

## BRZDOVÉ SYSTÉMY OSOBNÍCH A UŽITKOVÝCH AUTOMOBILŮ

Brzdové systémy patří mezi nejdůležitější systémy aktivní bezpečnosti motorových vozidel. Regulace jízdní dynamiky ESP (Elektronic Stability Program, Elektronisches Stabilitäts-Programm) je regulační systém ke zlepšení jízdního chování, který zasahuje do brzdové soustavy a do hnacího ústrojí. Protiblokovací systém ABS zajišťuje, že kola při brzdění nemohou blokovat, použitím protiprokluzové systému ASR nemohou kola při rozjíždění prokluzovat (protáčet se na místě). ESP jako úplný systém kromě toho zaručuje, že vozidlo při jízdě nevybočuje a nestává se nestabilním tím, že dostane smyk. Elektronický závěr diferenciálu EDS (Elektronische Differential Sperre) znamená, že elektronický systém ABS nahrazuje diferenciál se zvýšenou svorností. Systém EDS využívá řídicí jednotku systému ABS a působí vlastně opačně. Zatímco ABS citlivě povoluje blokuující kolo až 12× za sekundu, pak EDS naopak přibrzďuje prokluzující kolo a tím přenáší větší díl hnací síly na kolo s lepší přilnavostí. EDS tedy zlepšuje jízdu vozidla na vozovce s nestejnými adhezními vlastnostmi pod levým a pravým hnacím kolem.

Elektronické řízení výkonu motoru EMS (Elektronische Motorleistung Steuerung) – aby mohlo ASR zasáhnout nezávisle na tom, jak řidič akceleruje, musí být použito místo mechanického propojení mezi pedálem akcelérátoru a škrticí klapkou u zážehového motoru nebo mezi pedálem a regulační tyčí vstřikovacího čerpadla vznětového motoru „elektronické řízení výkonu motoru“

Regulace brzdného momentu motoru MSR – systém ASR je možno přídavně doplnit o regulaci brzdného momentu motoru MSR (Motorschleppmomentregelung). Při řazení nižšího rychlostního stupně nebo při prudkém uvolnění pedálu akcelérátoru na kluzké vozovce může dojít vlivem brzdného účinku motoru k vysokému brzdnému skluzu (blokování kol). MSR musí lehkou akceleraci nepatrně zvýšit točivý moment motoru tak, aby se brzdění kol snížilo na hodnotu zaručující jízdní stabilitu. EBV (Elektronischer Bremskraft Verteiler) – pro svou činnost využívá elektromagnetické ventily ABS. Stále více se zavádí brzdový asistent BAS. Novinkou je elektronická parkovací brzda APB (Automatische Parkbremse).

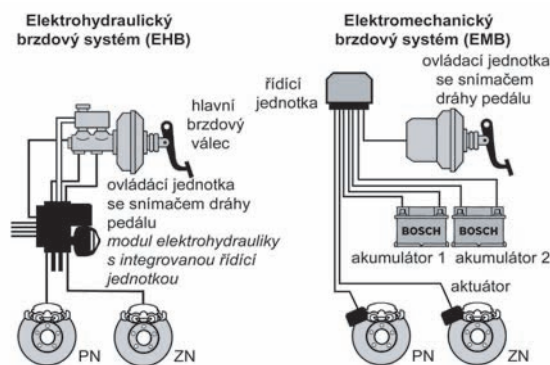
### ELEKTROHYDRAULICKÝ BRZDOVÝ SYSTÉM EHB

Tento systém (Sensotronic, Bosch) zachovává hydraulické brzdy kol, které však nejsou přímo při standardním režimu provozu hydraulicko-mechanicky propojeny s brzdovým pedálem (obr. 1 vlevo). Řídicí jednotka zjišťuje sílu působící na brzdový pedál, což znamená pokyn řidiče k brzdění, a pro každé jednotlivé kolo vypočítá potřebný brzdný tlak. Do tohoto výpočtu jsou zahrnuty charakteristické údaje o chování vozidla, o prokluzu a o jízdních veličinách. Čerpadlo poháněné elektromotorem vyvíjí tlak pro hydraulický tlakový zásobník, z něhož je tlaková kapalina přes regulační prvky přiváděna do samostatných hydraulických okruhů jednotlivých kol. V případě výpadku systému EHB je síla, kterou řidič působí na brzdový pedál, přenášena klasickým způsobem přes hydraulický válec na brzdy kol.

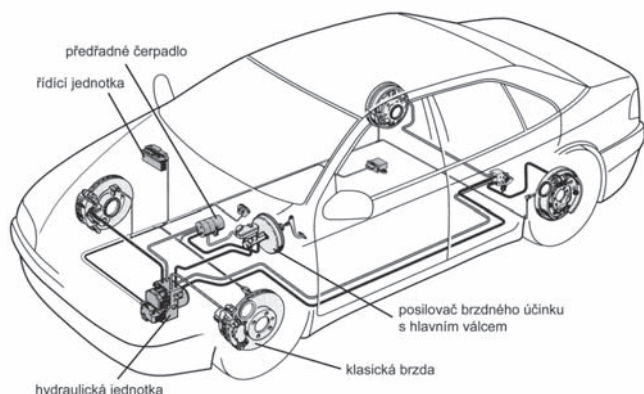
### ELEKTROMECHANICKÝ BRZDOVÝ SYSTÉM EMB

U systému EMB zcela odpadá celý hydro-pneumatický okruh a impulzy z pohybu brzdového pedálu jsou elektrickým okruhem přenášeny přímo do výkonové jednotky na každém kole tzv. aktuátoru (obr. 1 vpravo). Elektromotory, vestavěné do kol, vyvíjejí brzdnu sílu přímo tam, kde je zapotřebí. Zdrojem energie potřebné k činnosti brzd je palubní síť vozidla, pro její přenos se

využívají signálové a výkonové vodiče. Největším problémem systému EMB je, že na rozdíl od EHB zde neexistuje možnost hydraulického přenosu sil při případném výpadku systému. Z tohoto důvodu jsou vyžadovány dva nezávislé elektronické brzdové okruhy. Elektromotory musí být lehké a kompaktní, aby je bylo možno umístit do stěsnaných prostor uvnitř ráčku. Zde ovšem na brzdové moduly kol působí extrémní mechanické a teplotní zatížení vyžadující robustní konstrukční provedení. Systém EMB sestává ze čtyř brzdových aktuátorů umístěných přímo na disku kotoučové brzdy (jako běžné třmeny), které předávají impulzy do elektromotoru



Obr. 1 Elektronické brzdové systémy pro osobní automobily (Bosch):  
PN – přední náprava, ZN – zadní náprava.

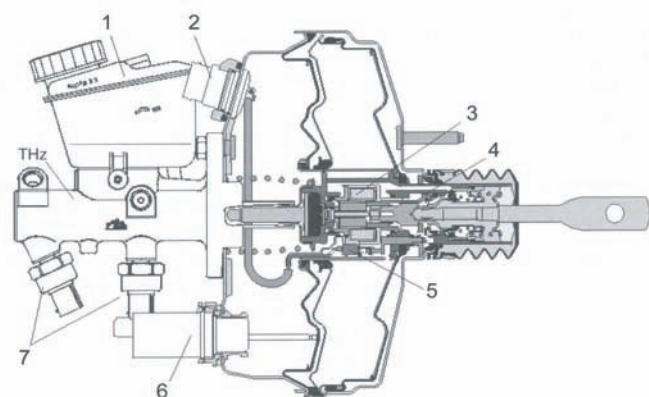


Obr. 2 Brzdový systém EHB (Continental Teves) – projekt zkrácení brzdné dráhy.

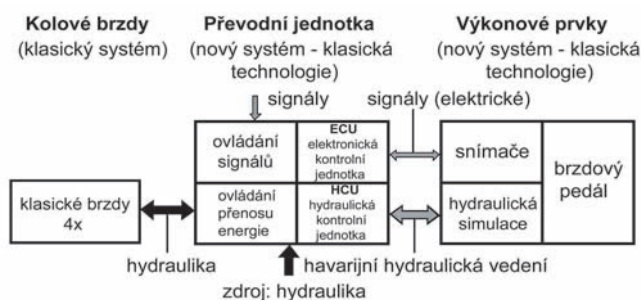
integrovaného ve stejném konstrukčním celku. Každý z těchto motorů je řízen samostatnou elektronickou jednotkou a přímo vyvolává brzdou sílu. Systém EMB je vybaven dvěma proudovými okruhy, aby byly splněny bezpečnostní požadavky. Při výpadku jednoho z okruhů je brzda na každém kole stále funkční.

Na rozdíl od současných brzd nevytváří systém EHB brzdový tlak v tandemovém hlavním brzdovém válci, ale v hydraulické jednotce (obr. 1). Tato jednotka se skládá z hydraulické řídicí jednotky s ventily pro okruhy brzd na jednotlivých kolech (HCU = Hydraulic Control Unit) a z agregátu motor-čerpadlo-zásobník (MPSA = Motor-Pumpe-Speicher-Aggregat), ve kterém se vytváří a udržuje hydraulický tlak. Příkazy vydává elektronická řídicí jednotka (ECU = Electronic Control Unit).

ECU však nevypočítává brzdový účinek jenom podle přání řidiče. Při výpočtu brzdových tlaků bere v úvahu i vnější signály o okamžitém stavu vozidla. Tyto signály přicházejí například ze systému ABS nebo systému stabilizace jízdní dynamiky ESP, elektronického rozdělovače brzdného účinku (EBV) nebo samostatného automatického systému regulace vzdálenosti od vpředu jedoucího vozidla. Logické spojování všech těchto signálů v ECU elektrohydraulického brzdového zařízení vytváří přesný obrázek o brzdových tlacích zaručujících optimální chování a stabilitu automobilu při brzdění. Například při brzdění v zatáčce může EHB nastavit na brzdách vnějších kol vyšší tlak než na vnitřních. V tomto



Obr. 3 Aktivní posilovač brzdného účinku v tandemovém provedení:  
1 – vyrovnávací nádržka, 2 – kabelová průchodka, 3 – elektromagnet,  
4 – posuvná objímka, 5 – uvolňovací spínač, 6 – snímač dráhy,  
7 – snímače tlaku, THz – tandemový hlavní brzdový válec.



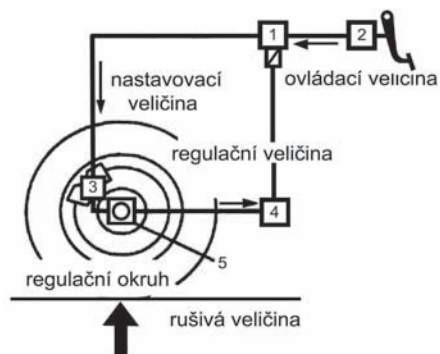
případě se totiž v důsledku odstředivé síly přenáší váha automobilu na vnější kola, která tak mohou na vozovku přenášet větší síly.

U moderních brzdových systému se začíná používat elektricky ovládaný tzv. **aktivní posilovač** (obr. 3) s rozšířenými funkcemi. Pro zaručení vysokého nárůstu tlaku, zejména při nízkých teplotách, se aktivní posilovač používá k předběžnému zásobení čerpadla u systémů ESP. U elektrického brzdového asistenta slouží aktivní posilovač jako pomoc při panickém brzdění. U adaptivní kontroly jízdy ACC (Adaptive Cruise Control) zajišťuje tento posilovač s využitím radarových signálů bezpečnou vzdálenost od vpředu jedoucího vozidla nezávisle na ovládní brzdového pedálu.

### PROTIBLOKOVACÍ SYSTÉMY ABS

Tzv. zátěžová regulace zajišťuje jen správný poměr brzdných sil jednotlivých náprav vozidla, odpovídající poměru jejich okamžitých svislých zatížení.

Velikost celkové brzdné síly je však závislá výlučně na síle, kterou řidič působí na brzdový pedál. Zátěžová regulace tedy nemůže odstranit nebezpečí blokování kol. U konvenčních brzdových soustav řidič určuje svojí nožní silou velikost brzdného tlaku a tím také velikost brzdných momentů na kolech vozidla. V kritických situacích, kdy musí často řidič prudce brzdít může dojít k zablokování kol (zejména na kluzké vozovce). Tím dochází ke ztrátě směrové stability. Použitím elektronických protiblokovacích



Obr. 4 Protiblokovací regulační systém ABS: 1 – hydraulický agregát s magnetickými ventily, 2 – hlavní brzdový válec, 3 – brzdový kolový válec, 4 – řídicí jednotka, 5 – snímač otáček.

systémů lze zabránit nebezpečným jízdním situacím, tzn. podstatně zvýšit aktivní bezpečnost motorových vozidel.

Na obr. 4 je schéma regulačního obvodu protiblokovacího systému pro jedno kolo. Regulační obvod jak pro kapalinové, tak pro vzduchokapalinové brzdy se skládá ze tří základních prvků.

