost signálů snímačů, tzn. zda načtená hodnota má nějakou logiku,
- kontrolují se akční členy,

- mikropočítáč kontroluje svoji funkční dovednost pomocí zkušebního vzorku, který nejdříve zapíše do paměti a potom jej opět načte a vyhodnotí.

Indikace poruch, ukládání poruch a načtení poruch při technické inspekci vozidla jsou systémovými bezpečnostními programy a bezpečnostními obvody zajištěny co nejlépe, a maximálně tak podporují odstranění poruch.

### **Způsob činnosti**

Řídící jednotka zjišťuje z úhlu natočení volantu, stavu zatížení motoru a jízdních dat (např. rychlosti) požadované chování a z bočního zrychlení a stáčivé rychlosti skutečné chování vozidla. Ze stanovené regulační odchylky vypočítá mikropočítáč nutné korekce a k tomu potřebné akční veličiny. Neměřitelné veličiny (např. součinitel přilnavosti mezi pneumatikou a vozovkou, podélná a boční rychlosť vozidla), počítač odhaduje z dat, která jsou k dispozici.

Regulační proces je trvale kontrolován a v případě potřeby upraven, např. když se změní povaha povrchu vozovky nebo když řidič koriguje vozidlo.

## **Hydraulická jednotka**

### **Úloha**

Hydraulická jednotka přeměňuje příkazy řídící jednotky a řídí elektromagnetickými ventily tlak v příslušných kolových brzdových válcích – nezávisle na brzdném tlaku vyvozeném řidičem. Hydraulická jednotka tvoří hydraulické spojení mezi hlavním brzdovým válcem a kolovými válečky a je umístěna v motorovém prostoru, aby hydraulická vedení k hlavnímu válci a ke kolovým válečkům byla krátká.

Hydraulická jednotka zahrnuje vstupní a výstupní elektromagnetické ventily pro řízení tlaku v jednotlivých kolových brzdách. Přebytečná brzdová kapalina při řídících operacích je zachycována v zásobníku a přiváděna čerpadly pro zpětnou dodávku zpět do systému.

## Konstrukce

Hydraulická jednotka se skládá ze samonasávacího čerpadla pro zpětnou dodávku, tlumicí komory a zásobníkové komory pro každý brzdový okruh, zpětných ventilů a 2/2-elektrických ventilů, přičemž jsou všechny tyto komponenty umístěny ve skříni čerpadla, a také motoru čerpadla, který je upevněn na skříni čerpadla.

### Samonasávací čerpadlo pro zpětnou dodávku

Elektromotor pro pohon čerpadla pro zpětnou dodávku je umístěn naproti elektromagnetickým ventilům. Elementy čerpadla leží ve střední oblasti hydraulické jednotky.

Samonasávací čerpadlo pro zpětnou dodávku dopravuje při nárůstu tlaku brzdovou kapalinu proudící z kolových válečků přes zásobníky a tlumicí komory zpět do hlavního brzdového válce a vytváří tak zdroj energie pro aktivní brzdný zásah (brzdění bez zásahu řidiče).

### Zásobníky a tlumicí komory

Zásobníky a tlumicí komory jsou umístěny v dolní části hydraulické jednotky. Zásobníky akumulují brzdovou kapalinu, která náhle přechodně nabíhá ve fázi snižovaní tlaku. Tlumicí komory tlumí kolísání tlaku (kmitání) v hydraulickém systému a tím zmenšují zpětné působení na brzdový pedál. Navíc snižují hluk.

### Elektromagnetické ventily 2/2

V horní části hydraulické jednotky jsou umístěny čtyři dvojice vstupních a výstupních ventilů a dvě dvojice přepínacích a sacích ventilů. Vstupní a výstupní ventily slouží k modulaci brzdného tlaku během regulace tlaku v kolových válečcích. Dva páry přepínacích a sacích ventilů slouží k aktivnímu zvyšování tlaku (brzdnému účinku bez toho, aniž by řidič stlačil brzdový pedál) v kolových válečcích. Přepínací ventil má integrovaný omezovací ventil k limitování systémového tlaku. Sací ventil spojuje samonasávací čerpadlo pro zpětnou dodávku s připojkou hlavního brzdového válce; je to dvoustupňový ventil.

1. stupeň (normální případ): v nezabrzděném stavu otvírá sací ventil velký průřez.

2. stupeň: když řidič brzdí nebo zapíná předřadné čerpadlo, sací ventil částečně zavírá a zvětšuje tím svůj průtokový odpor.

### Zpětné ventily

Zpětné ventily jsou předepsnutý pružinou, takže samonasávací vratné čerpadlo nemůže způsobovat žádný podtlak v kolových válečcích a nevzniká nebezpečí, že by se písty v kolových válečcích vraceły příliš daleko, a že by se tak příliš silně zmenšil brzdný účinek.

### Způsob činnosti

Blokové schéma hydraulické jednotky (obr. 14) ukazuje ventily v neaktivním stavu. Když řidič brzdí, je brzdová kapalina "tlačena" z hlavního brzdového válce do brzdových okruhů. Brzdová kapalina proudí otevřenými přepínacími a vstupními ventily do kolových brzdových válečků. Když řidič opět uvolní brzdový pedál, proudí brzdová kapalina z válečků na kolech opět vstupními a přepínacími ventily zpět do hlavního brzdového válce.

