

*Použití elektroniky v motorovém vozidle vede k odlehčení řidiče a uvolňuje tím lidskou kapacitu k lepšímu pozorování vnějšího dopravního děje. Současně to znamená konsekventní pokračování zatím stále sledované vývojové linie odlehčení tělesné námahy při obsluze agregátů řidičem. Elektronickým propojením vozidlových agregátů je zajištěno především odlehčení řidiče v běžných i nebezpečných situacích. Sledovaná vývojová strategie – co nejvíce odlehčit řidiče od tělesné námahy při ovládání agregátů – uvolňuje mentální kapacitu řidiče k lepšímu sledování vnějšího dopravního děje.*

### ELEKTRONIKA V MOTOROVÉM VOZIDLE

Elektronika je důležitým pomocným prostředkem, který umožňuje splnit následující základní cíle vývoje vozidla:

- zvýšení bezpečnosti,
- zvýšení hospodárnosti,
- zvýšení jízdního pohodlí,
- zlepšení životního prostředí.

Potenciál jiných, např. hydraulických nebo pneumatických pomocných prostředků, si nelze při použití u motorových vozidel odmyslet, ale blíží se jisté technologické nasycenosti. Ve spojení těchto pomocných prostředků fluidní techniky s mikroelektronikou lze však docílit dalších funkčních zlepšení.

Vývoj elektronických prvků pro motorová vozidla otevírá však také nové potenciály ve vývoji mechanických systémů. Význam elektroniky ve vozidle lze vidět ve zvláštní vlastnosti, že z mechanického okolí mohou být pomocí senzorů zachyceny, zpracovány a ukládány do paměti informace a tyto přeměňovány akčními povely na mechanické prvky. Důsledně probíhá funkční rozdělení úloh, které jsou přiřazeny mechanickým prvkům a nadřazené elektronické regulaci.

Systémy, které redukuje jak psychické, tak také fyzické zatížení řidiče, zabraňují dřívějšímu unavení řidiče a zabezpečují jeho koncentraci, jsou rozhodujícím přínosem ke zvýšení aktivní bezpečnosti motorových vozidel. Tyto systémy je možno charakterizovat následujícími tematickými okruhy:

- elektronické řazení převodovky,
- automatické ovládání spojky,
- elektronicky ovládaná brzdová soustava,
- protiblokovacích systémů ABS,
- protipokluzových systémů ASR,
- elektronická stabilizace jízdy ESP,
- signalizace opotřeby brzdových kotoučů,
- regulace rychlosti jízdy,
- regulace vozidlových tlumičů,
- aktivní odpružení,
- klimatizace, automatické vytápění,

- odpružení sedadla,
- elektrické nastavování sedadla s integrovanými bezpečnostními pásy,
- automatická regulace světelného dosahu reflektorů,
- semiaktivní/aktivní odpružení kabiny řidiče,
- nastavování sloupku řízení,
- přídatné řízení zadních kol,
- elektronická vazba mezi řídicím ústrojím a pneumatikami,
- diagnostika vozidla,
- kontrola bezpečné vzdálenosti,
- vozidlové navigační systémy,
- parkování,
- kontrola „mrtvého“ prostoru,
- navigační počítač,
- telefon/telefax.

Použití elektroniky v motorovém vozidle lze rozdělit na čtyři hlavní oblasti (obr. 1):

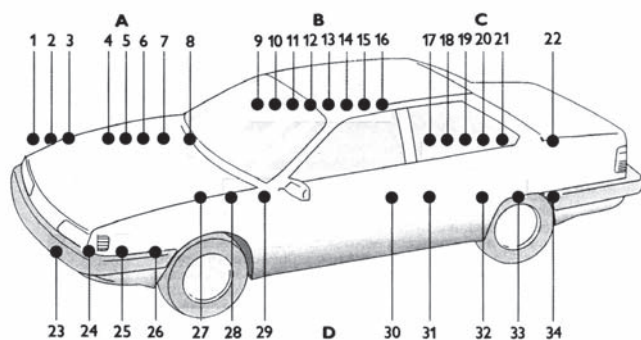
- A – hnací ústrojí,
- B – komunikace,
- C – komfort.,
- D – bezpečnost.

Digitální elektronika se v motorových vozidlech začala používat koncem sedmdesátých let. Od té doby mohlo být prováděno dříve nepředstavitelné zlepšení funkčnosti. Spolehlivost a bezpečnost motorových vozidel byla zvýšena a současně byly podstatně zmenšeny prostorové nároky elektronických systémů.

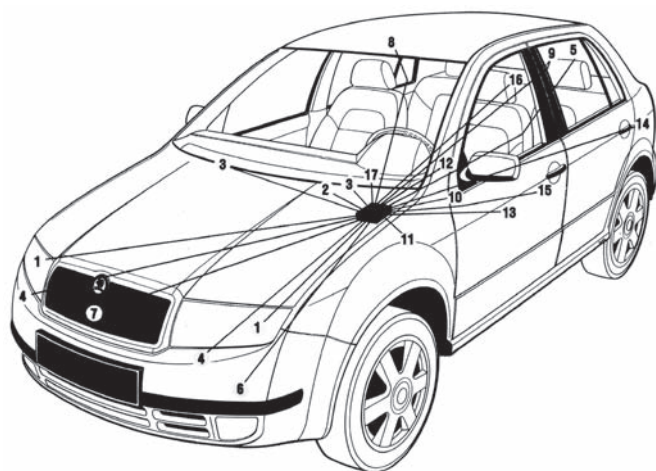
Protiblokovací systém (ABS) se před lety stal nejdůležitějším příspěvkem pro aktivní bezpečnost automobilů. Prvky systému ABS se používají i pro regulaci hnacího skluzu (ASR), která zajišťuje zlepšenou stabilitu a trakci při akceleraci vozidla.

Na obr. 2 je přehled působení centrální elektronické řídicí jednotky (ECU = Electronic Control Unit) osobního vozu Škoda Fabia.

S moderními systémy řízení motoru je možno výrazně snížit škodlivé emise a spotřebu paliva. Současně je také zlepšeno jízdní chování, především v teplém chodu a v přechodových stavech.