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

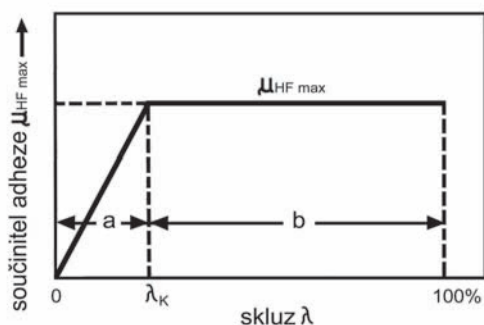
Pro vozidla se vzduchotlakovou brzdovou soustavou je k brzdovému ventilu připojen zdroj energie (vzduchojem).

Regulační okruh ABS se skládá z těchto prvků:

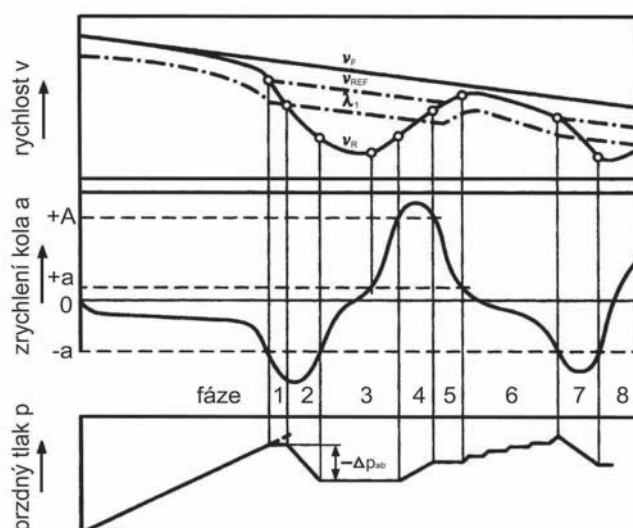
- regulačního okruhu – vozidlo s brzdou, kolo a třecí část tj. pneumatika – vozovka,
- rušivé veličiny – jízdní poměry, stav brzd, zatížení vozidla, stav pneumatik, nízký profil apod.
- regulátoru – snímač otáček a řídicí jednotka, Regulační veličiny – otáčky a z nich odvozené obvodové zpoždění a zrychlení zároveň se skluzem, Řídicí veličina – tlak na brzdový pedál, řidičem určený brzdný tlak,
- nastavovací veličiny – velikost brzdného tlaku. Regulační okruh vychází ze základních prvků zjednodušené brzdné dráhy jednoho, nepoháněného kola, čtvrtiny hmotnosti vozidla, která je k tomuto kolu přiřazena, brzdy kola a idealizované křivky součinitele adheze. Ten zastupuje pár pneumatika – vozovka (obr. 5). Tato křivka se dělí na stabilní oblast s lineárním nárůstem brzdného účinku a nestabilní oblast s konstantním průběhem tlaku brzdění ( $\mu_{HFmax}$ ).

Základem protiblokovací regulace jsou signály snímačů otáček kol, ze kterých řídicí jednotka vypočítává:

- obvodové zpomalení nebo zrychlení kola,
- skluz kola,
- referenční rychlost,
- zpomalení vozidla.



Obr. 5 Linearizovaná křivka přílnavosti:  $a$  – stabilní oblast,  $b$  – nestabilní oblast,  $\lambda_K$  – kritický skluz,  $\mu_{HFmax}$  – maximální součinitel adheze.



Obr. 6 Regulační cyklus s vysokým součinitelem adheze:  $v_V$  – rychlost vozidla,  $v_{REF}$  – referenční rychlost,  $v_R$  – obvodová rychlost pneumatiky,  $\lambda$  – prahová hodnota sklu, spouštěcí signály:  $+A$ ,  $+a$  – prahová hodnota obvodového zrychlení pneumatiky,  $-a$  – prahová hodnota obvodového zpomalení pneumatiky,  $\Delta p_{ab}$  – snížení brzdového tlaku.

Pomocí vhodného logického propojení těchto veličin je dosaženo vhodných výsledků pro regulaci brzdového tlaku. Protože není možné měřit skluz kola, je tento skluz stanoven z referenční rychlosti a optimálního sklu, odpovídající ideální rychlosti pro brzdění. Ze signálu rychlosti kol je stanovena tzv. „diagonála“ – např. pravé přední s levým zadním kolem. Z té je stanovena referenční rychlost, která v pozorovaném okamžiku odpovídá rychlosti brzděného kola pro optimální skluz. Při vyšších rychlostech jízdy a rychlých reakcích při brzdění je referenční rychlost stanovena z výchozí, počáteční regulace a je postupně snižována. Mírou pro sklon křivky klesání je vyhodnocení signálu a zapojení. Ideální regulace brzdění je dosaženo pomocí hodnot uložených v logických obvodech řídicí jednotky. Tím je dosaženo i ideální funkce brzdového systému jako celku. Je-li k obvodovému zpomalení/zrychlení a sklu kola získána ještě jako pomocná veličina velikost zpomalení vozidla a ovlivňuje-li svoji hodnotou logické obvody řídicí jednotky, je možné dosáhnout ideální regulace brzdění.

Při částečném brzdění určuje referenční rychlost rychleji se otáčející kolo. Dojde-li při plném brzdění k regulaci ABS, odlišují se již rychlosti kol od rychlosti vozidla a nemohou již bez korekce sloužit k výpočtu referenční rychlosti. Řídicí jednotka si během fáze regulace vytváří referenční rychlost, vycházející z rychlosti na počátku brzdění. Průběh regulačního cyklu je v principu stejný pro všechny systémy ABS řízené úhlovým zpožděním kola. Řidičem příliš vysoko nastavený brzdový tlak se reguluje tak, že úhlové zpoždění kola vykyvuje mezi horní a dolní hranicí. Metody pro realizování mezi potřebných pro optimální brzdění, které nezávisí na vnějších vlivech, se liší podle typu ABS. Jako příklad bude nyní vysvětlen průběh regulačního děje ABS, který používá regulační veličiny úhlové zpoždění kola a relativní sklu, obr. 6. Celý regulační cyklus je rozdělen na 8 fází.

Na začátku brzdění stoupá tlak v systému a současně obvodové zpoždění kola. Během fáze 1, kdy řidič zvyšuje brzdový tlak vzrůstá

úhlové zpoždění kola ( $a$ ) v důsledku skluzu klesá obvodová rychlost kola  $v_K$  rychleji než rychlost vozidla  $v$ . Na konci fáze 1 překročí obvodové zpoždění danou hranici ( $-a$ ). Tím se přepne ventil pro do polohy „udržovat tlak“. V této fázi nesmí být snižován, protože by došlo k překročení prahové hodnoty ( $-a$ ) ve stabilní části charakteristiky adheze/skluz. Došlo by k prodloužení brzdné dráhy vozidla. Současně se zmenší referenční rychlost. Z její hodnoty je odvozena prahová hodnota skluzu  $\lambda = 1$ . Překročí-li zpoždění kola prahovou hodnotu, která je charakteristická pro maximální přilnavost  $-a$  je brzdový tlak  $p$  udržován na konstantní hodnotě (fáze 2). Tlak v této fázi není snižován, protože by mohla být překročena prahová hodnota zpoždění ( $-a$ ) ve stabilní části charakteristiky přilnavost/skluz a tím by se prodlužovala brzdná dráha. Během fáze 2 klesá referenční rychlost  $v_{ref}$ . Z referenční rychlosti je odvozena prahová hodnota skluzu  $\lambda_1$ .

Na konci fáze 2 překročí obvodová rychlost kola  $v_K$  prahovou hodnotu skluzu  $\lambda_1$ .

Magnetický ventil se přesune do polohy snížení tlaku a tuto nepřekročí do, doby dokud setrvá obvodové zpoždění pod prahovou hodnotou  $-a$ .

Ve 3 fázi se hodnota zvyšuje nad  $-a$  a dochází k udržení tlaku  $p$  na dané hodnotě  $\Delta p$ . Během této doby se výrazně zvýší obvodové zrychlení kola nad hodnotu  $+a$ . Tlak je nadále konstantní.

Na konci 4 fáze překročí obvodové zrychlení kola vysokou hodnotu  $+A$ . Brzdový tlak se začne zvyšovat po celou dobu pohybu zrychlení nad tuto hodnotu.

Brzdový tlak se začne zvyšovat (fáze 5) a stoupá tak dlouho, až úhlové zrychlení kola je opět menší než mez ( $+A$ ).

Při 6 fázi je tlak opět udržován na konstantní hodnotě, protože je překročena hodnota  $+a$ . Na konci této fáze se opět dostává pod hranici  $+a$  a to je signálem, že kolo je ve stabilní fázi části charakteristiky adheze/skluz. Brzdění je lehké.

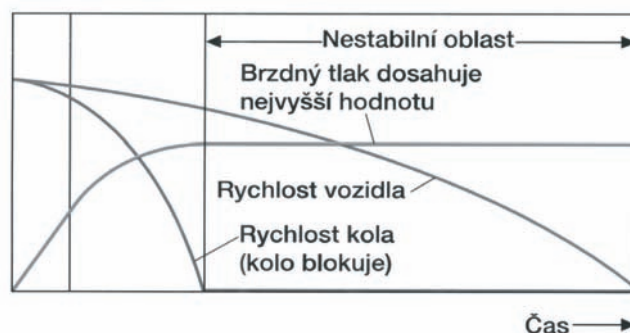
Ve fázi 7 je brzdový tlak stupňovitě zvyšován do hodnoty překročení prahové hodnoty zpoždění kola  $-a$  na konci této fáze. Brzdový tlak je okamžitě snížen bez ohledu na prahovou hodnotu  $\lambda = 1$ . Dojde proto ke snížení brzdného tlaku (fáze 8), nyní již bez ohledu na prahovou hodnotu  $\lambda_1$ .

Fáze udržování tlaku na začátku regulačního děje slouží k filtrování případných poruch změnou vnějších podmínek. Protože při velkém momentu setrvačnosti kola, malém součiniteli přilnavosti a pomalém nárůstu tlaku v kolovém brzdovém válci může kolo blokovat již při opatrném brzdění, aniž by byl dosažen práh ( $-a$ ), používá se jako druhá veličina ABS relativní skluz: dosažení určité hodnoty skluzu rovněž vyvolá snížení brzdného tlaku. Překročí-li zpoždění kola při intenzivním brzdění předem určenou hodnotu (kolo blokuje), elektronická jednotka vydá povel akčnímu členu, který sníží brzdový tlak, aby kolo neblokovalo.

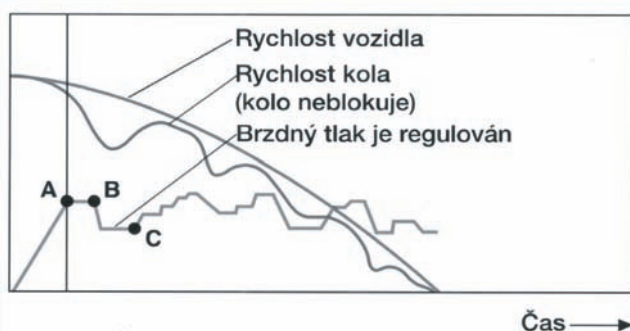
Poklesne-li brzdový moment příliš, tzn. otáčky kola v průběhu brzdění opět vzrostou, čidlo tyto otáčky sejme, signál jde do elektronické jednotky, která vydá opačný povel. Tento opakovaný cyklus proběhne velmi rychle, se zpožděním jen několika tisícín sekund; za jednu sekundu dojde až k 10 regulačním cyklům, aniž by snížil řidič tlak na brzdový pedál. Protiblokovací zařízení tedy zcela automaticky přerušuje brzdění (samozřejmě s mnohem větší frekvencí, citlivostí a účinností než nejzkušenější řidič).

Podle druhu snímání a zpracování signálu rozlišujeme několik druhů regulačních protiblokovacích soustav:

### Brzdění bez ABS

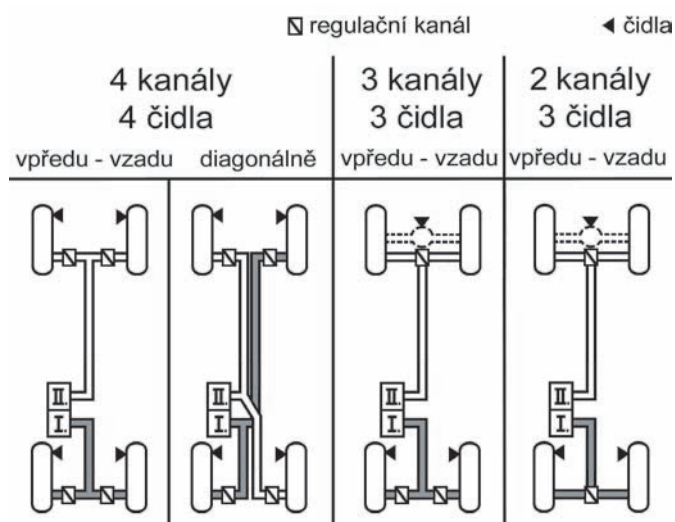


### Brzdění s ABS



Obr. 7 Porovnání brzdění bez protiblokovacího systému a s protiblokovacím systémem.