Pokud řidič brzdí rychle a silně, takže hrozí blokování kol, musí se brzdný tlak v kolových válečcích zmenšit oproti tlaku v hlavním válci.

Když se má aktivně brzdit (bez zásahu řidiče), aby se udržela stabilita vozidla,

uzavře se přepínací ventil, otevře sací ventil a zapne samonasávací zpětné čerpadlo.

### Nárůst tlaku

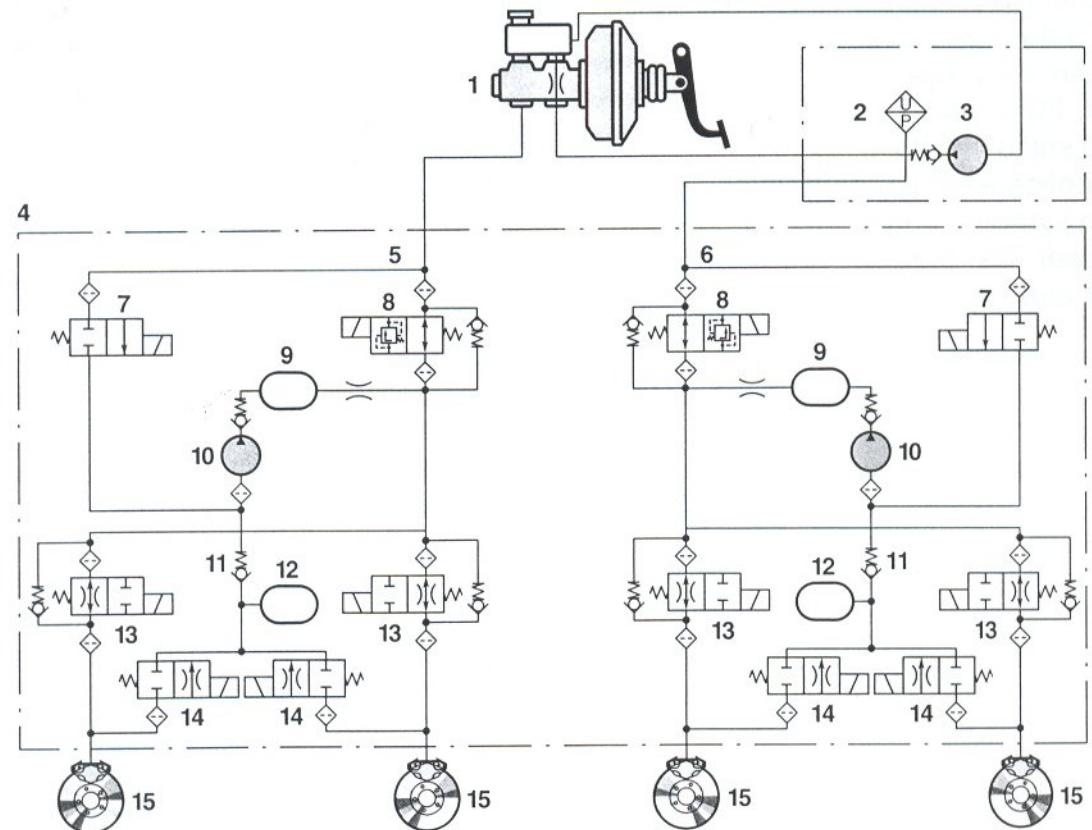
Když řidič se sleslápne brzdový pedál, vypne se vstupní ventil (tím se otevře) a brzdová kapalina proudí z hlavního brzdového válce do brzdových válečků na kolech (např. u systému ABS). Pokud se při regulaci jízdní dynamiky aktivně brzdí (bez zásahu řidiče), tak brzdová kapalina proudí ze samonasávacího čerpadla pro zpětnou dodávku s aktivovaným sacím ventilem přímo do brzdových válečků.

### Udržování tlaku

Pro zabránění dalšího nárůstu tlaku

Obr. 14 Zjednodušené schéma hydraulického systému ESP s hydraulickou jednotkou

**1** hlavní brzdový válec, **2** snímač tlaku, **3** předřadné čerpadlo eVLP, **4** hydraulická jednotka Bosch 5.3, **5** první brzdový okruh, **6** druhý brzdový okruh, **7** sací ventily, **8** přepínací ventily s funkcí omezovače tlaku, **9** tlumící komory, **10** samonasávací čerpadlo pro zpětnou dodávku, **11** zpětné ventily, **12** zásobníky, **13** vstupní ventily, **14** vypouštěcí ventily, **15** kolové brzdy



v kolovém válečku musí vstupní ventil při riziku blokování přerušit spojení od hlavního válce k brzdovým válečkům těch kol, které mají sklon k blokování. K tomu se aktivují příslušné vstupní ventily.

Když se aktivně brzdí, proudí zbytková brzdová kapalina, kterou ještě dopravuje samonasávací čerpadlo, přes tlakové omezovací ventily (v přepínacích ventilech) do hlavního válce.

Aby se zabránilo nepotřebnému zatížení čerpadla, není sací ventil při aktivním brzdění aktivován (zůstává uzavřen), pokud jsou oba vstupní ventily v brzdovém okruhu aktivovány (uzavřeny).