Obr. 1 Elektronické systémy v automobilu: A – hnací soustava: 1 – řízení samočinné převodovky, 2 – regulace vstřikování vznětového motoru, 3 – digitální řízení zapalování a vstřikování zážehového motoru, 4 – sonda lambda, 5 – regulace volnoběhu, 6 – diagnostika motoru, 7 – elektronický akcelerátor, 8 – řídicí jednotka motoru, B – komunikační soustava: 9 – výstup hlasového syntezátoru, 10 – řízení různých funkcí hlasem, 11 – rádio, 12 – palubní počítač, 13 – telefon, 14 – navigační přístroj, 15 – nová technologie displejů, 16 – systém multiplex, C – zařízení pro komfort: 17 – tempomat, 18 – vytápění a klimatizace, 19 – seřizování polohy sedadel s pamětí, 20 – centrální zamykání, 21 – regulace odpružení, 22 – čidlo vzdálenosti při couvání, D – bezpečnost: 23 – radarová výstraha nejmenší bezpečné vzdálenosti, 24 – stírače a ošťikovače světlometů, 25 – hlavní světlomety s výbojkami, 26 – regulace stíračů a ošťikovačů, 27 – autodiagnostika vozidla, 28 – indikátor servisních intervalů, 29 – monitor provozních náplní a opotřebení brzd, 30 – spouštěcí soustava airbagů a napínačů bezpečnostních pásů, 31 – zabezpečovací soustava vozidla (alarm, imobilizér), 32 – kontrola tlaku v pneumatikách, 33 – protiblokovací a protipokluzová soustava, 34 – soustava řízení dynamiky vozidla.



Obr. 2 Působení centrální elektronické řídicí jednotky (ECU) Škoda Fabia: 1 – směrová světla, výstražná světla, varovná světla ochrany proti krádeži, spouštění varovných světel po nárazu, 2 – intervalový spínač stíračů se snímačem samočinného spouštění (dešťový senzor), 3 – ošťikovače čelního skla, 4 – ošťikování světlometů, 5 – vyhřívání zadního okna, 6 – houkačka, 7 – zdroj elektrické energie, alternátor, 8 – ECU vnitřního osvětlení, 9 – blokování dálkového otevírání pátých dveří, 10 – regulace intenzity osvětlení přístrojů, 11 – diagnostická zásuvka, 12 – tempomat, 13 – elektrické ovládání oken a posuvné střechy, 14 – zapínání zpětných světlometů, 15 – kontrolka zavření dveří, 16 – komfortní (samočinná) funkce zadního stírače, 17 – kontrola funkce spínací skříňky.

Další elektronické řídicí systémy v motorovém vozidle zajišťují optimální jízdní provoz, např. elektronické řízení převodovky, regulace podvozku a elektronické řízení výkonu motoru. Jízdní chování (ovladatelnost) a jízdní pohodlí se tím výrazně zlepšují.

Vykonávání těchto rozmanitých regulačních úloh vyžaduje vyzrálé systémy, řídicí přístroje a komponenty, které rychle a spolehlivě fungují.

V současnosti realizované řídicí funkce se již částečně zakládají na spojení různých elektronických systémů. Tak např. systém ASR redukuje při skluzu jednoho hnacího kola točivý moment motoru zásahy do zapalování a vstřikování a do elektronického řízení výkonu motoru. Vhodně je točivý moment motoru ovlivňován ještě od jiných systémů, jako od řízení převodovky nebo od regulace brzdného momentu motoru.

V dalším vývoji systémů automatického řízení a ovládání automobilu se rýsuje jeden obecný trend. Mechanické systémy jsou nahrazovány systémy „X-by-Wire“, které snímají povely vydávané řidičem pomocí senzorů, jejich informace elektronicky zpracovávají a řídicí povely vytvořené na jejich základě předávají akčním členům.

Jedním z již realizovaných systémů je elektronický pedál plynu, označovaný jako „Drive by Wire“ (Bosch). Pracuje se také intenzivně na vývoji elektronických systémů v oblasti brzd a řízení. Systémy „Steer by Wire“ a „Brake by Wire“ jsou totiž předpokladem pro zavedení nových bezpečnostních a komfortních funkcí, které bude možno uskutečnit pouze v součinnosti několika systémů na vozidle.

Důležitým aspektem při vývoji systémů aktivní a pasivní bezpečnosti je schopnost vozidla přijímat a zpracovávat informace o svém okolí, rozpoznávat nebezpečné situace a co nejlépe pomáhat řidiči při řízení automobilu.

V kritických jízdních situacích často rozhodují pouze zlomky sekundy o tom, zda dojde či nedojde k nehodě. Některé studie například ukázaly, že přibližně k 60 % nehod způsobeným najetím vozidla a téměř k třetině čelních střetů by nemuselo vůbec dojít, kdyby řidič mohl reagovat pouze o půl sekundy dříve. Rychlejší reakce by mohla zabránit i každé druhé nehodě na křižovatkách.

Elektronické sledování okolí vozidla tvoří základ mnoha systémů podpory řidiče, a to jak výstražných, tak i aktivně zasahujících do řízení. Až dosud se v důsledku omezené možnosti nákupu snímačů mohl na trhu prosadit pouze malý počet těchto systémů.

Jedním z nich je parkpilot Bosch, který pomocí ultrazvuku sleduje bezprostřední okolí automobilu. Snímače instalované v nárazníku vydají zvukový nebo optický výstražný signál, jakmile se řidič přiblíží k překážce. Tento systém se již na trhu rozšířil a nalezl vysoký ohlas u zákazníků, takže v některých modelech automobilů již patří ke standardnímu vybavení. Pro větší vzdálenost se používají snímače Long-Range-Radar (LRR) s pracovní frekvencí 77 GHz a s dosahem přibližně 120 metrů, které se již dnes jako součást systému Bosch ACC používají v sedmičkové řadě BMW. Velmi úzký kužel radarového signálu hlídá prostor před vozidlem a zjišťuje vzdálenost od nejbližšího vozidla jedoucího vpředu.

Informace získané systémem ACC se používají k upozornění řidiče na příliš malou vzdálenost od vozidla jedoucího před ním nebo k automatickému udržování bezpečné vzdálenosti od tohoto vozidla. Řidič předvolí požadovanou rychlost a bezpečnou vzdálenost, kterou pak systém automatickou aktivací brzd a řídicí jednotky motoru udržuje. V současné verzi tento systém funguje při rychlosti vyšší než 30 km/h.