- individuální regulace (IR/IR) – každé kolo je regulováno zvlášť, tzn. pro dvounápravové vozidlo se IR – systém skládá ze 4 čidel, 4 akčních členů a elektroniky se 4 regulačními kanály (tzv. kanálový systém se 4 čidly a individuální regulací). Tímto způsobem se dosáhne nejkratší brzdné dráhy. Při brzdění na vozovce s rozdílnou přilnavostí v příčném směru (velmi častý případ v zimě, např. vozovka uprostřed je bez sněhu a suchá, zatímco na okrajích zasněžená nebo dokonce zledovatělá) se vlivem individuální regulace sice zkrátí brzdná dráha, ale vznikne stáčivý moment kolem svíslé osy, který stáčí vozidlo do protisměru. Individuální regulace tedy nezaručuje dostatečně směrovou stabilitu,
- smíšená regulace (IR/SL), tzv. 4 kanálový systém se 4 čidly a s diagonálním zapojením brzd – přední náprava má individuální regulaci a zadní kola mají společnou tzv. výběrovou regulaci (select-low, tzn. kolo s horšími adhezními podmínkami určuje brzdový tlak pro zadní kola). Na zadních kolech musí být kvůli diagonálnímu zapojení brzd dva akční členy (u konvenčního zapojení by byl na zadní nápravě jeden akční člen),
- modifikovaná individuální regulace (MIR) na přední nápravě a individuální regulace (IR) na zadní nápravě. Modifikovaná individuální regulace je obměněná regulace select-low: během regulace přední nápravy není při blokování jednoho kola zvyšován brzdový tlak v neblokujícím kole, ale je udržován na stálé hodnotě; tlak v brzdovém válci blokujícího kola je snižován do té míry, až je dosažena příslušná obvodová rychlost, takže na tomto kole může být opět zvýšen brzdový

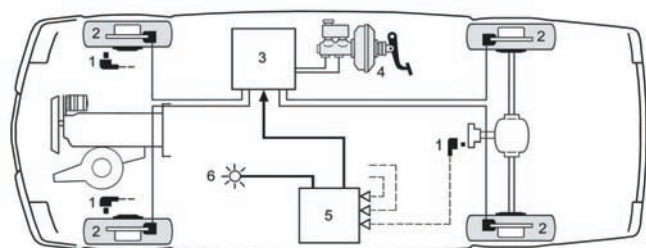


Obr. 8 Varianty protiblokovacích systémů pro osobní automobily.

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

Různé další možné systémy regulace je diagonální, tzn. kola, která leží diagonálně proti sobě mají IR – regulaci; nápravová regulace, tzn. IR nebo SL pouze na zadní nápravě, jsou sice levnější, ale zvyšují délku brzdné dráhy a zhoršují směrovou stabilitu. Varianty uspořádání protiblokovacích systémů pro osobní automobily jsou znázorněny na obr. 8.

Během jízdy měří snímače na obou předních kolech a pastorku stálého převodu zadní nápravy (třísnímačový systém, obr. 9), popř. na všech kolech (čtyřsnímačový systém) otáčky kol. Rozezná-li řídicí jednotka z přijímaných signálů snímačů nebezpečí zablokování, aktivuje v hydraulické jednotce elektromagnetické ventily příslušného kola. Každé přední kolo je pomocí jemu příslušného elektromagnetického ventilu ovlivňováno tak, že přenáší největší možný brzdný účinek nezávisle na ostatních kolech (individuální regulace). Na zadní nápravě určuje kolo s nižším součinitelem adheze společný tlak v obou brzdách zadní nápravy (princip „Select-low“). U dvouokruhových brzdových



Obr. 9 Třísnímačový čtyřkanalový systém (Bosch): 1 – snímač otáček kol, 2 – kolové brzdy, 3 – hydraulická jednotka, 4 – hlavní brzdový válec s podtlakovým posilovačem, 5 – elektronická řídicí jednotka, 6 – kontrolka ABS.

soustav s uspořádáním „přední/zadní náprava“ přebírá jediný elektromagnetický ventil regulaci zadních kol, při diagonálním uspořádání brzdových okruhů jsou k tomu potřebné dva elektromagnetické ventily.

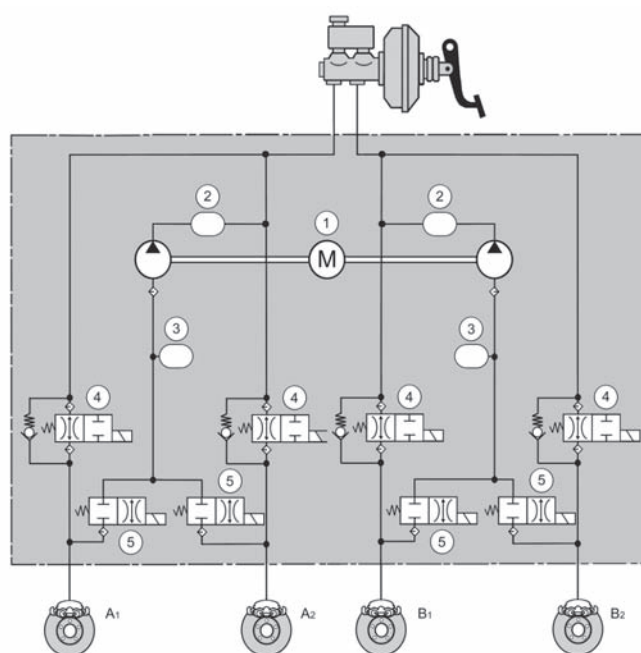
Každý mikroprocesor vypočítá ze signálů přijímaných od snímačů jednotlivých kol všechny veličiny potřebné pro regulaci. Z vypočítaných rychlostí jednotlivých kol je vytvořen skluz kola úměrný referenční rychlosti vozidla. V ideálním případě leží referenční rychlost v blízkosti skluzu s maximální možnou adhezí. V normálním případě je získána pomocná referenční rychlost, která je zvolena z rychlosti nejrychlejšího kola. Z toho vypočítaná derivace podle času je měřítkem zpomalení vozidla.

### ELEKTRONICKÉ ROZDĚLOVÁNÍ BRZDNÉ SÍLY EBD

Systém ABS s elektronickým rozdělováním brzdné síly EBD (elektronické rozdělování brzdných sil) zahrnuje vliv změny zatížení náprav při brzdění a reguluje brzdný tlak na nápravách. Systém EBD tedy nahrazuje omezovací ventily brzdného tlaku a tzv. automatickou zátěžovou regulaci AZR.

Schéma hydraulického zapojení systému s elektronickým rozdělováním brzdné síly EBD je na obr. 10.

Funkce EBD je dodatečný program (software) k původnímu programu ABS a umožňuje „jemnější“ regulaci brzdného tlaku u zadních kol. Může působit i u normálního brzdění (tedy nejen při prudkém/panickém brzdění), a to v závislosti na stavu zatížení vozidla a přilnavosti vozovky. Na rozdíl od ventilu omezujícího brzdný tlak na zadních kolech nebo AZR (automatická zátěžová regulace brzdného účinku) není regulace EBD určována brzdným tlakem, ale skluzem pneumatik. V závislosti na skluzu umožňuje



Obr. 10 Hydraulické schéma zapojení ABS a EBD (Bosch/Ford): A<sub>1</sub> – zadní pravá brzda, A<sub>2</sub> – přední levá brzda, B<sub>1</sub> – přední pravá brzda, B<sub>2</sub> – zadní levá brzda, 1 – dvojité pístové čerpadlo, 2 – dvě vysokotlaké komory, 3 – dva nízkotlaké zásobníky, 4 – čtyři sací ventily, 5 – čtyři výtlačné ventily.

elektronické rozdělování brzdných sil EBD snížení brzdného tlaku na zadních brzdách, čímž se zvyšuje jízdní stabilita v porovnání s konvenčními systémy.

Snížení brzdného tlaku na zadních kolech probíhá v určitých fázích udržování tlaku. Pomocí speciálně upraveného softwaru je zamezeno přebrzdění (blokování) zadních kol. Motor čerpadla během regulace EBD neběží. Pokud přesto začne některé kolo blokovat, začne působit regulace ABS. U regulace EBD je ovládání obou zadních brzdových okruhů společné. Pokud vznikne v systému EBD porucha, rozsvítí se kontrolka EBD. Výpadek regulace ABS neznamená nutně výpadek funkce EBD.

Regulace EBD probíhá v oblasti, kdy skluz kola leží v oblasti stabilní oblasti využívané přilnavost vozovky.

### PROTIPROKLUZOVÉ SYSTÉMY ASR

Systém regulace prokluzu ASR (Antriebsschlupfregelung, Anti Skid Regulation), který jako rozšíření ABS má především za úlohu zajistit stabilitu a říditelnost vozidla při akceleraci.

Regulace prokluzu musí zabránit protáčení kol při rozjezdu nebo zrychlení:

- na vozovce s náledím na jedné nebo obou stranách vozidla, obou zrychlení v zatáčce,
- při jízdě do kopce (u automobilu s předním pohonem).

Kromě toho napomáhá regulace prokluzu v následujících situacích:

- stejně jako zablokovaná mohou prokluzující kola přenášet pouze malé boční síly; vozidlo je nestabilní a jeho zád (popř. před) vybočuje. ASR udržuje vozidlo pod kontrolou a zvyšuje bezpečnost,
- prokluzující kola vedou k vysokému opotřebením pneumatik a hnacího ustrojí (např. diferenciálu). ASR toto nebezpečí snižuje,
- ASR má samočinně zasáhnout, kdykoliv to situace vyžaduje. Z rozdílu prokluzů na hnacích kolech může ASR rozlišovat mezi průjezdem zatáčkou a prokluzem kola. V protikladu k mechanickému závěru diferenciálu nedochází při průjezdu zatáčkou ke „gumování“ kola. Pokud řidič prudce akceleruje, nemůže ani závěr diferenciálu zabránit prokluzu kol. ASR ovšem samočinně řídí výkon motoru tak, aby kola neprokluzovala,
- řidič získává pomocí kontrolky ASR informace o situacích ležících v oblasti fyzikálních zákonů.

Řidič při akceleraci zvyšuje točivý moment motoru, tím se současně zvyšuje hnací moment na kolech vozidla. Má-li se tento zvýšený moment o co „opřít“ (vysoký součinitel adheze), lze vozidlo bez problémů zrychlit. Překročil-li ale tento hnací moment fyzikálně maximální přenesitelný hnací moment (daný zatížením kola  $Z_K$  a součinitelem adheze  $\mu_v$ ) dojde k prokluzu hnacího kola. Tím se snižuje přenesitelná hnací síla a vozidlo je díky ztrátě boční síly nestabilní. ASR sníží prokluz hnacích kol během zlomku sekundy na nejlepší možnou hodnotu.

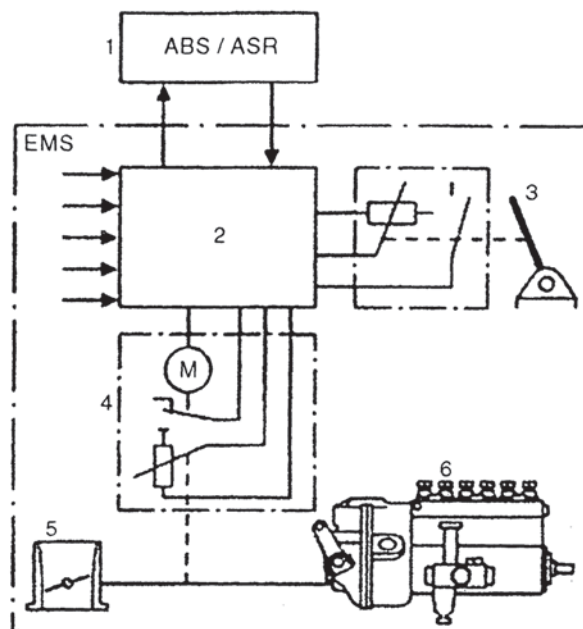
Řízení hnacího momentu na kolech vozidla probíhá u vozidel se zážehovým motorem prostřednictvím:

- nastavení škrticí klapky (DK – Drossel-Klappenverstellung),
- změny okamžiku zážehu (změna předstihu, potlačení jednotlivého zapalovacího impulsu),
- potlačení jednotlivých vstřikovacích impulsů (omezení vstřikování benzínu). U vozidel se vznětovým motorem je hnací moment ovlivněn omezením vstřikovaného množství nafty.

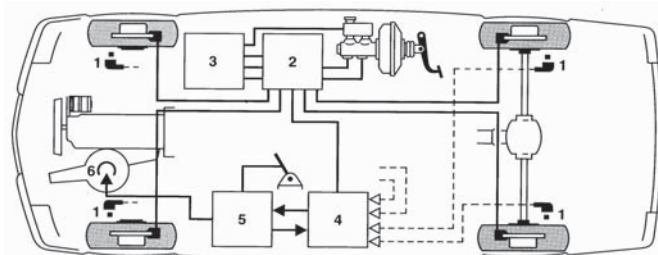
Regulace prokluzu řízením brzdného momentu (přibrzděním prokluzujícího kola) vyžaduje rozšíření hydrauliky ABS. Výhodou tohoto způsobu regulace je individuální ovlivňování prokluzu jednotlivých kol.