#### Pokles tlaku

Když má kolo sklon k blokování, tedy když je příliš velký brzdný tlak v brzdovém válečku, tak se tlak musí co nejrychleji snížit. K tomu je zapotřebí spojení mezi příslušným kolovým válečkem a vratnou větví nebo se zásobníkovou komorou. K tomu účelu je aktivován výstupní ventil (tím se otevře). Jakmile v kolovém válečku tlak klesl dostatečně, zapíná se výstupní ventil opět do bezproudové normální polohy k nárůstu tlaku nebo udržování tlaku.

## **Předřadná plnicí čerpadla**

### **Předřadné plnicí čerpadlo VLP2 (1. generace)**

V určitých jízdních situacích zasahuje buď protiprokluzová regulace nebo regulace jízdního skluzu. Přitom se musejí jednotlivá kola zabrzdit, aniž by řidič ovládal brzdový pedál. Tento druh brzdění se nazývá "aktivní brzdění". Protože viskozita brzdové kapaliny při teplotách < -20 °C náhle silně narůstá, reaguje brzdová hydraulika se zpožděním. Aby se tento efekt vyrovnal, je zapotřebí pro rychlé aktivní brzdění předřadné čerpadlo VLP2. Toto předřadné čerpadlo je bezprostředně spojeno s nádržkou brzdové kapaliny – bez mezi ně vložených ventilů, které by mohly zpoždovat účinek brzd.

Pro ochranu brzdových okruhů před vnikajícím vzduchem nebo vnikající pěnou brzdové kapaliny není předřadné čerpadlo spojeno přímo se vstupem čerpadla pro zpětnou dodávku. Okruh brzdové kapaliny předřadného čerpadla je proto pomocí děliče médií oddělen v jednotce plnicího pístu od obou brzdových okruhů čerpadla. Předřadné plnění je kombinací předřadného čerpadla a jednotky plnicího pístu.

Předřadné čerpadlo má zvláštní ozubená kola, která vytvářejí téměř kontinuální oběh kapaliny – bez vstupního ventilu, který omezuje oběh. Tím nevznikají téměř žádná rušivá kolísání tlaku, mezi předřadných čerpadlem VLP2 a pístovým čerpadlem pro zpětnou dodávku. Mezi dopravním výkonem a rychlostí čerpadla pro zpětnou dodávku je lineární závislost.

### **Předřadné plnicí čerpadlo eVLP (2. generace)**

Zavedením zjednodušeného elektrického čerpadla eVLP lze dále zjednodušit hydraulický systém, neboť odpadá jednotka plnicího pístu. Předběžné plnění je kombinací z hlavního brzdového válce a předřadného čerpadla.

#### Způsob činnosti

Předřadné čerpadlo eVLP dopravuje brzdovou kapalinu z nádržky brzdové kapaliny do okruhu. Část kapaliny protéká přes hlavní brzdový válec zpět do nádržky brzdové kapaliny a určuje tlak v brzdovém okruhu odporem proudu na cestě z hlavního válce do nádržky brzdové kapaliny. Jiná část se dopravuje čerpadlem pro zpětnou dodávku do kolových válečků.

#### Provedení

Dříve popsaný odpor musí být uveden v soulad s dopravním výkonem předřadného čerpadla. Sladění se provádí tak, že tlak předběžného plnění pro vratné čerpadlo hydraulické jednotky je dostatečně vysoký. Potřebný před-

běžný tlak se nechá odvodit z výkonného chování regulace jízdní dynamiky při nízkých venkovních teplotách.

Když se zmenšuje množství kapaliny, která proudí zpět z hlavního brzdového válce do nádržky brzdové kapaliny, tak se zmenšuje také tlak v brzdovém okruhu.

To se například děje, když se otevírá sací ventil a část kapaliny proudí do čerpadla pro zpětnou dodávku a nакonec do kolových válečků. Proto musí být dopravní výkon předřadného čerpadla výrazně vyšší, než výkon čerpadla pro zpětnou dodávku.

Zpětný ventil zabraňuje, aby během brzdění unikala brzdová kapalina přes předřadné čerpadlo zpět k nádržce brzdové kapaliny. Protože při nízkých teplotách panuje obzvláště vysoká "potřeba předběžného plnění", je předběžné čerpadlo dimenzováno pro optimální dopravní výkon při nízkých teplotách.

Tlak hlavního brzdového válce v druhém okruhu vyvolaný předřadním čerpadlem posunuje plovoucí píst. Tím se uzavírá jeho centrální ventil. Při dalším posunování tlačí plovoucí píst brzdovou kapalinu z hlavního brzdového válce do hydraulické jednotky. Tímto způsobem se předběžně naplňuje první okruh. Na rozdíl od druhého okruhu zůstává první okruh oddělený od okruhu brzdové kapaliny předřadného čerpadla.

## Jednotka plnicího pístu

### Úloha

Jednotka plnicího pístu jako komponent ESP má společně s předřadním čerpadlem VLP2 úlohu, zajišťovat dostatečně rychlý nárůst brzdné síly pro aktivní, cílený ("selektivní") brzdný zásah. ESP zasahuje častěji při nízkých venkovních teplotách a malé přilnavosti vozovky. Vlivem chladu však silně narůstá viskozita brzdové kapaliny, takže se zpožďuje nárůst tlaku v kolových brzdách.