V blízké budoucnosti kromě zmíněných snímačů se budou nabízet pro vozidla také nové radarové snímače a videosenzory, jejichž

pomocí bude možno řídit a sledovat celou řadu dalších funkcí. V první fázi to budou radarové snímače pro krátké vzdálenosti Short-Range-Radar (SRR) používající frekvenční pásmo 24 GHz. Tyto snímače, kterými lze sledovat i mrtvý úhel v zorném poli řidiče, vytvoří kolem vozidla „virtuální bezpečnostní pásmo“. Za nimi budou následovat videosenzory. Pokud jde o zadní část vozidla, lze si představit nejjednodušší variantu těchto snímačů jako pomůcku při parkování a couvání. Ještě užitečnější bude kamera zabudovaná v zadní části vozidla, umožňující zobrazovat snímané objekty a varovat řidiče v kritických situacích například tehdy, když se v jízdním pruhu, do kterého chce řidič při předjíždění vjet, zezadu velkou rychlostí blíží jiné vozidlo. Kamera v přední části vozidla bude sloužit jako pomůcka pro snímače ACC a umožní nejen měřit vzdálenost k určitému objektu, nýbrž i tento objekt blíže identifikovat.

Připravují se rovněž nové funkce, jako je identifikace jízdního pruhu a upozornění řidiče při nechtěném vyjetí z tohoto pruhu, nebo rozeznávání dopravních značek. Počítá se s využitím této kamery i pro zlepšení vidění v noci.

Experimentální video-snímače dokáží rozpoznat i dopravní značky. Řidiče pak systém upozorňuje akusticky i opticky na příslušnou dopravní úpravu.

S různými druhy snímačů vznikají i různé možnosti jejich použití v rámci asistenčních systémů řidiče. Ty se dají rozdělit na aktivní (systémy automaticky zasahující do řízení vozidla), pasivní (systémy poskytující informace pro řidiče a pro ochranu cestujících), a rovněž systémy zajišťující bezpečnost a pohodlí. Funkce systémů aktivní bezpečnosti sahají od nejjednodušší parkovací brzdy, která vozidlo při parkování automaticky přibrzdí před překážkou, až po počítačově řízené složité jízdní manévry s cílem zabránit kolizi vozidla.

Tak je tomu například u automatického nouzového brzdění, které se aktivuje v případě nevyhnutelné srážky, aby se zabránilo nejhoršímu. Ve svých nejvyšších verzích pak systémy aktivní bezpečnosti zasahují do řízení vozidla, brzdového systému a motoru s cílem vyhnout se překážce.

K aktivním systémům jízdního komfortu patří ACC, který již byl uveden na trh. Společnost Bosch pracuje na dalším zdokonalení tohoto systému, který by měl ulehčit řízení v pomalu jedoucí řadě vozidel – v krajním případě úplným zabrzděním a opětovným rozjetím (funkce „stop-and-go“). V poslední etapě vývoje by pak bylo při použití radarových snímačů pracujících v pásmu 77 GHz a 24 GHz společně s přidavným videosenzorem možné úplné řízení podélného pohybu vozidla při každé rychlosti. Řízení podélného pohybu vozidla doplněné pomocnou funkcí udržování vozidla v jízdním pruhu – což je systém pro řízení příčného pohybu vozidla, který rovněž předpokládá uplatnění videosenzorů – by pak v zásadě umožnilo automatické řízení.

Asistenční systémy řidiče bez aktivního zasahování je možno považovat za jakýsi předstupeň řízení vozidla. Tyto systémy pouze upozorňují řidiče nebo navrhují provést určitý jízdní manévr. Příkladem je parkovací asistent Bosch, který řidiči při parkování doporučuje různé manévry pro optimální zaparkování vozidla do mezery, která byla předem automaticky vyměřena.

Senzory SRR umožňují zjistit předměty v mrtvém úhlu zorného pole. Řidič je na ně upozorněn rozsvícením diody v oblasti venkovního zrcátka a výstražným zvukovým signálem. Stojící

překážky je přitom možné vynechat, aby řidič nebyl přetížen příliš velkým množstvím signálů. U výstražné funkce při vyjetí z jízdního pruhu, vyvinuté firmou Bosch jako další asistenční systém, snímá videokamera jízdní pruh před vozidlem a upozorní řidiče v případě vyjetí z tohoto pruhu bez zapnutí blikáče. Výstražné hlášení může být podáno z reproduktoru autorádia nebo mechanicky ve formě lehkého pohybu volantu. Funkce pasivní bezpečnosti tvoří čtvrtý sloup celkové koncepce bezpečnosti v automobilu. Optimální konstrukce různých struktur automobilu a prostoru pro cestující z hlediska jejich chování při srážce jsou dnes u nových vozidel stejnou samozřejmostí, jako s nimi sladěné zádržné systémy tvořené předpínači bezpečnostních pásů a airbagy.

Kromě toho se také rychle zvyšuje počet vozidel vybavených bočními a hlavovými airbagy. Airbagy pro nohy a kolena jsou krátce před zavedením do sériové výroby. Hlavní pozornost při vývoji airbagů je věnována jejich aktivaci pomocí inteligentních elektronických snímačů a spouštěcích prvků podle situace a potřeby s přihlédnutím k závažnosti a průběhu nehody i obsazení jednotlivých sedadel. Až dosud se při aktivaci airbagů používalo především centrálních snímačů, případně snímačů rozmístěných na různých místech ve vozidle, které v okamžiku srážky poskytovaly potřebné informace. Pro optimální aktivaci jsou ovšem zapotřebí informace v okamžicích bezprostředně před nárazem (tzv. Precrash). Tyto snímače firmy Bosch se podle své funkce dělí do tří skupin: „Preset“ (Precrash Setting of Algorithm Thresholds), „Prefire“ (Precrash Firing of Reversible Restraints) a „Freact“ (Precrash Engagement of Active Safety Devices).