### ELEKTRONICKÉ ŘÍZENÍ VÝKONU MOTORU EMS

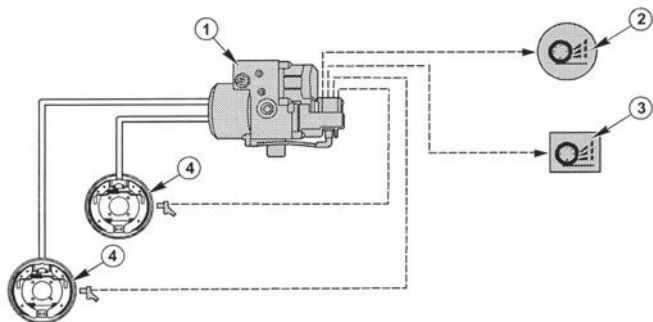
Aby mohlo ASR zasáhnout nezávisle na tom, jak řidič akceleruje, musí být použito místo mechanického propojení mezi pedálem



Obr. 11 Elektronické řízení výkonu motoru EMS pro ASR: 1 – elektronická řídicí jednotka ABS/ASR, 2 – elektronická řídicí jednotka EMS, 3 – pedál akceleračního, 4 – elektromotor nastavovače, 5 – škrticí klapka, 6 – vstřikovací čerpadlo.



Obr. 12 Protiprokluzová regulace s nastavením škrticí klapky (EMS) a přibrzděním hnacích kol (Bosch): 1 – snímač otáček, 2 – hydraulická jednotka ABS, 3 – hydraulická jednotka ASR, 4 – elektronická řídicí jednotka ABS/ASR, 5 – elektronická řídicí jednotka EMS, 6 – škrticí klapka.

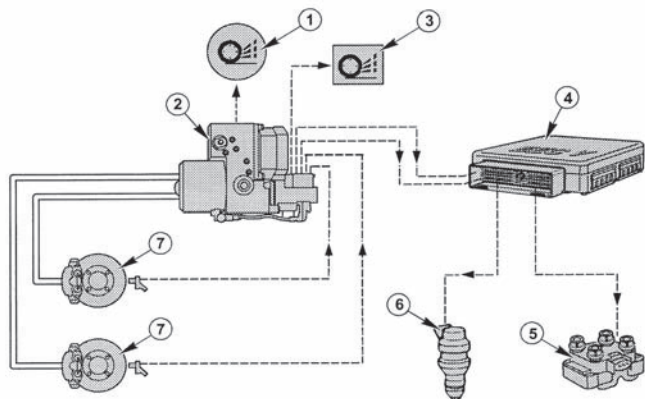


Obr. 13 Schéma zásahu brzd pro regulaci prokluzování BTCS (Ford):  
1 – řídicí jednotka ABS, 2 – kontrolka BTCS, 3 – spínač BTCS,  
4 – zadní brzdy (na poháněných kolech).

akcelerátoru a škrťací klapkou u zážehového motoru nebo mezi pedálem a regulační tyčí vstřikovacího čerpadla vznětového motoru „elektronické řízení výkonu motoru“ EMS (Elektronische Motorleistung Steuerung), nazývané také „elektronický plyn“ (EGAS). EMS dostává příkazy ASR (včetně MSR, viz dále) přednostně před hodnotou danou polohou pedálu akcelerátoru tak, jak to vyžaduje řidič. Poloha pedálu akcelerátoru je prostřednictvím snímače polohy pedálu (potenciometru) převedena na elektrický napěťový signál, který převede řídicí jednotka EMS s ohledem na předprogramované veličiny a signály jiných snímačů (např. teplota, otáčky motoru) na řídicí napětí pro elektromotor nastavovače. Elektromotor ovládá nastavovač škrťací klapky nebo regulační tyč vstřikovacího čerpadla. Poloha škrťací klapky nebo regulační tyče čerpadla je zpětně hlášena řídicí jednotce (obr. 11 a 12).

### PROTIPROKLUZOVÁ REGULACE SE ZÁSAHEM BRZD A MOTORU

Na obr. 13 je přehled zásahu řídicí jednotky ABS při prokluzování kol u systému BTCS (Brake Traction Control System = protiprokluzová regulace se zásahem brzd). Přibrzdění prokluzujícího kola zajišťuje systém ABS. Tím se větší podíl hnacího momentu motoru přenáší přes diferenciál na druhé kolo a zvětší se celková hnací síla. Aby

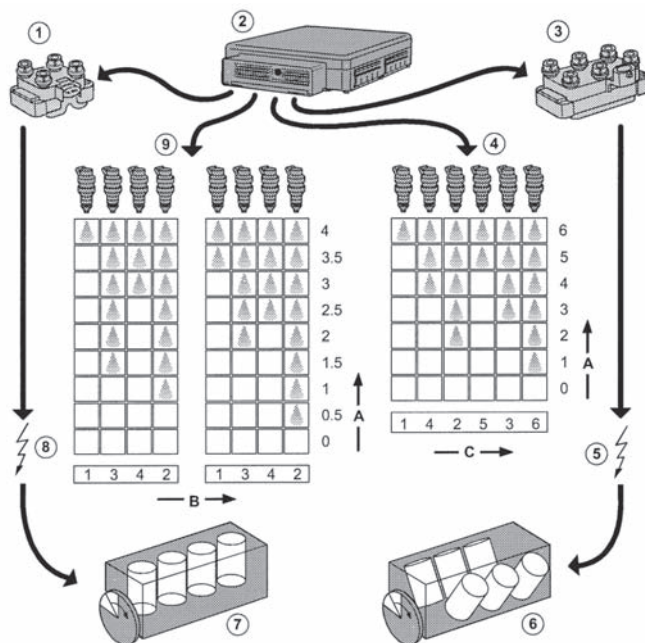


Obr. 14 Schéma zásahu brzd a motoru pro regulaci prokluzování SFTC (Ford): 1 – kontrolka SFTC, 2 – řídicí jednotka ABS, 3 – spínač SFTC,  
4 – řídicí jednotka motoru, 5 – zapalovací cívka elektronického zapalování,  
6 – vstřikovače, 7 – přední brzdy (na poháněných kolech).

nedošlo k ovlivňování stability vozidla při vyšších rychlostech, zasahují brzdy pouze do určité rychlosti. Hydraulická řídicí jednotka BTCS má hliníkový blok s 8 elektromagnetickými ventily ABS, 2 elektrickými odpojovacími ventily a 2 elektrickými přepínacími ventily.

Některá vozidla používají protiprokluzový systém SFTC (Spark Fuel Traction Control = protiprokluzová regulace se zásahem brzd a motoru), obr. 14. Prokluzování hnacích kol se v tomto případě zabráňuje společným zásahem brzd a motoru. Regulační zásah motoru znamená zmenšení točivého momentu motoru pro zlepšení jízdní stability. Vedlejším efektem je, že při zásahu brzd s regulačním zásahem motoru se může zmenšit ohřátí brzd. Regulační zásah motoru u systému SFTC zajišťuje řídicí jednotka motoru úpravou okamžiku zážehu a množství paliva (Spark/Fuel = SFTC). Pokud řídicí jednotka ABS zaregistruje prokluzování poháněných kol, může být sériovým dvoukabelovým propojením (multiplex) vyzvána řídicí jednotka hnacího ústrojí, aby došlo ke snížení točivého momentu motoru. Řídicí jednotka ABS vypočítá požadovaný točivý moment motoru během protiprokluzové regulace a hlásí tuto hodnotu řídicí jednotce motoru.

Řídicí jednotka motoru pak vypočítá potřebný okamžik zážehu a počet odpojených vstřikovačů pro dosažení požadovaného točivého momentu motoru. Točivý moment motoru vypočítá řídicí jednotka motoru z následujících dat: otáčky motoru, zatížení motoru, okamžik zážehu, poměr vzduch/palivo, aktivní válce, teplota chladicí kapaliny, zrychlení motoru aj. Točivý moment motoru příp. okamžik zážehu je předběžně zadáván řídicí jednotkou ABS podle skluzu kol. Odpojení válců je řízeno tak, aby se zachovala dobrá stabilita a říditelnost při co možná nejvyšší hnací síle. Současně při různé přilnavosti pod hnacím koly a při nízkých rychlostech



Obr. 15 Zásah do točivého momentu motoru při protiprokluzové regulaci SFTC (Ford): A – aktivní válce, B – odpojení vstřikovačů u motorů Zetec, C – odpojení vstřikovačů u motorů Duratec, 1 – zapalovací cívka elektronického zapalování pro čtyřválec, 2 – řídicí jednotka motoru, 3 – zapalovací cívka elektronického zapalování pro šestiválec, 4 – vstřikovače Duratec, 5 – pozdější předstih Zetec, 6 – motor Duratec, 7 – motor Zetec, 8 – pozdější předstih Zetec, 9 – vstřikovače Zetec.

jízdy dojde k přibrzdění prokluzujícího kola jako u regulace BTCS. Zásah motoru je možný také při vyšších rychlostech.

Pro jemnější regulaci 4válcového motoru během regulačního zásahu motoru uvažuje řídicí jednotka při odpojení vstřikovačů vždy dva pracovní takty motoru. Jak znázorňuje obr. 15 je tedy např. možné nechat běžet motor na "dva a půl válce". První vstřikovač je odpojován při každém pracovním taktu a čtvrtý vstřikovač při každém druhém pracovním taktu. U 6válcového motoru tato regulace není zapotřebí.

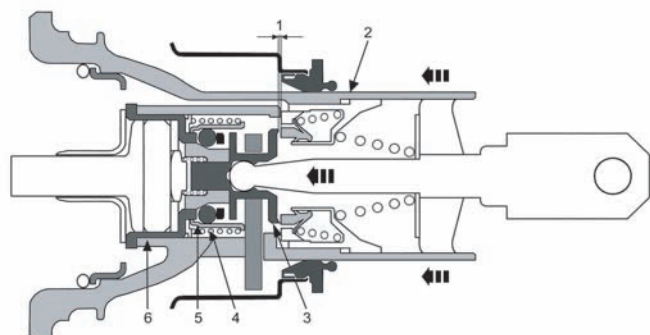
Přednosti regulace SFTC vzhledem k regulaci BTCS:

- menší zatížení brzdové soustavy, menší zatížení hnacího ústrojí, lepší jízdní stabilita,
- lepší říditelnost, kratší doba odezvy (reakční doba), funguje také při vysokých rychlostech.

### BRZDOVÝ ASISTENT

S pokračujícím rozšiřováním protiblokovacích systémů se ukázalo, že mnoho řidičů nesprávným brzděním rozdávají zisk jistoty vlivem protiblokovacích systémů. Řidiči váhavě až nesměle ovládají brzdový pedál. Proto protiblokovací systém ABS nereaguje a nedosáhne se maximální brzdny účinek. Brzdový asistent pozná z brzdění řidiče, že vznikla nouzová situace a zahájí automaticky plné brzdění. To se děje během milisekund, to znamená rychleji, než by to mohl provést řidič. Dále je pozorován jev, že po počátečním silném sešlápnutí brzdového pedálu sníží řidič příliš brzy sílu na brzdový pedál. Brzdový asistent nyní zajistí, že účinek ABS také nepřestane, když normálně síla na brzdový pedál by měla být pod regulační oblastí ABS. Podle jízdního chování řidiče se brzdovým asistentem zkrátí brzdová dráha u zkušených řidičů až o 15 % a o až 40 % u průměrných řidičů. Protože asistent zpomaluje vozidlo až na meze blokování kol, používá se nouzový brzdový asistent výhradně u vozidel se systémem ABS.

Brzdový asistent pracuje čistě mechanicky a je zabudován do posilovače brzděného účinku (obr. 16). Na pohled jsou posilovače brzd s a bez brzdového asistenta shodné. V normálních brzdných situacích se posilovač brzd s asistentem chová jako konvenční posilovač brzd. To znamená, řidič může kdykoliv brzdit podle svého přání. Pokud však při brzdění dojde k překročení prahové hodnoty definované charakteristikou, zasáhne brzdový asistent. K určení



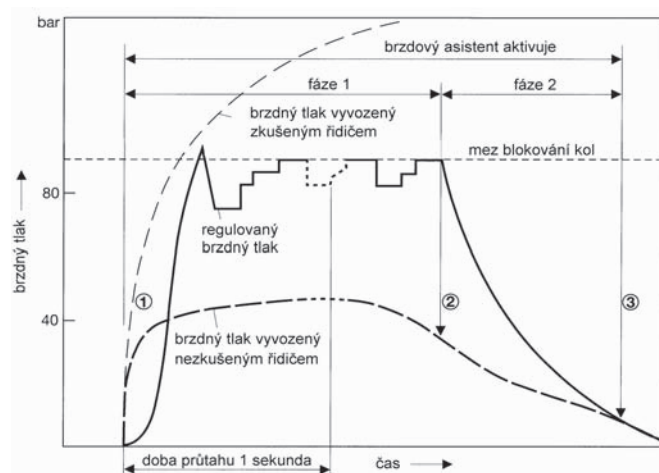
Obr. 16 Princip konstrukce brzdového asistenta (Ford/Bosch): 1 – objímka s kuličkami, 2 – řídicí skříň (těleso posilovače, na levé straně je membrána posilovače, nezakresleno), 3 – ventilový píst, 4 – kuličky, 5 – blokovací objímka, 6 – klec kuliček.

prahové hodnoty slouží charakteristika ovládní brzdového pedálu, která je funkcí síly na pedálu a rychlosti pedálu.