Proto musí být hydraulika původního systému ABS/ASR podporována, aby

se vyhovělo novým požadavkům. U prvních provedení ESP je to realizováno např. předřadním čerpadlem (viz předchozí odstavec) a jednotkou plnicího pístu.

V budoucích, ale také částečně v již zabudovaných verzích regulace jízdní dynamiky, jsou stávající komponenty, jako hlavní brzdový válec nebo hydraulická jednotka tak upraveny, že jednotka plnicího pístu již není zapotřebí.

### Konstrukce

Jednotka plnicího pístu se skládá ze dvou pohyblivých pístů, které se posouvají na jedné straně narůstajícím tlakem brzdové kapaliny a na druhé straně jsou pružinami tlačeny zpět do své výchozí polohy. Různé přípojky k hlavnímu válci, k předřadnému čerpadlu a k brzdovým okruhům a snímač tlaku doplňují jednotku plnicího pístu.

### Princip činnosti

Jednotka plnicího pístu mezi předřadním čerpadlem a hydraulickou jednotkou slouží k odpojení brzdových okruhů od okruhu předběžného plnění. Toto uspořádání odpovídá požadavku na uzavřené a oddělené brzdové okruhy, přičemž předřadné čerpadlo není zapojeno přímo do čerpadel pro zpětnou dodávku, nýbrž působí na jednotku plnicího pístu. Při potřebě aktivního brzdného tlaku dopravuje předřadné čerpadlo brzdovou kapalinu do jednotky plnicího pístu a tím od sebe roztlačuje její oba písty.

Posunutí pístu způsobuje předběžné plnění čerpadel pro zpětnou dodávku, která zajišťuje rychlý nárůst tlaku v brzdách kol také při nízkých teplotách.

Aby se mohla odvzdušňovat brzdová kapalina okruhu předřadného čerpadla, vede separátní vedení s malým škrcením od jednotky plnicího pístu k nádržce brzdové kapaliny.

# Jízdní stabilita

Dobré řízení vozidla závisí na tom, zda vozidlo sleduje jízdní stopu, která co nejpřesněji souhlasí s průběhem úhlu řízení a zda vozidlo zůstává stabilní, tedy při řídicích pohybech vozidlo "nevýbočuje" ani se nestává nestabilním.

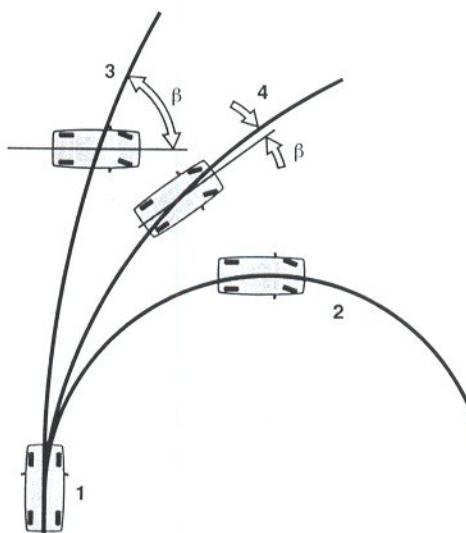
Příčná dynamika vozidla je přitom obzvláště důležitá. Je popsána bočním pohybem (úhel směrové úchytky vozidla) a otáčením vozidla kolem jeho svislé osy kolmé k vozovce (stáčivá rychlosť), obr. 1.

Obr. 2 názorně ukazuje příčnou dynamiku při pevném úhlu řízení (kruhová jízda). Poloha 1 ukazuje okamžik natočení volantu (skokové natočení). V zatáčce 2 je jízdní stopa znázorněna pro drsnou vozovku; stopa souhlasí s průběhem úhlu řízení. To je zaručeno, když je boční zrychlení menší než součinitel valivé přilnavosti (= součinitel adheze). Jakmile se překročí součinitel adheze, např. kvůli kluzké vozovce, bude úhel směrové úchytky vozidla nadměrně velký (zatáčka 3). Regulace stáčivé rychlosti vede sice k tomu, že se vozidlo také

tolik natáčí kolem svislé osy jako v zatáčce 2, ale kvůli velkému úhlu směrové úchytky těžiště hrozí nestabilita. Z tohoto důvodu reguluje ESP jak stáčivou rychlosť, tak i úhel směrové úchytky vozidla  $\beta$  (trajektorie 4).