Pro praktické nasazení těchto funkcí se hodí především již uvedené radarové snímače s krátkým dosahem (Short-Range-Radar). V první fázi (Preset) poskytují radarové snímače doplňkové informace, jako například relativní rychlost vozidla vůči překážce a očekávaný okamžik nárazu, které umožní zapojit celý systém do rozhodnutí o jeho aktivaci. O vlastní aktivaci zádržných prostředků pak systém rozhoduje na základě snímačů zrychlení, neboť radarové snímače nemohou poskytnout žádné informace o hmotnosti a charakteru překážky. Funkce „Proset“ například umožňuje napsat bezpečnostní pásy ještě před nárazem nebo určit optimální okamžik aktivace airbagů druhého stupně. Navíc tyto doplňující informace zabraňují neúmyslné aktivaci airbagů při nevýznamných nehodách. Celkově funkce „Preset“ umožňuje přesněji určit závažnost a druh nehody.

Počínaje rokem 2004 se předpokládá nasazení druhé fáze (Prelire). Při ní by zádržné systémy mohly být na základě dodaných „precrash“ informací aktivovány případně již před samotnou srážkou. Protože však před nárazem nejsou známy informace o hmotnosti překážky, bude zapotřebí dalšího vývoje nových zádržných prostředků, například reverzibilních předpínačů bezpečnostních pásů s opakující se funkcí.

Cílem třetí fáze (Preact) jsou opatření pro zmírnění nárazu až po zabránění nehodě aktivním zásahem systému – například automatickou aktivací nouzového brzdění. Tato fáze patří z hlediska cílů vývoje „precrash“ systémů jistě k nejnáročnějším.

Pro její uskutečnění pracuje společnost Bosch kromě videosenzorů a radarů pro delší vzdálenosti také na propojení všech již popsaných systémů. Uskutečnění této vize bude vyžadovat zcela novou, komplexní architekturu tohoto systému a strategii bezpečnosti.

Vývoj senzorů pro snímání okolí vozidla postupuje rychlým tempem a nové funkce jsou vzhledem k jejich vysoké důležitosti pro bezpečnost a jízdní komfort rychle integrovány.

Radarové snímače pro krátké vzdálenosti, jsou novým milníkem na této cestě vedoucí až k vytvoření „virtuálního bezpečnostního okruhu“ kolem vozidla. Signály v tomto bezpečnostním okruhu upozorňují na nebezpečné situace, ale tvoří také databázi pro aktivní bezpečnostní a komfortní systémy.

Po zavedení vysoce výkonných senzorů do velkosériové výroby vstoupí do automobilu také videosenzory s jejich mnohostranným uplatněním. Na základě vyhodnocování složitých obrazů pomocí výkonných počítačů bude možné připravit celý balík informací, který bude sloužit jako zdroj dat pro různé podpůrné systémy řízení vozidla.

O konečném okamžiku zavedení jednotlivých komfortních a bezpečnostních systémů nebude však rozhodovat pouze technická proveditelnost, nýbrž i rámcové podmínky vytvořené zákonodárstvím a v neposlední řadě také jejich rostoucí akceptace ze strany řidičů.

Elektronické řízení a regulace, zejména v oblasti aktivní bezpečnosti se dnes stále více používá jak u osobních, tak i u užitkových vozidel. Účelem všech existujících i vyvíjených elektronických zařízení pro motorová vozidla je trvalá snaha inženýrů o zlepšení jízdní bezpečnosti.

V oblasti elektronických systémů motorových vozidel se setkáváme s pojmy „řízení“ a „regulace“. Řízení a regulace není totéž, často se tyto pojmy zaměňují a navíc ještě komplikují o tzv. ovládání.

Řízení je cílevědomá činnost, při níž se hodnotí a zpracovávají informace o řízeném procesu nebo objektu i informace o dějích vně tohoto procesu a podle nich se ovládají příslušná zařízení tak, aby se dosáhlo určitého zadaného cíle. Řízení v nějakém systému je proces, při kterém se veličiny na výstupu ovlivňují prostřednictvím veličin na vstupu. Na žádném z prostředků řízení neexistuje zpětné ovlivňování nebo zpětné hlášení (zpětná vazba).

Řízení se dělí na ovládání a regulaci. Ovládání je řízení bez zpětné vazby. Regulace má zásadně zpětnou vazbu. Je to udržování zvolené fyzikální veličiny na předem určené hodnotě (regulace na konstantní hodnotu) nebo na nějak se měnící hodnotě (regulace programová, vlečná, servomechanismy).

Během regulace se zjišťují hodnoty této fyzikální veličiny a srovnávají se s hodnotou, kterou má veličina mít. Podle zjištěných odchylek se zasahuje do regulačního procesu v tom smyslu, aby se odchylky odstranily. Charakteristickým rysem regulace je právě tato zpětná vazba.

Řízení se rozděluje takto:

- ovládání,
- regulace,
- adaptivní řízení,
- extrémální řízení,
- učící se systémy,
- umělá inteligence.

Elektronika se od původního využití především v komfortní výbavě vozidla postupem času dostala k řízení chodu motoru. O pár let později, díky stále se zpřísňujícím legislativním požadavkům na emise, přispěla i k jejich účinné regulaci a snižování zatížení ovzduší.

Dnes si již nelze představit automobil, který by nebyl skrznaskrz doslova protkán nejrůznějšími svazky kabelů a sběrnicemi.

Oblasti elektřiny a elektroniky motorového vozidla řízené nebo regulované multiplexními systémy mohou zahrnovat např. následující dílčí systémy:

- přístrojová deska: ovládací páčky, kontrolní přístroje, ukazatele zásoby (palivo, olej, brzdná kapalina, ostřikovací voda), motorová čidla (otáčky, teplota vody, tlak oleje),
- osvětlení: světlomety, zpětná světla, ukazatele směru jízdy, vnitřní osvětlení,
- sedadlo: nastavení sedadla, paměti pro nastavenou polohu sedadla včetně polohy zpětného zrcátka, vytápění sedadla,
- klima/stěrač: topení, kompresor, rozdělení vzduchu, čidlo klima, řízení intervalu stírání, čidlo deště, řízení rychlosti,
- dveře: centrální zamykání, zajištění proti krádeži, spouštění oken, ochrana proti sevření zvedaným oknem, nastavení a vytápění vnějších zrcátek,
- zvláštní výbava: nastavení vnitřního zrcátka, posuvná střecha, funkční kontrola aj.