Charakteristika se určuje zvláště pro každý model vozidla. Mechanický systém brzdového asistenta využívá skutečnost, že v posilovači brzd při zahájení brzdění zrychluje ventilový píst vzhledem k řídicí skříni. Tím vzniká relativní dráha mezi řídicí skříni a ventilovým pístem, která podle síly na pedál a rychlosti pedálu může být větší nebo menší. Při pomalém ovládní a malé ovládací síle je relativní dráha malá. Při rychlém ovládní a vysoké ovládací síle je relativní dráha větší.

V normální brzdové situaci zůstává relativní dráha, podmíněno charakteristikou ovládní pedálu, tak malá, že konstrukčně stanovená zbytková dráha není překročena. Blokovací objímka je silou pružin udržována ve výchozí poloze, klec kuliček zůstává axiálně a kulička radiálně volně pohyblivé. V nouzové brzděné situaci, kdy je překročena definovaná prahová hodnota, tzn. relativní dráha ventilového pístu je tak velká, že kuličky mohou vjet přes rampu objímky kuliček, může se blokovací objímka pohybovat až do koncové polohy. Kuličky jsou nyní zablokovány a objímka kuliček se nemůže pohybovat dále ve směru uzavírání talířového ventilu.

Brzdový asistent je nyní aktivní, brzdny tlak vzrůstá až na mez blokování a brzdny pedál se může bez silového účinku pohybovat až k maximálnímu tlakovému bodu. Brzdny tlak zůstává na mezi regulace ABS tak dlouho, až se brzdny asistent opět úplně uvolní. K uvolnění se musí zcela odlehčit brzdny pedál, tzn. musí se dostat do klidové polohy. Přitom řídicí skříň i s ventilovým pístem se pohybuje zpět do klidové polohy. Klín je tlačen proti dorazu na podtlakový válec a tím se blokovací objímka posunuje do své výchozí polohy. Kuličky se mohou opět vychylovat objímkou kuliček a klec kuliček je opět axiálně a kuličky radiálně volně pohyblivé. Brzdny asistent je systém, který podporuje řidiče při „panickém brzdění“ (panické reakce, plné brzdění, obr. 17). Tento systém může zvýšit brzdny tlak vyvozený řidičem. Brzdny asistent se aktivuje tím, že se snímá brzdny požadavek řidiče (nožní síla na brzdny pedál) a měřené hodnoty se předávají do řídicí jednotky. Tím se má umožnit, aby také nezkušený řidič dosáhl zpomalení svého vozidla s co nejkratší brzdny dráhou.



Obr. 17 Hydraulický brzdový asistent – brzděné vlastnosti při panickém brzdění: „1“ – aktivuje se brzdny asistent, „2“ – odlehčení brzdny pedálu, „3“ – brzdny asistent vypíná.



Brzdový asistent má následující úlohy:

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

Když řidič sešlápně brzdový pedál, rozezná řídicí jednotka brzdový 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 zadaný práh a změna tlaku větší než zadaná hodnota ①, tak se aktivuje brzdový asistent (obr. 17, fáze 1). Jakmile je brzdový asistent aktivní, vytvoří se na všech čtyřech kolech brzdový tlak až k mezi blokování. K tomu účelu se používá např. hydraulická jednotka elektronické stabilizace ESP, která zvyšuje brzdový tlak:

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

Aktivní zvýšení brzdného tlaku a regulace brzdného tlaku probíhá podobně jako u brzdných zásahů ESP. Překročí-li brzdový 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 brzdovou sílu (obr. 17, 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 brzdový tlak dosáhne zadanou hodnotu nebo signál tlaku nedosáhne zadanou hodnotu ③. Řidič může dále brzdit pouze bez přídavné podpory.

U posilovače znázorněného na obr. 18 nahoře se děje rozeznání brzdného požadavku řidiče z dráhy brzdového pedálu a aktivačním spínačem vestaveným do posilovače brzdného účinku. U normálního ovládání brzdového pedálu vzniká obvyklé posílení brzdné síly. Když je změna dráhy pedálu větší než zadaná hodnota, tak se aktivuje 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, označení „2“ (obr. 18 dole). Když je brzdový 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.

Brzdový asistent je systém, který může vytvořit přídavnou, řidiče podporující brzdovou sílu. Pro zabrzdění vozidla však řidič stále musí ovládat brzdový pedál. Zavádějí se však systémy, které mohou vozidlo automaticky zabrzdit bez vlivu řidiče (Adaptive Cruise Control – ACC).

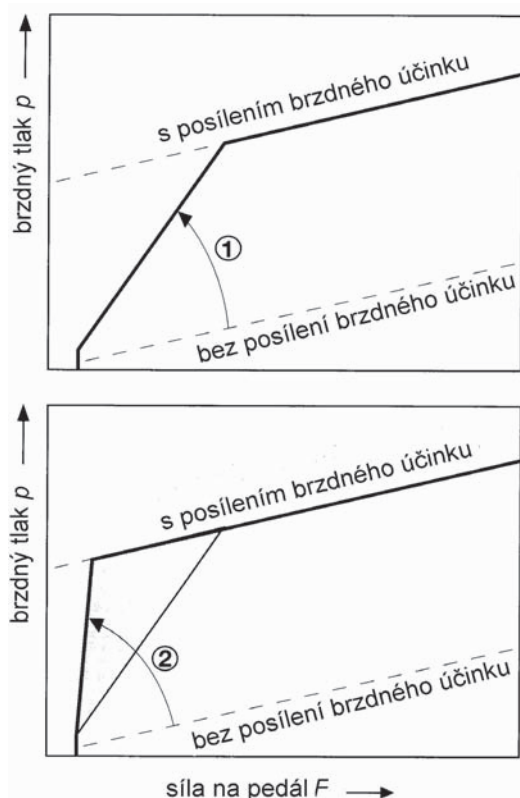
### ELEKTRONICKÝ STABILIZAČNÍ PROGRAM ESP

Při jízdě vozidla existují určité hraniční oblasti, kde je vozidlo již velmi těžce ovladatelné. Často jsou tyto kritické situace zkušenými řidiči nesprávně odhadnuty, a dochází tak například díky silným pohybům volantu ke smyku vozidla. Zvládnout situaci pomáhají systémy regulace dynamiky jízdy, např. ASMS (Automatisches Stabilitäts Management System), ESP (Electronic Stability Program). Tyto systémy doplňují známé funkce protiblokovacího brzdového systému ABS, regulace prokluzu ASR, elektronického rozdělení brzdné síly EBV, regulace brzdného momentu motoru MSR nebo regulace stáčivého momentu GMR, GMA.

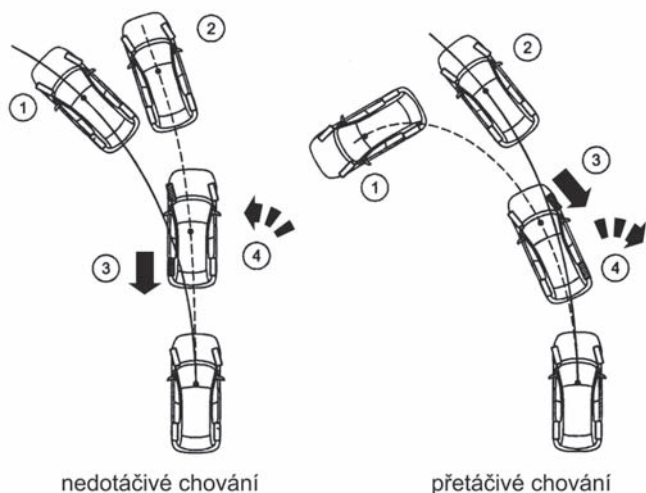
Systémy stabilizace jízdy vozidla jsou určitým rozšířením systémů ABS a ASR. Ty umožňují ovládat skluz nebo prokluz pneumatiky (při brzdění nebo zrychlení) pouze v podélném směru vozidla. ESP a ASMS regulují skluz pneumatiky také v příčném směru. Příliš velký příčný skluz pneumatiky vede ke ztrátě bočního vedení a k „vybočení“ vozidla do strany. ESP a ASMS zvyšují stabilitu vozidla ve stopě při průjezdu zatáčkou a zároveň snižují nebezpečí smyku při brzdění, zrychlení i při volném pohybu vozidla. Kompletní regulační technika systémů ESP, ASMS vyžaduje velmi výkonnou elektroniku a snímače.

Stabilizace jízdy vozidla je dosaženo samočinnými zásahy do brzd jednotlivých kol a hnacího momentu motoru bez zásahu řidiče. Zjistí-li systém prostřednictvím snímačů příčně dynamický kritický stav vozidla, dochází k přibrzdění příslušných kol, tím se vytvoří točivý moment kolem svislé osy vozidla, který kompenzuje nežádoucí nedotáčivý, popř. přetáčivý pohyb vozidla.

Současně se sníží točivý moment motoru na hodnotu odpovídající dané situaci. Tímto způsobem dosažené zpomalení vozu má



Obr. 18 Brzdový asistent „Emergency Valve Assist“: „1“ – normální posílení, „2“ – vyšší posílení.



Obr. 19 Zásah ESP při nedotáčivém nebo přetáčivém chování vozidla: vlevo: 1 – s ESP, 2 – bez ESP, 3 – brzdná síla, 4 – vyrovnání nedotáčivosti, vpravo: 1 – bez ESP, 2 – s ESP, 3 – brzdná síla, 4 – vyrovnání přetáčivosti.

stabilizační účinek. Hrozí-li např. vybočení zadní části u přetáčivého pohybu vozidla, jsou přibrzděno kola na vnější straně zatáčky, přičemž největší brzdná síla působí na přední vnější kolo (obr. 19 vpravo). U nedotáčivého chování vozidla se korekce provede přibrzděním kol na vnitřní straně zatáčky, přičemž převážný podíl brzdné síly působí na zadním vnitřním kole (obr. 19 vlevo). Systém současně sleduje, jak na kritickou chybu reaguje řidič a během několika milisekund mikroprocesor určí, jak silně a o kolik snížit hnací moment motoru a které kolo je třeba přibrzdit, aby se vozidlo opět stabilizovalo.

Při kritických jízdních situacích v podélném směru vozidla zabraňuje ABS blokování kol při brzdění a ASR zamezuje prokluzování kol při akceleraci. Regulace jízdní dynamiky ESP (Electronic Stability Program = Elektronický stabilizační program) zvyšuje dodatečně stabilitu jízdy v kritických situacích v příčném směru vozidla a tím výrazně redukuje riziko smyku vozidla. Systém ESP zvyšuje dodržování jízdní stopy a směru jízdy v mezních stavech při plném brzdění, částečném brzdění, při pojíždění vozidla, při pohonu, brzdění motorem a uvolnění akceleračního pedálu, ale i při extrémních jízdních manévrech (reakce ze strachu a paniky, předjížděcí manévr, „losí test“). Regulace jízdní dynamiky registruje dodatečnými snímači příčné zrychlení a natáčení vozidla kolem osy otáčení (svíslá osa procházející těžištěm vozidla). Zpracuje signály těchto snímačů dodatečně k signálům ABS a ASR a řídí akční členy v hydraulické jednotce. Tím se zajistí stabilita vozidla při nebrzděné, zpomalované a zrychlené jízdě přímým směrem nebo v zatáčce také v mezních jízdních stavech.

Dobré vedení vozidla závisí od toho, jak přesně sleduje vozidlo jízdní stopu, která je dána průběhem úhlu natočení volantu a zda vozidlo zůstává stabilní, tedy při pohybech volantu vozidlo ani „nevybočuje“ a ani se nestává nestabilním. Elektronická stabilizace vozidla ESP (Electronic Stability Program) je regulační systém ke zlepšení jízdního chování, který zasahuje do brzdové soustavy a do hnacího ústrojí. Použitím ABS nemohou kola při brzdění blokovat, použitím ASR nemohou kola při rozjíždění prokluzovat. ESP jako úplný systém kromě toho zaručuje, že vozidlo při jízdě nevybočuje a nestává se nestabilním tím, že dostane smyk.