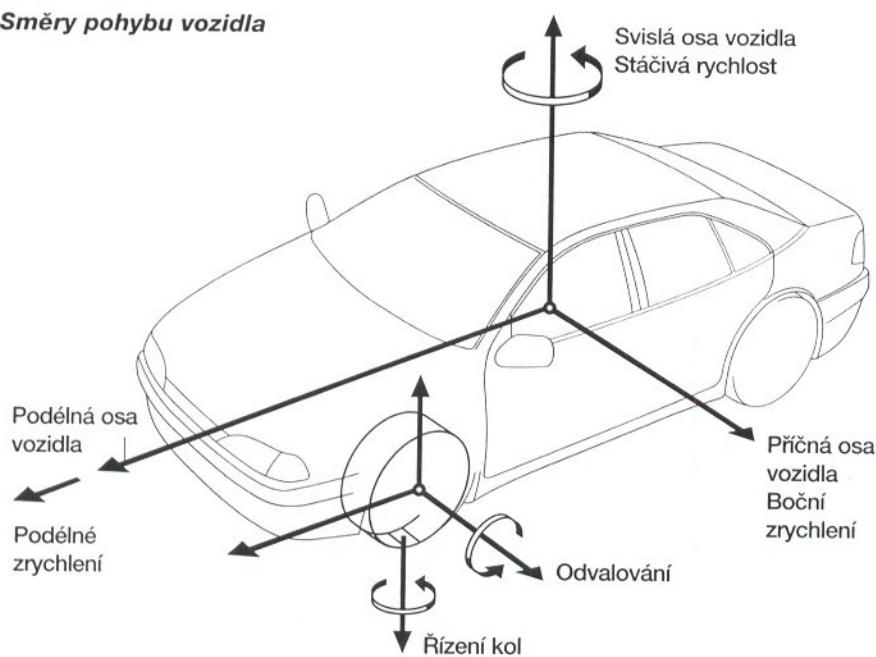
Obr. 2 Boční dynamika vozidla:

- 1 skokové natočení volantu, fixovaný volant
- 2 jízdní stopa na drsném povrchu vozovky
- 3 jízdní stopa na kluzké vozovce s řízením stáčivé rychlosti
- 4 jízdní stopa na kluzké vozovce s dodatečným řízením úhlu směrové úchytky  $\beta$  (ESP)



UFA0005Y

Obr. 1 Směry pohybu vozidla



UFA0013D

# Kontrolní a diagnostický systém

Permanentní sledování funkcí při jízdě má zásadní význam pro bezpečnou funkci regulace dynamiky jízdy. Integrované sledovací funkce zahrnují celkový systém včetně všech komponentů s kompletním vzájemným působením. Závady, poruchy a výpadky je nezbytné rozpoznat ihned, aby byla zajistěna úplná funkčnost vozidla. Diagnostický systém je ukládá do paměti ve tvaru definovaného chybového kódu. Při kontrole vozidla se tato data přečtou a podle chybového kódu se určí druh závady. Tímto způsobem mohou být přijata opatření k odstranění závady a k udržování a zajištování funkcí. Tento systém je označován jako „palubní diagnostika“, OBD (Onboard-Diagnose). Systém sledování a diagnostiky regulace jízdní dynamiky byl vytvořen na základě osvědčeného hardware a software odzkoušeného u ABS a ASR. Řidič je přehledně informován o všech aktuálních provozních stavech.

## Integrované vyhledávání závady

### Řídicí jednotka

#### Vlastní diagnostika

Software obsahuje program, který prostřednictvím neustálých kontrol zajišťuje řádný chod systému. Mikropočítač prověruje řádnou funkci pomocí zkušebních vzorků, které jsou nejdříve uloženy do paměti, potom následně vyčteny a vyhodnoceny.

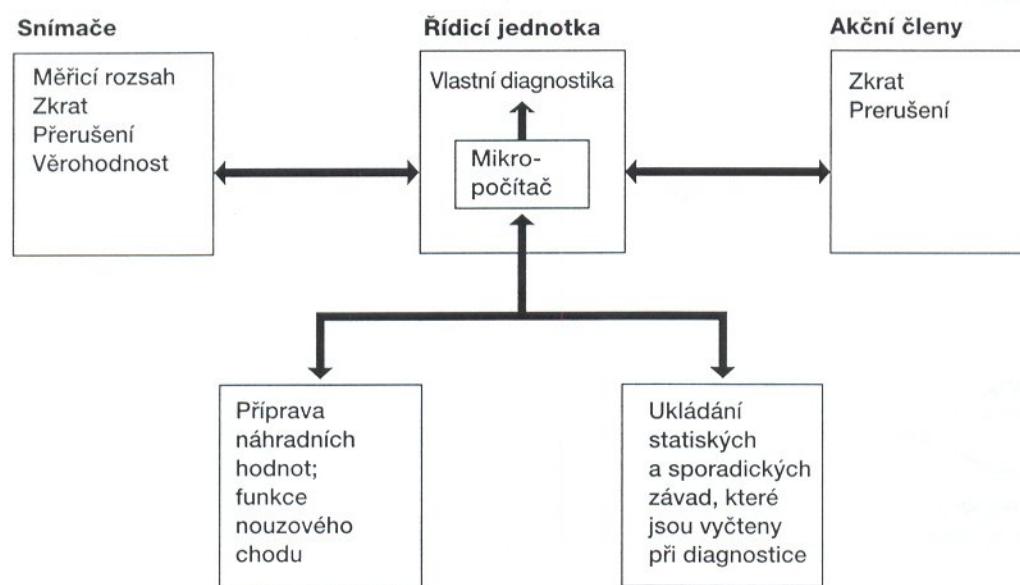
#### Chybové hlášení

Řidič je signalizován pomocí kontrolky a výstražného světla okamžitý provozní stav příp. výskyt závady nebo poruchy. Tak ihned pozná, zda a za jakých předpokladů může jízda pokračovat.