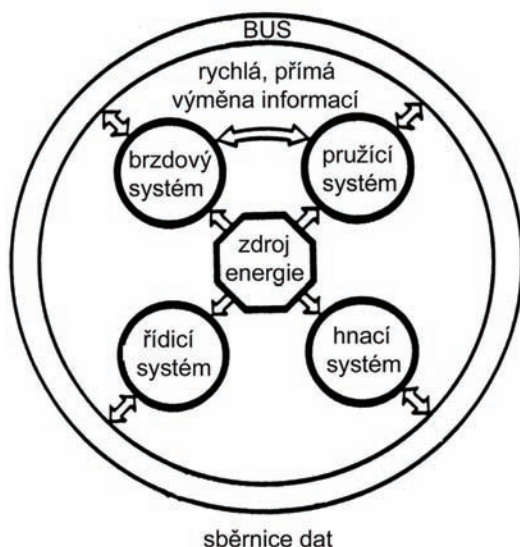
Při konvenční realizaci těchto prvků vybavení motorového vozidla představuje potřebná kabelová montáž rozsáhlou, velmi propletenou síť o celkové délce několika kilometrů. Sběrníková multikomplexní koncepce zde otvírá zcela nové perspektivy. Ušetří se kabelový materiál. Je zapotřebí málo kabelových montážních variant. Standardizovaný multiplexní kabel je tvořen pouze z vedení pro energii a vedení pro data. Počet pohyblivých dílů a zástrčkových spojů se zmenší a tím se zvýší spolehlivost celkového systému. Redukce materiálu umožňuje ohebné uložení kabelů, především v oblasti dveří a přístrojové desky. Jednotlivé malé řídicí přístroje (např. výstražné přerušované světlo, interval stírání a kontrolní svítlny) mohou být multiplexním systémem zcela uspořeny. Ohebné zapojení a zjednodušení obslužných prvků otvírá nové možnosti pro optimální ergonomické uspořádání přístrojové desky. Standardizované komponenty s multiplexními modulovými součástkami zjednodušují montáž a diagnostické možnosti.

Elektronická regulace pružícího a tlumícího systému, elektronické servořízení, elektronická regulace hnací soustavy a elektronická regulace brzdové soustavy se u motorových vozidel zavádí velmi intenzivně. Každý z těchto systémů potřebuje senzory k evidenci relevantních, fyzikálních vstupních veličin, elektronické logické zpracování signálů a servoenergie k ovládání akčních členů. Již povrchní analýza ukazuje, že různé tyto systémy buď neodmyslitelně nebo přednostně vyžadují stejné vstupní veličiny (multiplexní využití sensorových signálů) a také stejnou servoenergie. K dosažení optimální relace mezi náklady a užitekem se proto stále více používají regulační systémy k informační, příp. signálové a servoenergetické vazbě (obr. 3).

Zesílené zavádění elektronických řídicích a regulačních systémů do vozidel, jako např.

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

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



Obr. 3 Spojení dat a servoenergie vozidlových regulačních 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).

Nárůst výměny dat mezi elektronickými komponentami ve vozidla nemohou konvenční rozhraní důmyslně zvládnout. „Komplexnost“ kabelových svazků se dá dnes zvládnout pouze s velkým nákladem a požadavky na výměnu dat mezi řídicími jednotkami se zvyšují.

Problémy při výměně dat přes konvenční rozhraní je možno řešit použitím sběrnice 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 sběrnice systému CAN.

Tři základní oblasti použití CAN ve vozidlech jsou:

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

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

Analogové vstupní signály (např. tlak v hlavním brzdovém válci) se převádějí analogově číslicovým převodníkem A/D v mikroprocesoru řídicí jednotky na digitální hodnoty. Digitální vstupní signály (např. úhel natočení volantu) se mohou přímo zpracovávat 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. K tomu účelu potřebují program, který je uložen v pevné paměti (ROM, EPROM nebo Flash EPROM).

Vozidlová data, nastavovací data a výrobní data jsou 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 sběrnici CAN-Bus z jiné řídicí jednotky nebo z paměti EEPROM. U kódování EEPROM se mazatelná paměť EEPROM programuje diagnostickým testerem (u výrobce 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 případná porucha v celkovém systému (vlastní diagnostika). Operační paměť RAM vyžaduje trvalé napájení. Při odpojení svorek vozidlové baterie ztratí tato paměť celý soubor dat. Adapční hodnoty (naučené hodnoty, které se zohledňují v programu) by se musely v tomto případě znovu určit. Aby se tomu zabránilo, ukládají se potřebné adapční hodnoty místo do paměti RAM do energeticky nezávislé paměti EEPROM.

Spojitě proměnlivé veličiny se mohou přenášet sledem impulsů, jako např. řízení elektromagnetických ventilů nebo motoru čerpadla.

Nárůst výměny dat mezi elektronickými komponentami ve vozidla nemohou konvenční rozhraní důmyslně zvládnout. „Komplexnost“ kabelových svazků se dá dnes zvládnout pouze s velkým nákladem a požadavky na výměnu dat mezi řídicími jednotkami se zvyšují.

Problémy při výměně dat přes konvenční rozhraní je možno řešit použitím sběrnice 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 sběrnice systému CAN.

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 sběrnice strukturou jako rovnoprávné stanice. Tato struktura má přednost, že sběrnice 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 porucha jednoho účastníka nebo ústřední jednotky k celkovému výpadku. Typické přenosové rychlosti leží mezi 125 kBit/s a 1 MBit/s (např. rychlost 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. **Sběrnice systém CAN** neadresuje jednotlivé stanice, ale přiřazuje každé „zprávě“ pevný „identifikátor“ dlouhý 11 nebo 29 bitů. Tento identifikátor vystihuje obsah zprávy (např. otáčky kola). 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 signál na několik stanic, snímač

posílá svůj signál přímo příp. přes řídicí jednotku do sběrnice sítě, kde se signál rozděluje. Kromě toho se tak dá realizovat mnoho variant vybavení, protože je možno např. připojovat další stanice ke stávajícímu sběrnice systému CAN.

**Upřednostňování.** Identifikátor určuje vedle datového obsahu současně prioritu zprávy při vysílání. Signál, který se velmi rychle mění, se musí také velmi rychle předávat a dostává proto vyšší prioritu než signál, který se relativně pomalu mění.

**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 zprávami 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, 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 Field),
- počet slabik zpráv (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).

Sběrnice 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 znovu přijímá svoji vlastní zprávu a přitom může zjistit případné odchylky.