ESP zlepšuje bezpečnost jízdy v následujících okolnostech:

- aktivní podpora řidiče při řízení také v kritických situacích, kdy na vozidlo působí boční síly,
- zvýšená jízdní stabilita; jízdní stopa a směr jízdy jsou udržovány v všech jízdních stavech, jako
- plné (maximální) brzdění, částečné brzdění, volné pojíždění (jíзда bez pohonu či brzdění), pohon, brzdění motorem a uvolnění akceleračního pedálu,
- zvýšená jízdní stabilita také v mezní oblasti, např. při extrémních jízdních manévrech (reakce ze strachu nebo panické reakce), a tím zmenšení nebezpečí smyku,
- v různých situacích je ještě lepší využívání součinitele přilnavosti při činnosti ABS/ASR a činnosti MSR (regulace brzdného momentu motoru; automatické zvýšení otáček motoru při příliš vysokém brzděném momentu motoru), což zmenšuje brzdnou dráhu a zlepšuje pohon vozidla (trakci) a zvyšuje ovladatelnost a stabilitu.

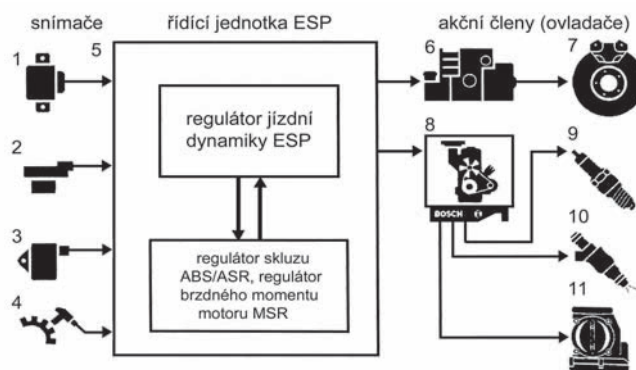
Obr. 20 schematicky znázorňuje regulaci jízdní dynamiky, kde jsou:

- snímače k určení vstupních veličin regulátoru,
- řídicí jednotka ESP s regulátorem uspořádaným do různých rovin (hierarchie regulátoru), která se skládá s nadřazeného regulátoru jízdní dynamiky a podřazených regulátorů skluзу,
- akční členy (ovladače) k ovlivňování brzdných, hnacích a bočních sil.

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),
- snímač úhlu natáčení volantu.

Požadavek řidiče je definován jako požadovaná hodnota. Do výpočtu požadovaného chování vozidla navíc vstupují hodnoty součinitele přilnavosti a rychlost vozidla, které ose odhadují ze signálů snímačů: otáček kol, bočního zrychlení, brzdných tlaků a stáčívé rychlosti.



Obr. 20 Regulační soustava ESP (Bosch): 1 – snímač stáčívé rychlosti se snímačem bočního zrychlení, 2 – snímač úhlu natočení volantu, 3 – snímač neregulovaného brzdného tlaku, 4 – snímače otáček, 5 – řídicí jednotka ESP, 6 – hydraulická jednotka, 7 – brzdy, 8 – řídicí jednotka motoru, 9 – úhel zážehu, 10 – vstřikování paliva, 11 – škrtkví klapka.

Úlohou regulace jízdní dynamiky je zjistit skutečné chování vozidla ze signálu stáčivé rychlosti a úhlu směrové úchytky těžiště odhadnutého v regulačním obvodu a co nejvíce přiblížit jízdní chování v dynamickém jízdním stavu na chování vozidla v normálním jízdním stavu.

Změna boční síly nemá přímý vliv na příčnou rychlost a tedy také na úhel směrové úchytky těžiště vozidla, protože 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 úchytky těžiště vozidla a úhlů směrových úchytek 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 sklu, které se musejí nastavovat podřízenými regulátory brzdného a hnacího sklu. Zásahy se přitom provádějí tak, že se zajistí jízdní chování zamýšlené výrobcem vozidla a zaručí se ovladatelnost.

Aby se mohla vytvořit požadovaná hodnota stáčivého momentu, určují se v regulátoru jízdní dynamiky potřebné požadované hodnoty změn sklu na vhodných kolech. Podřízené regulátory brzdného a hnacího sklu řídí podle takto určených hodnot akční členy hydrauliky brzdové soustavy a managementu motoru.

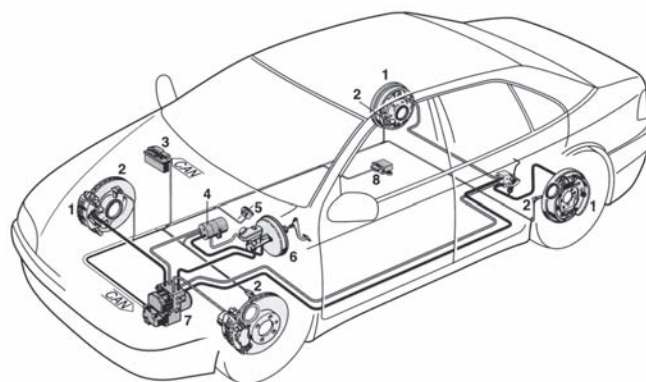
Regulační obvod ESP má k dispozici tyto veličiny:

- stáčivá rychlost (měřená veličina),
- úhel natočení volantu (měřená veličina)
- boční zrychlení (měřená veličina),
- podélná rychlost vozidla (odhadovaná veličina),
- podélné síly pneumatik a hodnoty sklu pneumatik (odhadované veličiny).

Z hodnot těchto veličin se určují:

- boční síly na kole,
- úhly směrových úchytek kol,
- úhel směrové úchytky těžiště,
- příčnou rychlost vozidla.

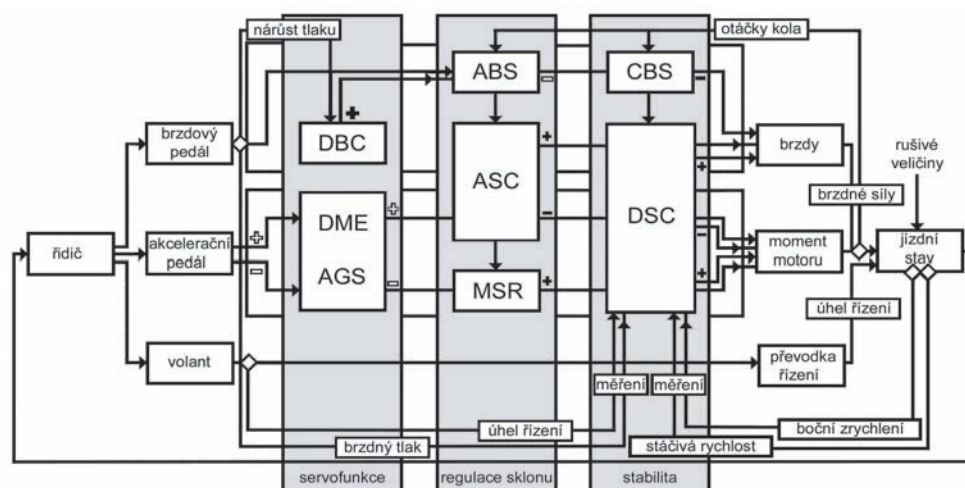
Požadované hodnoty pro úhel směrové úchytky těžiště a pro stáčivou rychlost se určují z veličin, které řidič zadává nebo které řidiče mohou ovlivňovat:



Obr. 21 Regulační systém ESP (Bosch) – umístění prvků: 1 – brzdy, 2 – snímače otáček, 3 – řídicí jednotka, 4 – nastavovač škrticí klapky, 5 – předřazené čerpadlo se snímačem neregulovaného brzdného tlaku, 6 – snímač úhlu natočení volantu, 7 – posilovač brzdného účinku s hlavním válcem, 8 – hydraulická jednotka ABS, 9 – snímač stáčivé rychlosti se snímačem bočního zrychlení.

- úhel natočení volantu,
- odhadnutá rychlost vozidla,
- součinitel přilnavosti, který se určuje z odhadované hodnoty podélného zrychlení a měřené hodnoty bočního zrychlení,
- poloha akceleračního pedálu (moment motoru) nebo brzdový 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). Regulátor jízdní dynamiky reguluje obě stavové veličiny stáčivou rychlost a úhel směrové úchytky těžiště a vypočítává stáčivý moment, který je zapotřebí pro přizpůsobení skutečných veličin na požadované veličiny. Zohlednění úhlu směrové úchytky vozidla v regulátoru se zvětšuje s rostoucím hodnotami. Regulační program má za základ maximální možné příčné zrychlení a jiné dynamicky důležité veličiny, které byly zjištěny pro každé vozidlo při zkoušce „ustálená jízda v kruhu“. Přitom zjištěná souvislost mezi úhlem natočení volantu a stáčivou rychlostí tvoří základ pro požadovaný



Obr. 22 Elektronické řízení brzd EBМ (Electronic Brake Management) pro řízení dynamické stability DSC (BMW).

pohyb vozidla pro jízdu konstantní rychlostí i pro brzdění a zrychlení; tato souvislost je v programu uložena jako jednostopý model. Umístění prvků systému EPS znázorňuje obr. 21.

Na obr. 22 je přehled řízení dynamické stability BMW, přičemž zkratky v blokovém schématu mají následující význam:

ASC – Automatic Stability Control. Automatické řízení stability

ASC má shodnou funkci jako protipokluzová regulace stability ASR (Anti Skid Regulation).

CBC – Cornering Brake Control. Řízení brzdové soustavy při zatáčení má shodnou funkci jako systém ABS plus, který se používá u vozů BMW.

DSC – Dynamic Stability Control. Řízení dynamické stability má shodnou funkci jako elektronické řízení stability ESP (Electronic Stability Program).

DME – Digital Motor Electronic, tj. číslicové řízení motoru.

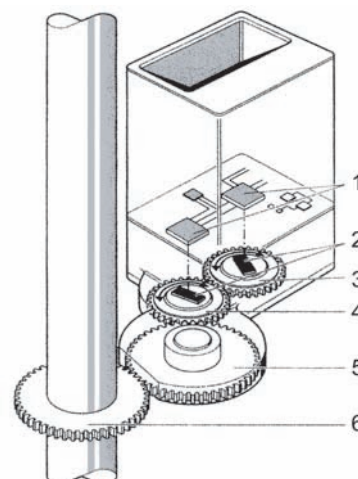
AGS – Adaptive – Getriebe – Steuerung, tj. adaptivní řízení převodovky.

DBC – Dynamic Brake Control, tj. řízení dynamického brzdění.

MSR – Motor – Schleppmoment – Regelung. Soustava MSR zajišťuje při intenzivním brzdění motorem spojeným s prokluzováním hnacích kol dojde automaticky k úpravě točivého momentu motoru. Snímače na kolech předávají signály řídicí jednotce ABS, která o vzniklé situaci informuje řídicí jednotku motoru ECU.

Často používaná zkratka EDS (Elektronische Differential Sperre) znamená, že elektronický systém ABS nahrazuje diferenciál se zvýšenou svorností. Systém EDS využívá řídicí jednotku systému ABS a působí vlastně opačně. Zatímco ABS citlivě povoluje blokující kolo až 12× za sekundu, pak EDS naopak přibrzdí prokluzující kolo a tím přenáší větší díl hnací síly na kolo s lepší přilnavostí. EDS tedy zlepšuje jízdu vozidla na vozovce s nestejnými adhezivními vlastnostmi pod levým a pravým hnacím kolem. Při ovládní 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 řídicí jednotky během celé životnosti snímače. Jejich rychlé vyhodnocení a přesné reagování musí být možné v každé jízdní a provozní situaci s vysokou bezpečností. Znalost úhlu řízení umožňuje napřed vypočítat požadovaný směr jízdy vozidla.

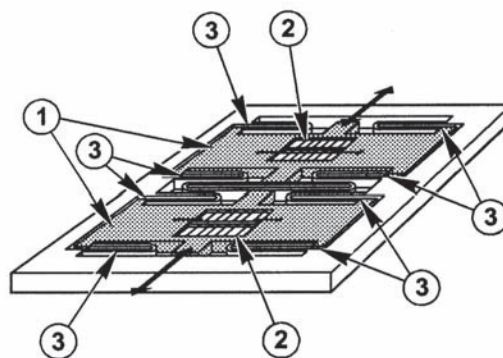
Snímač úhlu s prvky AMR (Anisotrop Magneto Resistiv = anizotropní magnetický odpor) využívá různé fyzikální vlastnosti krystalu, který má v rozdílných směrech magnetické „tenké vrstvy“. Dva moduly AMR snímají otáčivé pohyby dvou ozubených kol, na kterých jsou umístěny magnety. Tato ozubená kola jsou poháněna vloženým kolem a ozubeným věncem, který je upevněn na hřídeli volantu a který se otáčí při natočení volantu. Výstupní signály ozubených kol jsou přijímány s velmi vysokým rozlišením (obr. 23). Ozubená kola „pod“ AMR-elementy mají rozdílné počty zubů, a tímto rozdílem počtu zubů je také dáno měřítko pro úhel otáčení volantu. Toto provedení umožňuje, aby se zachoval 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 poskytují měřítko pro úhel natočení volantu, je snímač redundantní, tzn. samočinně sledující.