#### Paměť závad

V řídicí jednotce je integrovaná paměťová jednotka, která vyvolatelně eviduje závady nebo poruchy, které se vyskytnou, a ukládá je ve tvaru definovaného chybového kódu. V této energeticky nezávislé paměťové jednotce (paměť závad) zůstávají data zachována i v případě vypnutí motoru.

Obr. 1 Vlastní diagnostika elektronických systémů



vána i po vypnutí napájení (např. při výměně akumulátoru).

Po diagnostikování v servisní síti BO-SCH nejsou již dále potřeba a mohou být vymazána.

## Snímače

U signálů snímačů se prověruje jejich hodnověrnost v rámci předem daných hranic. To znamená, že musejí dosahovat hodnot, které jsou v praxi reálné. Nereálné hodnoty se vyhodnocují jako neplatné (pasivní kontrola). V případě aktivní kontroly snímačů jsou snímače cíleně řízeny a vyhodnocuje se jejich reakce. Přitom se zjišťují hlavně poruchy vodičů, výpadky komponentů a snímačů.

Celková kontrola se koná během jízdy podle modelového výpočtu. Přitom se kontroluje, zda jsou v souladu vztahy mezi signály snímačů a skutečnými pohyby vozidla.

## Akční členy

Také u akčních členů, které převádějí vypočtené veličiny, je třeba průběžně kontrolovat správnou funkci a nepoškozená vedení. Na jedné straně se jim zadávají testovací pokyny a jejich reakce na ně se vyhodnocují. Na druhé straně srovnává řídící jednotka hodnoty proudu odebíraného během řízení s mezními hodnotami proudu uloženými v paměti.

## Odstraňování závad

Řídící jednotka analyzuje chybové údaje a vyhodnocuje jejich vliv na jízdu. Podle druhu závady a momentálního jízdního stavu pak regulace

- probíhá dále
- pokračuje pouze do ukončení nezbytné korektury nebo
- se ihned vypne.

Pokud se systém kvůli vážné poruše kompletně odpojí, musí řidič ihned vyhledat odborný servis za účelem přesného diagnostikování závady. Není možné, aby sám diagnostikoval nebo dokonce odstraňoval poruchy. Pokus

o zásah do systému by mohl vést k vážným poškozením.

## Servisní kontrola

Vyčtením chybového kódu v rámci vlastní diagnostiky je možné přesně rozpoznat a vyhodnotit závady, poruchy nebo odchylky od požadovaných hodnot, zjištěné systémem sledování regulace jízdní dynamiky.

K vyhodnocování zjištěných dat se používají speciální testery (např. univerzální tester BOSCH KTS 500 s počítacem řízenou podporou při vyhledávání závad). Při tomto vyhodnocení je možno rozpoznat nejen závady, které se vyskytly, ale také krátkodobé nepravidelnosti. Analýza umožňuje například spolehlivě zjistit, přiřadit a odstranit následující druhy závad:

- závady v propojení, jako jsou poškození kabelů a uvolněné kontakty,
- výpadky komponentů a snímačů,
- chyby výpočtu a přenosu dat,
- odchylky signálů snímačů od jejich požadovaných hodnot a
- nepravidelnosti a poruchy u akčních členů.

Výměnou komponentů, které byly využívány jako poškozené, je možno zabránit výpadku dílčích systémů, celkového systému nebo také pouze jednotlivých funkcí.

Doporučuje se proto nechat provádět údržbu pravidelně v předepsaných intervalech, protože jenom tak může být provedena kvalifikovaná diagnostika a zůstane zachována spolehlivost systému regulace dynamiky jízdy.

# Glosář dynamiky motorových vozidel

→ znamená odkaz na jiný pojem

**Boční vítr:** Síla působící v tlakovém středu vozidla příčně ke směru jízdy.

**Boční vodicí síla:** Síla mezi pneumatikou a vozovkou, která směruje proti → příčné síle.

**Brzdný moment motoru:** Brzdný účinek motoru při jízdě s uvolněným akceleračním pedálem a zařazeným rychlostním stupněm.

**Brzdný skluz:** → Skluz pneumatiky.

**Closed-loop režim:** Reálné směrové chování vozidla (ovlivňované řidičem) v uzavřeném regulačním obvodu se zadanými vodicími, regulačními a rušivými veličinami při aktivní regulaci jízdní dynamiky.

**ESP:** "Electronic Stability Program", chráněné označení regulace jízdní dynamiky (Daimler Benz).

**Hnací skluz:** → Skluz pneumatiky při pohonu způsobuje, že skutečně ujetá dráha je kratší, než odvalená dráha obvodu pneumatiky.

**Chování při přímé jízdě:** Dodržování jízdní stopy a stabilita při jízdě v přímém směru bez natáčení volantu.

**Jízdní dynamika:** Popis chování a reakcí vozidla při působení všech sil.

**Jízdní odpor:** Součet sil působících proti směru jízdy, tj. odpor valivý, odpor vzdušný a odpor stoupání.

**Kluzná přilnavost:** Třecí síla mezi pneumatikou a vozovkou při → smýkání pneumatiky.

**Moment na volantu:** "Spotřeba síly" k otáčení volantu. Vzrůstá se zvětšujícím se → úhlem natočení volantu.

**Nedotáčivost:** Úhel směrové úchylky vpředu je větší než vzadu. Vozidlo projíždí po vět-

ším poloměru zatáčky, než by mělo vzhledem k → úhlu řízení (úhlu natočení volantu).