Pokud stanice zjistí poruchu, vysílá „indikátor chyby“, která zastaví probíhající přenos. Tím se zabrání, aby jiné stanice nepřijímaly chybné zprávy.

V případě jedné poruchové stanice by se mohlo stát, že všechny zprávy, tedy také 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.

Sběrnice 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 rovněž výrobci vozidel se rozhodli pro systém CAN.

U datových sběrnic je několik modulů navzájem spojeno datovými vedeními (propojeno sítí). Přes tato vedení se místo obvyklých řídicích proudů posílají pouze data. Vysílání příp. přijímání těchto příkazů je realizováno datovými sběrnici.

**Přednosti:**

- Krátké dráhy vedení od akčních členů a snímačů při předřazení modulu datové sběrnice.

- Zmenšení nákladů na vzájemné spojení modulů. Vzájemná výměna dat modulů a při potřebě řízení všech modulů z jednoho místa v systému.
- Paměťové funkce pohyblivých komponent a časovací funkce lze sítovým propojením a příslušnými inteligentními moduly snadno vytvořit.
- U sběrnice dat se neposílají nebo nepřijímají jen vstupní a výstupní impulsy, nýbrž celé bloky dat.
- Bloky dat se skládají ze vstupních a výstupních signálů, ale navíc obsahují ještě informace o tom, kam se má např. poslat blok dat, jak je blok velký a také kontrolní zařízení o obsahu dat.
- Každém modulu (řídicí jednotce), který je připojen k systému sběrnice, je řídicí jednotka sběrnice (Bus-Controller).
- Řídicí jednotka sběrnice může přímo přijímat přes vstupní filtr data ze sběrnice a přes řídicí program předávat data na sběrnici.
- V diagnostických přístrojích jsou rovněž zabudovány příslušné řídicí jednotky datových sběrnic, aby byly schopny komunikovat s kontrolovanými moduly a řídicími jednotkami.
- Ve vozidlech jsou řídicí jednotky sítově navzájem propojeny s různými sběrnice systémy, např. řídicí jednotka hnacího ústrojí s řídicí jednotkou čerpadla se sběrnici dat CAN.

U motorových vozidel se používají např. následující sběrnice systémy: ISO-Bus, SCP-Bus, ACP-Bus, CAN-Bus.

### Sběrnice SCP

SCP – Bus (Standard Corporate Protocol) – všechny informace a data jsou ukládány podle své funkce do článku, který obsahuje řídicí informace datové sběrnice a přenášeny. Kompletní balík se skládá z dat v přesně definovaném pořadí bitů, které se sekvenčně přenáší. Všechny uzly, tzn. připojovací body řídicích jednotek mají stejné oprávnění k přístupu dat. Proto se může na provádění jedné funkce podílet několik řídicích jednotek. Existuje možnost funkčního a fyzického adresování. Zpráva s nevyšší vahou dorazí do sběrnice jako první. Váha zprávy se definuje během vývoje systému a softwarově ukládá do protokolů v řídicích jednotkách. Neztratí se žádná zpráva, zprávy jsou zpracovány po sobě. Na každou poslanou zprávu musí následovat nejméně jedno platné zpětné hlášení. Při chybném přenosu následují dvojí opakování, sběrnice se přepne (aby se vyloučila porucha hardwaru) a ještě se třikrát opakuje přenos. Teprve potom je ohlášena porucha.

### Sběrnice ACP

ACP – Bus (Audio Control Protocol) je podobná jako sběrnice SCP, má jednodušší protokol a je výhradně určená pro audio-aplikace a telefonní systémy.

### Sběrnice CAN

CAN – Bus (Controller Area Network) je rychlejší než sběrnice SCP, protokoly se liší. CAN je zkratka pro Controller Area Network. CAN se často označuje také jako sběrnice CAN (CAN-Bus) a zajišťuje komunikaci mezi různými řídicími jednotkami. Ve vozidle může být řídicí jednotka hnacího ústrojí s řídicí jednotkou vstřikovacího čerpadla sítově propojena se sběrnici CAN.

CAN-Bus je datová sběrnice, která byla vyvinuta speciálně pro automobilní oblast. CAN umožňuje digitální výměnu

informací mezi zesíťovanými elektronickými řídicími jednotkami. Komunikace CAN-Bus se děje posíláním datových rámců (Data Frames). Datový rám se skládá z různých datových polí, které se opět skládají z definovaného počtu jednotlivých bitů (0 nebo 1). Pole s datovými informacemi obsahuje vlastní zprávu. Kromě toho datový rám obsahuje pole pro řídicí a kontrolní informace. Spolupráce datových rámců, datových polí a bitů je definována na datovém protokolu pro CAN-Bus. Datový protokol naproti tomu nedefinuje, co znamenají zprávy pro jiné řídicí jednotky. To se děje překladem, který definuje uživatel (výrobce vozidla).

Komunikaci sběrnice CAN-Bus lze názorně porovnat s lidskou řečí:

- Komunikace CAN-Bus: Lidská řeč
- Bus-protokol: Gramatika
- Datové rámy: Věty
- Datová pole: Slova
- Bity: Písmena

CAN-Bus přenáší zprávy sériově. To znamená, že není pro každou informaci zapotřebí vlastní vedení. Místo toho jsou zprávy posílány po sobě, které jsou pak k dispozici pro všechny řídicí jednotky, které jsou ke sběrnici připojeny. Když řídicí jednotka vysílá, jsou všechny ostatní řídicí jednotky stejné sítě přijímače. Když chce současně vysílat několik řídicích jednotek, závisí pořadí na prioritě zprávy, která je definována v datovém protokolu.

Sériový přenos dat má oproti paralelnímu přenosu dat podstatně přednosti. Tak se výrazně redukuje množství vedení a konektorů, což má za následek úsporu hmotnosti a vyšší spolehlivost.

Pod tlakem stále se zpřísňujících předpisů pro regulaci emisí škodlivých plynů a při požadavcích zákazníků na stále větší bezpečnost a komfort vozidel jsou výrobci nuceni vybavovat automobily neustále novými systémy. Zlevnění technologií a výroby elektronických součástí umožňuje v dnešní době nabízet jako standard i výbavu, která byla ještě nedávno doménou luxusních vozů.