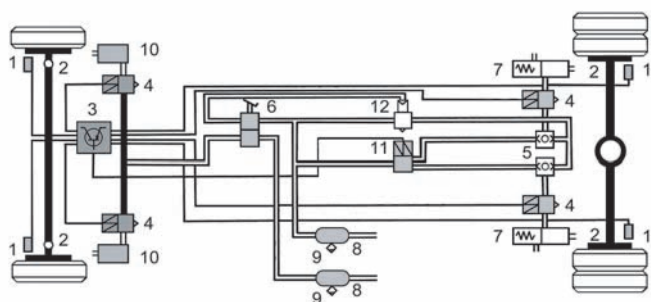
Obr. 23 Snímač úhlu natočení volantu s prvky AMR (Bosch): 1 – prvky AMR, 2 – magnety, 3 – ozubené kolo, 4 – ozubené kolo, 5 – vložené ozubené kolo, 6 – hnací kolo na hřídeli volantu.

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 pohyblivé systému vznikají přídavné síly (Coriolisovy síly). Pokud se v tomto systému nacházejí kmitající hmotné elementy, tak když se systém začne otáčet, ovlivňuje se tento kmitavý pohyb. Když je kmitavý pohyb vyregulován zpět do původního stavu, tak akční veličina nutná k zpětné regulaci slouží jako měřítko pro stáčivou rychlost, protože se vzrůstající stáčivou rychlostí se musí také zvyšovat vratná veličina.

Mikromechanický snímač znázorněný na obr. 24 je dvojitý snímač. V jeho skříni jsou sloučeny snímač stáčivé rychlosti a snímač příčného zrychlení, přičemž jsou buzena k protiběžnému kmitání dvě pružně uložená kmitavá tělesa (1), v nichž jsou umístěny kapacitní snímače zrychlení (2). Směr snímače je kolmý ke směru kmitání; tento princip je srovnatelný s kmitáním ladičky. Dvě vodorovné šipky znázorňují směr kmitání, kolmo k tomuto směru leží Coriolisovo zrychlení. Úhlová rychlost kolem svislé osy tohoto snímače je stáčivá rychlost vozidla.



Obr. 24 Mikromechanický snímač stáčivé rychlosti a bočního zrychlení (Bosch): 1 – kmitající tělíska, 2 – kapacitní snímače zrychlení, 3 – pružiny.



Obr. 25 Systém ABS/ASR u dvounápravového nákladního automobilu:  
 1 – snímač otáček, 2 – impulsní kolo, 3 – elektronická řídicí jednotka ABS/ASR, 4 – elektropneumatický řídicí ventil ABS, 5 – přepínací ventil ABS/ASR, 6 – hlavní brzdíč, 7 – kombinovaný pružinový válec, 8 – vzduchojem, 9 – odkalovací ventil, 10 – membránový brzdový válec, 11 – elektromagnetický ventil ASR, 12 – ventilové relé.

### SYSTÉMY ABS U VZDUCHOVÝCH BRZD

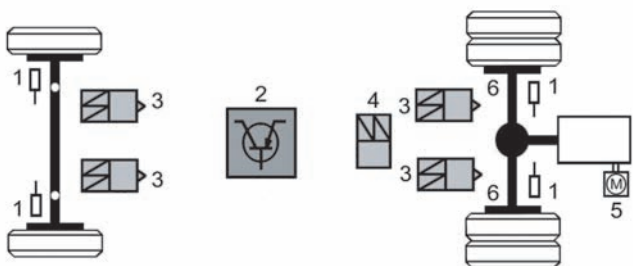
Na obr. 25 je znázorněno propojení jednotlivých částí systému ABS se vzduchotlakou brzdovou soustavou dvounápravového nákladního automobilu.

Systém ABS eviduje obvodovou rychlost jednotlivých kol, na jejichž vnitřních stranách jsou umístěna impulsní ozubená kola (2). Tato otáčející se impulsní kola (2) vytvářejí v pevně umístěných snímačích otáček (1) napětové impulsy, jejichž frekvence je přímo úměrná otáčení kol. Pomocí změny otáček kol při brzdění zjišťuje čítač v elektronické řídicí jednotce (3) zpomalení (záporné zrychlení a), zrychlení a a brzdný skluz  $\lambda$  jednotlivých kol. Z těchto údajů řídicí jednotka určí brzdný tlak, který vede k co největšímu možnému brzdnému účinku bez blokování kol. Elektronická řídicí jednotka (3) dodává řídicí impulsy do elektromagnetických ventilů, které jsou součástí elektropneumatických řídicích ventilů (4). Zde je regulován brzdný tlak nastavený hlavním brzdíčem (6) tak, aby brzdná síta kolových brzdových válců (7 a 10) vytvořila maximální brzdný účinek bez blokování kol. Užitková vozidla jako nákladní automobily, autobusy, tahače návěsů, přívěsové návěsy mají dvě, tři i více náprav. Pro tato vozidla existují různé regulační soustavy.

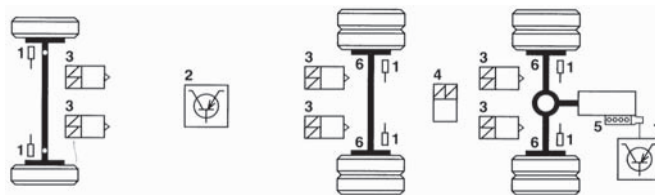
Na obr. 26 a na 27 jsou uvedeny různé typy vozidel s odlišným uspořádáním systémů ABS.

Uspořádání S/4K IRM, obr. 26:

- 4S – soustava má čtyři snímače otáček kol,
- 4K – soustava je čtyřkanálová, obsahuje tedy čtyři elektropneumatické řídicí ventily,



Obr. 26 Hlavní části systému ABS/ASR, uspořádání S/4K (Bosch):  
 1 – snímač otáček, 2 – řídicí jednotka ABS/ASR, 3 – elektropneumatický řídicí ventil, 4 – elektromagnetický ventil ASR, 5 – nastavovací elektromotor regulace výkonu motoru, 6 – impulsní kotouče.



Obr. 27 Hlavní části systému ABS/ASR, uspořádání 6S/6K: 1 – snímač otáček, 2 – řídicí jednotka ABS/ASR, 3 – elektropneumatický řídicí ventil, 4 – elektromagnetický ventil ASR, 5 – vstříkovací zařízení, 6 – impulsní kolo, 7 – elektronická řídicí jednotka řízení motoru (EDC).

- IR (individuální regulace) – každé kolo je při brzdění individuálně regulováno. Tím se dosahuje nejkratší možné brzdné dráhy. Problematickou se stává regulace na vozovce, u níž je součinitel brzdné přilnavosti  $\mu_B$  na jednotlivých stranách vozidla různý (vzniká stáčivý moment). Používá se u zadní nápravy,
- SLR (regulace select-low) – při regulaci SLR se na všechna kola působí maximálně takovým tlakem, který způsobí blokování prvního z kol. Vznikající nežádoucí stáčivý moment řidič snadno zvládne, výsledkem jsou ovšem příliš dlouhé brzdné dráhy,
- IRM (individuální regulace modifikovaná) – odvozená z regulace select-low, používá se na přední nápravě.

Řídicí jednotka ABS/ASR dostává signály z řídicí jednotky řízení motoru vyjadřující požadavek řidiče na výkon motoru, např. polohu pedálu akcelérátoru nebo požadované množství vstříkovaného paliva. Naopak řídicí jednotka ABS/ASR v případě prokluzu kola vysílá signál do řídicí jednotky řízení motoru, který vede ke snížení výkonu motoru. Řídicí jednotky pro řízení motoru jsou např. EMS (Elektronische Motorleistung Steuerung) a EDC (Elektronische Dieselregelung, Electronic Diesel Control). Při přímém řízení okruhu regulace motoru řídicí jednotka ABS/ASR řídí signály stavěcí elektromotor, který je pevně spojen s ovládací pákou vstříkovacího čerpadla. Rozezná-li řídicí jednotka ABS/ASR prokluz hnacích kol, je do stavěcího motoru přiveden řídicí signál, na jehož základě elektromotor sníží hnací moment motoru. Podobně probíhá regulace hnacího momentu nastavovacím válcem, který je ovládán proporčním ventilem řízeným řídicí jednotkou ABS/ASR.

### ELEKTRONICKÝ SYSTÉM VZDUCHOVÝCH BRZD EBS

Jednotlivé mechanicko-pneumatické členy jsou nahrazeny elektronicky řízenými akčními členy, které přebírají vedle modulace tlaku také snímání a zpracování signálů snímačů. Centrální elektronická řídicí jednotka vypočítává pomocí signálů z ventilu hlavního brzdíče, z modulů pro regulaci tlaku, ze snímačů zatížení a z dalších dat vozidla povel pro modulaci brzdného tlaku každého kola v tažném vozidle. Současně zajišťuje separátní řídicí modul přiměřený brzdný tlak pro přívěs. Pouze v případě nouze, např. pro zajištění v případě výpadku proudu, se brzdí konvenčně prostřednictvím přidavných pneumatických okruhů se skoro plnou výkonností. EBS poprvé umožnilo rozsáhlý management brzd v užitkových vozidlech. Spojuje systémy trvalého brzdění

jako retardér a motorová brzda s provozní brzdou. Je zamezeno blokování jednotlivých kol při brzdění, je optimalizována brzdňá dráha a došlo k podstatnému zlepšení jízdní stability tažného vozidla. Kromě toho lze optimálně využívat brzdové obložení, čímž se snižují provozní náklady.

Základem systému EBS je nezávislá pneumatická brzdová soustava. Jednotlivé mechanicko-pneumatické prvky byly nahrazeny elektronicky ovládanými servy, které kromě modulace tlaku převzaly také úlohu sběru a zpracování signálů ze snímačů.

Příkaz k modulaci tlaku pro každé kolo vozidla určuje centrální řídicí jednotka výpočtem z dat vozidla ze signálů od brzdového ventilu a od čidel zatížení. Současně samostatný řídicí modul zajišťuje potřebný brzdový tlak pro návěs. V případě nouze, tedy při výpadku palubní sítě, jsou k brzdění použity přídatné pneumatické okruhy s téměř plným brzdňým výkonem

EBS v sobě spojuje provozní brzdu se systémem dlouhodobých brzd – retardéry a motorové brzdy. Je zabráněno prokluzu jednotlivých kol při brzdění, dráhy jsou optimalizovány a jízdní stabilita naloženého vozidla se podstatně zlepšila.

Principiálně jde o to, že řízení brzdové soustavy, které je klasicky zajišťováno čistě tlakovým vzduchem, se u tohoto systému provádí elektronicky. Tlakový vzduch slouží pouze pro vlastní ovládání soustavy. EBS tedy navazuje na klasické vzduchové brzdové soustavy jejichž hlavní komponenty zůstávají z velké části nezměněny. Komunikace mezi řídicími jednotkami však zde probíhá formou výměny elektronických signálů a využívá sběrnice sítě CAN (Controller Area Network).

Systém se skládá z následujících konstrukčních skupin:

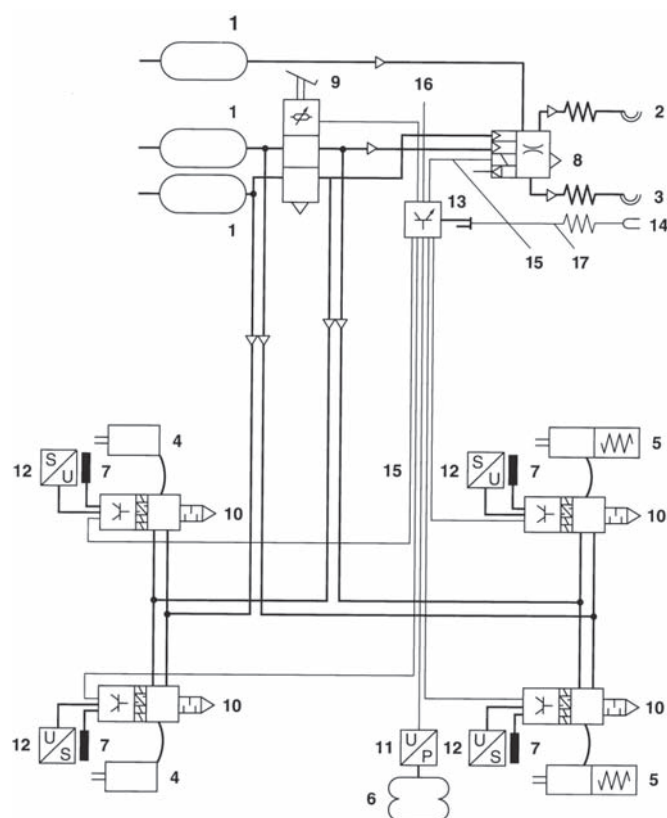
- elektronicky řízené provozní brzdové soustavy (EPB),
- protiblokovacího systému (ABS),
- protiprokluzového systému (ASR).

Navíc však používá:

- snímače otáček (stejně jako u ABS);
- moduly regulace tlaku (nahrazují řídicí tlakové ventily u ABS);
- snímač zatížení (nahrazuje zátěžový regulátor tlaku),
- snímače pro měření opotřebení brzdového obložení (jsou-li žádány),
- elektronickou řídicí jednotku (nahrazuje řídicí jednotku ABS),
- hlavní brzděč s elektrickým snímačem dráhy brzdového pedálu (BWG),
- sedmipólovou zásuvku podle normy DIN ISO 7638, která je vůči zásuvce ABS rozšířena o dva póly pro CAN-Bus „přívěs“.