**Neutrální zatáčivost:** Směrové úchylky na přední a zadní nápravě jsou stejné. Vozidlo sleduje zakřivenou dráhu podle nastavení volantu.

**Odstředivá síla:** Setrvačná síla, která působí na vozidlo při jízdě zatáčkou. Je kolmá na tečnu k trajektorii těžiště a směruje vně.

**Open-Loop režim:** Objektivní (zásahy řidiče neovlivňované) jízdní chování vozidla v rozpojeném regulačním obvodu se zadanými rušivými veličinami při aktivním systému ESP.

**Osa klopení:** "Okamžitá osa" karoserie vzhledem k vozovce, kolem které se nakládí vozidlo při projízdění zatáčky.

**Osa naklápení:** → Osa klopení

**Protířízení:** Natáčení volantu proti směru zatáčky ke stabilizování jízdy vozidla při → přetáčivosti.

**Přetáčivost:** Úhel směrové úchylky vzadu je větší než vpředu. Vozidlo projíždí po menším poloměru zatáčky, než by mělo vzhledem k → úhlu řízení (úhlu natočení volantu).

**Přilnavost pneumatiky/vozovky:** → Třením umožněný přenos sil pneumatiky na vozovku.

**Podélné zrychlení:** Zrychlení a zpoždění vyvolané → podélnými silami.

**Podélná dynamika:** Popis chování a reakcí vozidla v podélném směru při působení všech → podélných sil.

**Podélné síly:** Síly způsobené brzděním, pohonom, jízdou ze svahu, valivým odporem, odporem stoupání, protivětrem a větrem ve směru jízdy (větrem v zádech).

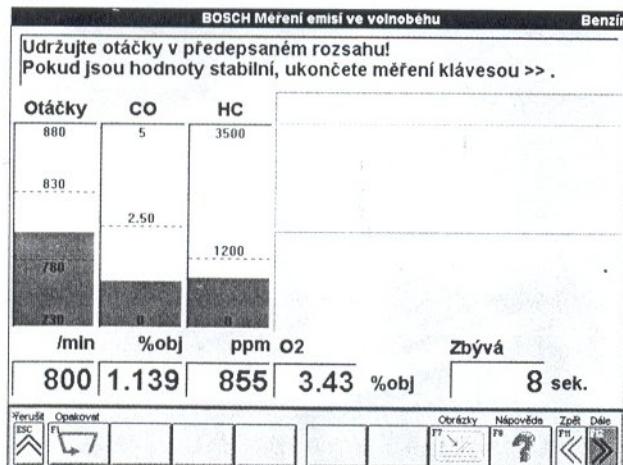
**Příčné zrychlení:** Příčná odchylka vozidla od podélné dráhy vozidla podmíněná → příčnými silami v tlakovém středu nebo v těžišti (např. boční vítr, → odstředivá síla).

# Úřední měření emisí\* (ESA)

- zážehových motorů, modul analyzátoru výfukových plynů ETT 8.71 (benzin, LPG, CNG, metanol)
- vznětových motorů, modul opacimetru RTM 430

Počítacem řízené měření emisí obsahující vše potřebné k měření emisí:

- databanku předepsaných hodnot emisí
- databanku uživatele (s možností doplnění vlastních předepsaných hodnot)
- databanku zákazníků (umožňuje uchování naměřených hodnot)
- program pro automatické zpracování výsledků měření (evidence známek a osvědčení, zpracování hlášení pro ÚVMV, ÚSMD a DI)
- výtisky A4 obsahující veškeré údaje vyžadované českou legislativou



Měření emisí ve volnoběhu

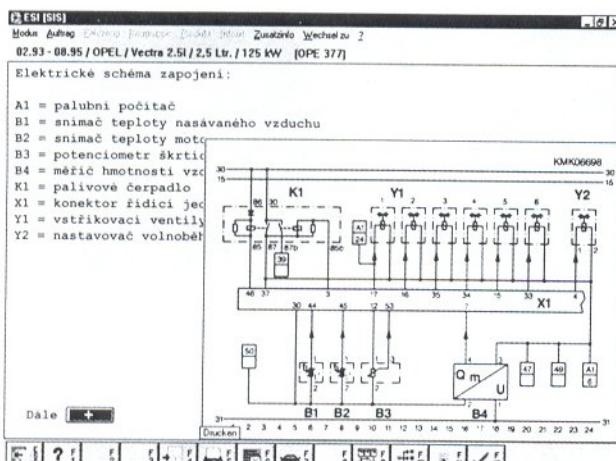
## Informační systém ESI[tronic]\* - obsahuje

### - technické informace o elektronických systémech

- příznaky závad
- postupy oprav
- návod pro komunikaci s řídicí jednotkou
- význam chybových kódů
- umístění komponentů ve vozidle
- předepsané hodnoty komponentů
- elektrická schémata zapojení