Pro zabezpečení správné funkce těchto systémů je třeba přenášet velká množství dat. Tato data můžeme v podstatě rozdělit na dva druhy: vstupy a výstupy. Každá řídicí jednotka potřebuje údaje od snímačů vstupních veličin, na základě jejichž vyhodnocení vysílá povely nebo informace akčním členům.

Výměnu informací mezi dvěma komponentami lze v zásadě uskutečnit separátním vedením nebo datovou sběrnici.

V prvním případě je nutno každou informaci vést po svém vlastním vodiči na separátní terminál řídicí jednotky.

V druhém jsou řídicí jednotky spojeny do společného okruhu pouze dvěma vodiči, po nichž se přenášejí všechny potřebné informace.

Jako příklad nám může posloužit údaj o rychlosti jízdy vozidla. Ten je nezbytný pro množství řídicích modulů – např.:

- ABS,
- ECM (motor),
- TCM (automatická převodovka),
- ECC (elektronická klimatizace),
- INS (přístroj),
- BC (palubní počítač),
- PAS (parkovací asistent),
- CC (tempomat) a další.

To by v praxi znamenalo i při použití kostry vozidla jako uzemnění 8 vodičů nesoucích stejnou informaci. Další vodiče by bylo nutno použít pro otáčky motoru, teplotu motoru, vnější teplotu atd. Je patrné, že se zvyšujícím se počtem elektronických komponent se také zvyšuje počet vodičů v kabelovém svazku a tím i riziko poruchy.

Při použití datové sběrnice stačí jeden vodič pro přenos všech informací (při použití kostry vozidla jako druhého vodiče).

V případě sériového přenosu dat je informace přenášena formou napětových pulzů o stanovené velikosti a délce. Každá komponenta připojená na datovou sběrnici funguje zároveň jako přijímač i vysílač. Ve stejný okamžik však může vysílat pouze jedna, ostatní přijímají. Datový protokol na základě priorit přesně specifikuje, která jednotka vysílá a které přijímají.

Obecně používané označení pro takový způsob komunikace je CAN-Bus, který byl vyvinut společností Bosch a Intel v roce 1987. Po přizpůsobení normám ISO 11519 a ISO 1189 byl CAN-Bus protokol téměř univerzálně přijat jako standard pro datovou komunikaci v automobilovém průmyslu. V poslední době došlo k masivnímu rozšíření této komunikační technologie a jen těžko byste dnes našli významného výrobce automobilů, který by neměl alespoň jeden model se systémy komunikujícími pomocí CAN-Busu.

Výhody použití CAN-Busu jsou následující:

- menší množství snímačů a vodičů,
- méně vodičů v kabelovém svazku,
- snížení hmotnosti kabeláže,
- snížení počtu pinů na konektorech řídicích jednotek,
- zvýšená spolehlivost přenosu dat.

### Komponenty sběrnice CAN-Bus

Na CAN-Bus mohou být připojeny pouze řídicí jednotky. Ostatní komponenty, jako akční členy krokové motory, snímače, žárovky aj., jsou připojeny k těmto řídicím jednotkám konvenčním způsobem pomocí separátních vodičů. Jak již bylo řečeno, data jsou posílána po CAN-Busu ve formě napětových pulzů s definovanou amplitudou a šířkou.

Každá řídicí jednotka na CAN-Bus se chová jako transceiver (z anglického transmit – vysílat a receive – přijímat). To znamená, že je schopna informace přijímat i vysílat.

Komunikaci probíhající po CAN-Busu lze přirovnat k běžnému telefonnímu hovoru, pouze lidská řeč je nahrazena napětovými signály. V době, kdy jedna řídicí jednotka „hovoří“, ostatní „naslouchají“. Je zřejmé, že ne každá informace vysílaná do CAN-Busu je potřebná pro funkci všech napojených systémů. Interní logika jednotek použije pouze „potřebné“ informace a ostatní ignoruje. Principiálně je však možné, aby měla každá jednotka všechny informace.

CAN-Bus systém se obecně skládá z následujících komponent:

- řídicí jednotka,
- procesor,
- transceiver,
- CAN-Bus vodiče,
- oddělovací rezistory.

CAN-Bus je na obou koncích osazen oddělovacími rezistory, které zabraňují tomu, aby se informace po dosažení konce sběrnice vracela jako „ozvěna“ zpět, a tím rušila následující komunikaci.

### CAN-Bus komunikace

Processor i transceiver jsou nedílnou součástí každé řídicí jednotky zapojené do CAN-Bus komunikace.

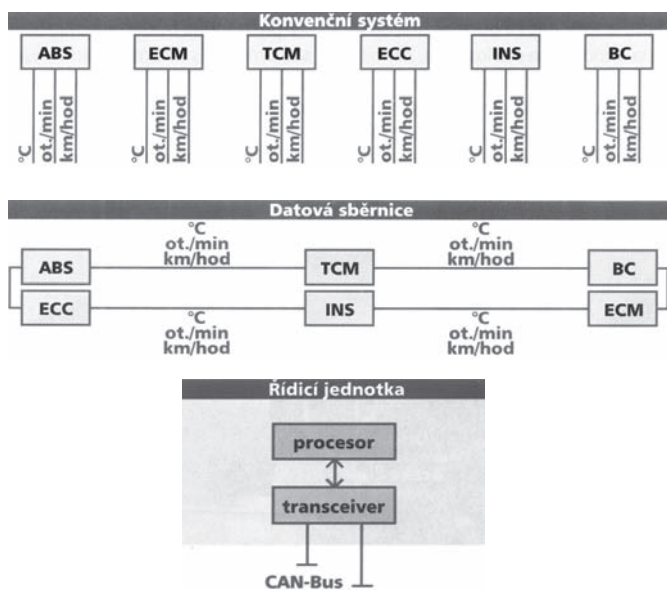
Při vysílání informace obdrží transceiver data od procesoru, upraví je v souladu s CAN-Bus protokolem na napěťový signál a odešle po sběrnici. V opačném sledu probíhá příjem informace z CAN-Busu. Transceiver přijme napěťový signál, upraví jej do patřičného formátu a předá procesoru.

CAN-Bus nikdy neurčuje konkrétního příjemce právě vysílané informace. Posílaná data obdrží vždy každá řídicí jednotka na sběrnici a pouze ona rozhodne, zda jsou důležitá pro její funkci či nikoliv.