Na řídicí jednotku jsou hvězdicově připojeny moduly regulace tlaku. Propojovací vedení mezi řídicí jednotkou a moduly regulace tlaku je ve čtyřvodičovém provedení, tj. po dvou vodičích pro napájecí napětí modulu regulace tlaku a pro CAN-Bus. Kromě toho vede od řídicí jednotky třívodičový kabel ke snímači zatížení, který je u vozidel s pneumatickým odpružením zhotoven jako snímač tlaku a u vozidel s listovými pružinami jako snímač úrovně.

Schéma na obr. 28 znázorňuje vzduchová a elektrická vedení systému EBS u tažného vozidla se dvěma nápravami. Membránové brzdové válce (4) na přední nápravě a kombinované brzdové

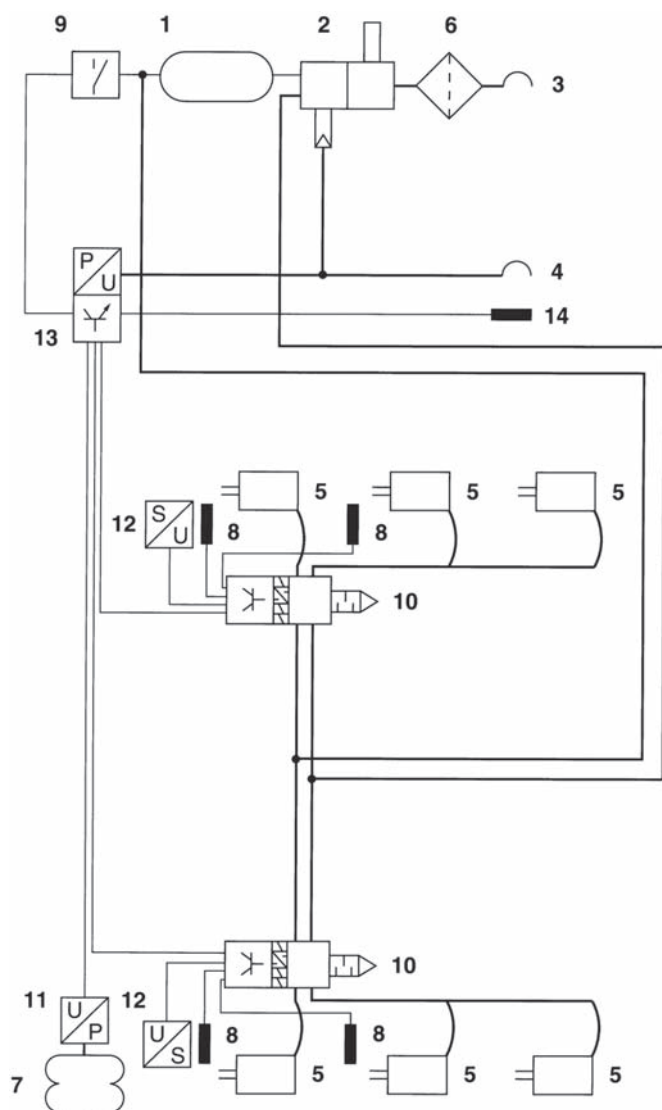


Obr. 28 Schéma elektronického brzdového systému EBS u tažného vozidla (Bosch): Klasická brzdová soustava: 1 – vzduchom s odlučovačem vody, 2 – spojková hlavice plnicího okruhu, 3 – spojková hlavice ovládacího okruhu, 4 – membránový brzdový válec, 5 – kombinovaný brzdový válec, 6 – vzduchová pružina, EBS: 7 – snímač otáček, 8 – brzděč přívěsu, 9 – hlavní brzděč, 10 – modul regulace tlaku, 11 – snímač zatížení, 12 – snímač pro měření opotřebení brzdového obložení, 13 – elektronická řídicí jednotka, 14 – spojovací konektor, 15 – CAN-Bus, 16 – CAN-Bus k dalším řídicím jednotkám, 17 – CAN-Bus přívěsu.

válce (5) na poháněné nápravě jsou stejné jako u klasické vzduchové brzdové soustavy.

Aby bylo možné provozovat systém EBS, jsou jednotlivé komponenty elektricky propojeny. Vzduchová vedení spojují vzduchoměry přes moduly regulace tlaku s brzdovými válci a s řídicím modulem přívěsu. Záložní brzdový okruh používá vzduchová řídicí vedení, která vedou od hlavního brzděče k modulům regulace tlaku a k řídicímu modulu přívěsu. Funkce protiblokovacího a protiprokluzového systému jsou integrovány v řídicí jednotce EBS a v modulech regulace tlaku.

Od hlavního brzděče se snímačem dráhy brzdového pedálu vede čtyřvodičový kabel do řídicí jednotky. Snímač dráhy brzdového pedálu přenáší hodnotu brzdňého tlaku udanou řidičem, jako elektrický signál do řídicí jednotky EBS. Řídicí jednotka tento signál zpracovává a vysílá řídicí signál přes CAN-Bus „brzda“ k modulům regulace tlaku přední a zadní nápravy a k řídicímu modulu přívěsu, který je umístěn v tažném vozidle. Současně jde také řídicí signál přes CAN-Bus „přívěs“ na řídicí jednotku EBS v přívěsu. U vozidel s pneumatickým odpružením je informace o zatížení vozidla získána ze snímače tlaku vzduchu, který působí jako snímač zatížení (11).

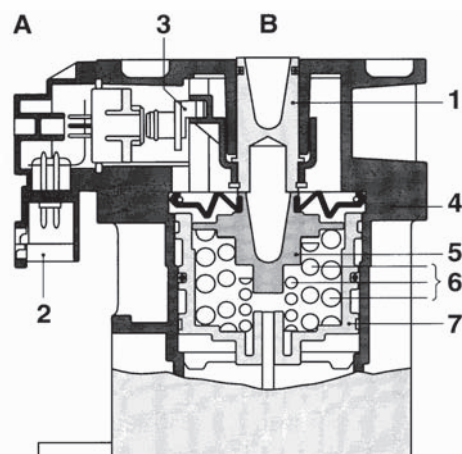


Obr. 29 Schéma elektronického brzdového systému EBS pro návěs (Bosch):  
 Klasická brzdová soustava: 1 – vzduchojem s odlučovačem vody, 2 – rozvaděč přívěsu, 3 – spojková hlavice plnicího okruhu, 4 – spojková hlavice ovládacího okruhu, 5 – membránový válec, 6 – filtr, 7 – vzduchová pružina, EBS: 8 – snímač otáček, 9 – tlakový spínač, 10 – modul regulace tlaku, 11 – snímač zatížení, 12 – snímače měření opotřebení brzdového obložení, 13 – elektronická řídicí jednotka, 14 – spojovací konektor pro CAN-Bus přívěsu.

Také elektronický brzdový systém v přívěsném vozidle je charakteristický modulární stavbou. Přitom zůstávají nezměněny stávající komponenty vzduchové brzdové soustavy (obr. 29):

- vzduchojem (1);
- rozvaděč přívěsu (2);
- spojkové hlavice (3 a 4);
- membránové brzdové válce (5);
- filtr (6).

Hlavní brzdíč (obr. 30) se skládá z dvouokružové vzduchové části (jako hlavní brzdíč u klasické vzduchové brzdové soustavy) a elektrického snímače dráhy brzdového pedálu. Snímač dráhy brzdového pedálu je tvořen dvěma potenciometry a může být na



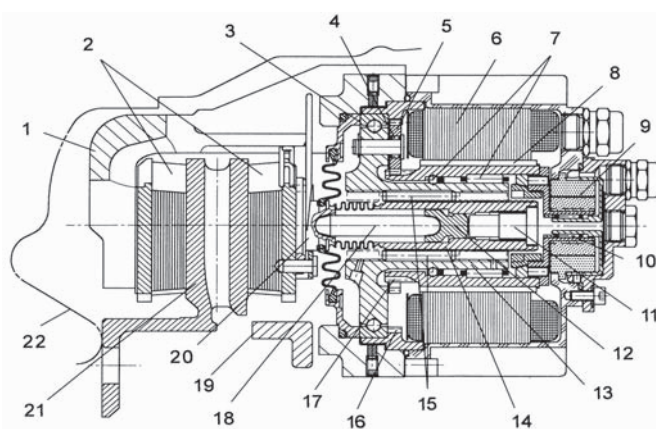
Obr. 30 Hlavní brzdíč se snímačem dráhy brzdového pedálu (Bosch):  
 A – elektrická část (snímač dráhy brzdového pedálu) 1 – zdvihátko (horní díl), 2 – elektrická přípojka, 3 – potenciometry (zobrazen jen jeden), B – pneumatická část (hlavní brzdíč), 4 – těleso brzdíče, 5 – zdvihátko (dolní díl), 6 – sada pružin, 7 – píst brzdíče.

hlavní brzdíč namontován pomocí příruby nebo může s hlavním brzdíčem tvořit jeden konstrukční celek. Snímač dráhy brzdového pedálu (A) a hlavní brzdíč (B) jsou zařazeny za sebou, a jsou tak společně ovládaný zdvihátkem (1, 5). Pružinová sada (6) je složena z několika pružin. Při stlačení brzdového pedálu jsou tyto pružiny stlačeny a společně s tlakem vzduchu, který působí na píst (7), tak řídicí simulují pocit brzdění.

Na obr. 31 je znázorněna elektromechanická kotoučová brzda Continental Teves vyvinutá pro elektronický brzdový systém pro užitková vozidla.

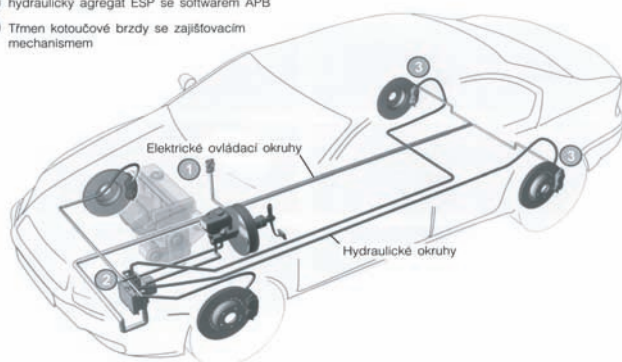
### AUTOMATICKÁ PARKOVACÍ BRZDA

Výrobce automobilů může umístit ovládací prvky volně ve vnitřním prostoru, protože odpadá páka ruční brzdy. Bosch (obr. 32)



Obr. 31 Elektromechanická kotoučová brzda Continental Teves: 1 – třmen, 2 – brzdové obložení, 3 – centrální ložisko, 4 – ložisko planetového kola, 5 – planetové kolo, 6 – stator, 7 – ložisko rotoru, 8 – rotor, 9 – resolver, 10 – ložisko resolveru, 11 – siloměrný šroub, 12 – kalota, 13 – matice, 14 – vřeten, 15 – válečky, 16 – korunné kolo, 17 – centrální kolo, 18 – tlačný kolík, 19 – držák, 20 – tlačná deska, 21 – brzdový kotouč, 22 – ráfek.

- 1 tlačítko pro automatickou parkovací brzdu na palubní desce
- 2 hydraulický agregát ESP se softwarem APB
- 3 Třmen kotoučové brzdy se zajišťovacím mechanismem



Obr. 32 Automatická parkovací brzda APB (Bosch).

vyvinul produkt, který oproti jiným řešením s elektromotorickým ovládním lanka nebo elektromotory namontovanými přímo na třmenu kotoučové brzdy potřebuje méně místa a vyžaduje nižší náklady.

Technický princip lze srovnat s principem kuličkového pera, kde se náplň tlakem prstu vysune a následně drží pomocí zajišťovacího

mechanismu v určené poloze, dokud se ovladač znovu nestlačí. Pokud tedy řidič stiskne spínač, aby aktivoval funkci parkovací brzdy, vytvoří ESP agregát samočinně tlak a přitlačí tak brzdové obložení proti kotouči. Následně se zajistí třmeny kotoučové brzdy. To elektricky ovládaný magnetický ventil integrovaný ve třmenu hydraulicky řídí příslušný mechanismus. Třmen kotoučové brzdy zůstává potom bez hydraulického tlaku trvale zablokován. K uvolnění brzdy vytvoří ESP na chvíli ještě jednou tlak, který je vyšší než tlak během zajištění. Princip je jednoduchý a tím pádem pozoruhodný. Představuje levné řešení automatické funkce parkovací brzdy, obzvláště je-li vozidlo beztak vybaveno ESP (Electronic Stability Program).

### LITERATURA

- [1] Vlk F.: *Elektronické systémy motorových vozidel*. Vlastním nákladem. Brno 2004.
- [2] Vlk F.: *Podvozky motorových vozidel*. Vlastním nákladem. Brno 2003.
- [3] Vlk F.: *Automobilová technická příručka*. Vlastním nákladem. Brno 2003.
- [4] Firemní literatura Bosch AG.