### - obchodní informace

- objednací čísla náhradních dílů, příp. jejich vyobrazení



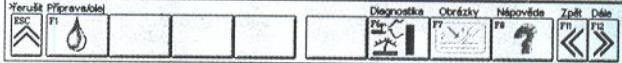
\* Zvláštní příslušenství

Předepsané hodnoty s řízeným katalyzátorem

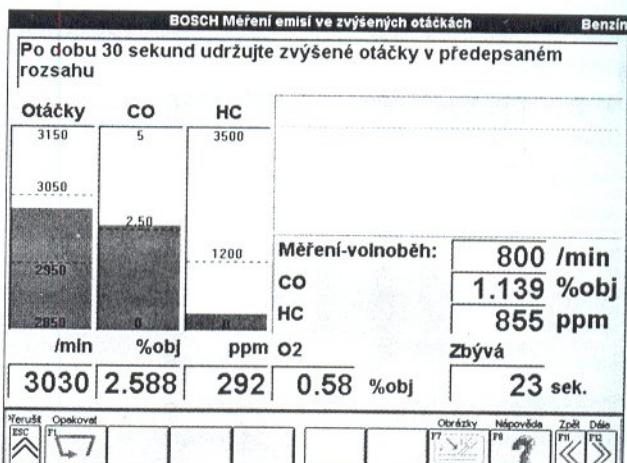
00005/98N

Zadání min. hodnoty Lambda pro měření ve zvýšených otáčkách od 0.50 do 1.80 (delta Lambda <= 0.04)

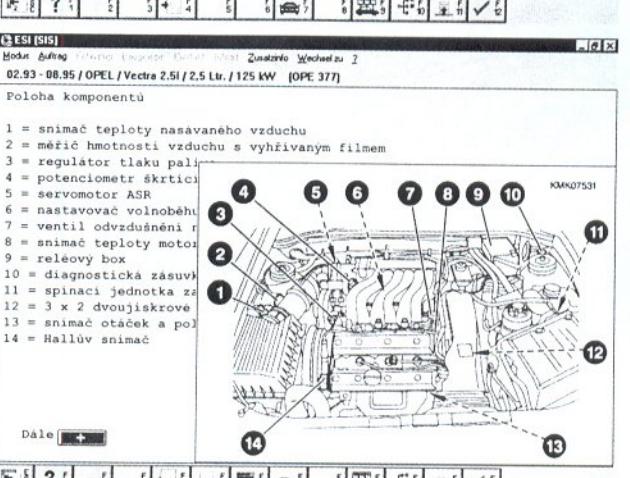
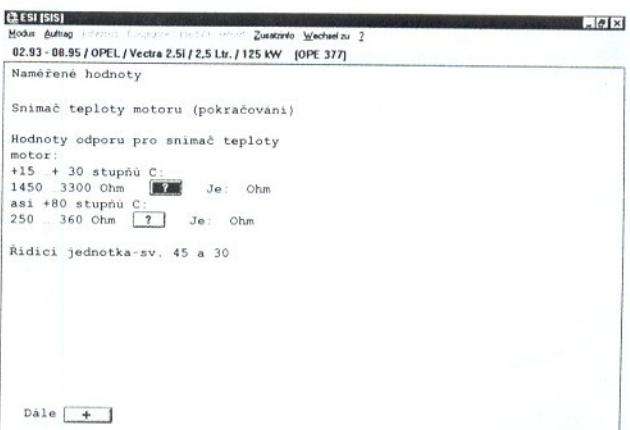
	mín.	max.
Teplota oleje	60 °C	S podtlakem
Předstih	5 °KH	Ne
Otáčky	3000 /min.	Čas 1 min.
Volnoběh	780 /min.	CO max 0.5 %obj
Otáčky	2500 /min.	Zvýšené otáčky 0.3 %obj
Lambda	0.97	1.03



Předepsané hodnoty



Měření emisí ve zvýšených otáčkách



## Distribuce:

Robert Bosch odbytová spol. s r.o.

Automobilová diagnostika

Pod Višňovkou 25/1661

142 01 Praha 4 - Krč

Tel.: 02/61300 422-8

Fax: 02/61300 518

## Seznam příruček

Elektronika motoru	Objednací číslo
	1 987 711 001
Bezpečnostní a komfortní systémy	1 987 720 037
Symboly a elektronická schémata	1 987 711 002
Systém vstřikování K-Jetronic	1 987 711 009
Systém vstřikování KE-Jetronic	1 987 711 021
Systém vstřikování L-Jetronic	1 987 711 010
Systém vstřikování Mono-Jetronic	1 987 720 033
Systém řízení motoru Motronic	1 987 711 011
Emise zážehových motorů	1 987 711 020
Akumulátory	1 987 711 003
Zapalování	1 987 720 004
Zapalovací svíčky	1 987 711 005
Alternátory	1 987 711 006
Startéry	1 987 711 007
Přehled vstřikování vznětových motorů	1 987 711 038
Řadová vstřikovací čerpadla	1 987 711 012
Regulátory řadových čerpadel	1 987 711 013
Rotační vstřikovací čerpadla	1 987 711 014
Brzdové soustavy osobních vozidel	1 987 711 023
Vzduchové brzdové soustavy: schémata	1 987 711 015
Vzduchové brzdové soustavy: zařízení	1 987 711 016
Common Rail	1 987 720 054
Rotační čerpadlo s radiálními písty	1 987 720 053
Světelná technika	1 987 711 039
Regulace jízdní dynamiky	1 987 711 052