Každá kompletní informace posílaná po CAN-Bus se nazývá „datový rámec“ a lze ji pro ilustraci přirovnat k jedné větě našeho telefonického rozhovoru. Datový rámec se skládá z datových polí, která obsahují přesně definovaný počet bitů. Bit je nejmenší možná informace, na jejímž principu pracuje výpočetní technika, a může nabývat pouze dvou hodnot – 0, nebo 1.

Následující tabulka shrnuje srovnání lidské řeči s „řečí“ CAN-Busu.

Stejně jako gramatika jazyka určuje CAN-Bus protokol přesná pravidla pro výměnu informací na sběrnici – od skladby datových rámců po jejich prioritu.

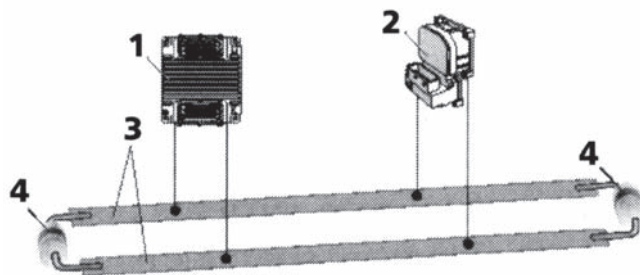


Obr. 4 Datová sběrnice CAN.

### Datový rámec

Kompletní informace posílaná po CAN-Busu se nazývá „datový rámec“ a skládá se z datových polí, která obsahují přesně stanovený počet bitů. Každý datový rámec má vlastní „identifikátor“ nebo též ID, který specifikuje komponentám na CAN-Busu, zda je zpráva určena pro ně či nikoliv a zároveň určuje vzájemnou prioritu jednotlivých rámců. V případě, že se více jednotek snaží vysílat ve stejný okamžik, jsou rámce vysílány v pořadí od nejnižšího ID k nejvyššímu. Veškerá komunikace na CAN-Busu je digitální, což znamená, že informace může nabývat pouze dvou hodnot:

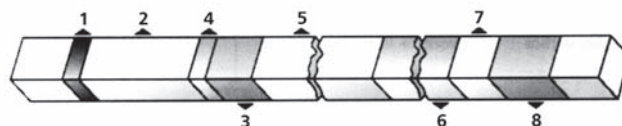
- 0 – dominantní – napěťový puls,
- 1 – recesivní – 0 voltů.



Obr. 5 CAN Bus a ABS: 1 – řídicí jednotka motoru, 2 – řídicí jednotka ABS, 3 – CAN-Bus vodiče, 4 – oddělovací rezistory.

CAN-Bus komunikace	Lidská řeč
CAN-Bus protokol	jazyk a gramatika
datový rámec	věta
datové pole	slovo
bit 0/1	písmeno

Obr. 6 Komunikace CAN Bus a lidská řeč.



Obr. 7 Datový rámec: 1 – začátek rámce, 2 – ID pole, 3 – kontrolní pole, 4 – 1 bit nevyužitý, 5 – datové pole, 6 – druhé kontrolní pole, 7 – potvrzovací pole (ACK), 8 – konec rámce (EOF).

Na obr. 7 je vidět skladba celého datového rámce.

**Začátek rámce** – nebo též „Startovní pole“ oznamuje jednotkám na CAN-Busu, že začíná přenos informace. Toto pole má vždy hodnotu dominantního bitu (0).

**ID pole** – obsahuje „identifikátor“ nebo též „ID“ pro určení priority zprávy. Priorita jednotlivých informací (datových rámců) je určována na základě velikosti příslušných ID. Čím nižší je identifikátor (více nul), tím vyšší je priorita informace. Příklad: Požadavek na regulaci točivého momentu z řídicí jednotky ABS/TC má identifikátor \$140, zatímco teplota chladicí kapaliny z jednotky motoru ECM má identifikátor \$510. Status automatické převodovky z TCM má identifikátor \$320. Z toho plyne, že zprávy budou vysílány v pořadí: 1 – regulace točivého momentu, 2 – status AT, 3 – teplota chladicí kapaliny.

**Kontrolní pole** – nese informaci o délce celého rámce, a tím umožňuje řídicí jednotce zkontrolovat, jestli byla zpráva přijata celá.

**Datové pole** – obsahuje samotnou informaci a také určuje velikost datového pole. Datové pole může mít velikost 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56 nebo 64 bitů. Velikost a význam jednotlivých datových polí jsou přesně určeny v CAN-Bus protokolu.

**Druhé kontrolní pole** – slouží ke kontrole, zda nedochází k interferenci mezi zprávami.

**Potvrzovací pole** – signalizuje přijetí kompletní zprávy.

**Konec rámce** – indikuje konec datového rámce.

### Příklad použití CAN-Busu u vozidla Opel Vectra-C

Vozidlo Opel Vectra-C je vybaveno třemi různými typy CAN-Busu. Tyto sběrnice se liší rychlostí výměny dat, použitím a částečně také konstrukcí.



Rozlišujeme:

- HSCAN** – vysokorychlostní sběrnice,
- MSCAN** – středněrychlostní sběrnice,
- LSCAN** – nízkorychlostní sběrnice.

Jednotlivé sběrnice jsou vzájemně propojeny pomocí tzv. bran, což umožňuje výměnu dat mezi jinak samostatnými okruhy. Jako brána pro komunikaci mezi LSCAN a HSCAN slouží CIM a pro spojení mezi LSCAN a MSCAN je používán DISP.

Z obrázků 11 až 13 je patrné, že vozidlo Vectra-C může být, v závislosti na modelu, vybaveno až 26 řídicími jednotkami. Díky CAN-Busu je možné, aby každá jednotka komunikovala se kteroukoliv další, což by při použití konvenčního systému bylo velmi komplikované, ne-li nemožné. V následující tabulce si uvedeme základní parametry a odlišnosti jednotlivých sběrnic.

### HSCAN a MSCAN

Z hlediska konstrukce jsou si HSCAN a MSCAN velmi podobné. Všechny jednotky na těchto sběrnících jsou propojeny párem vodičů vzájemně svinutých do šroubovice – jde tedy o dvou vodičové lineární provedení CAN-Busu. V případě Vectry-C jsou to zelený a bílý měděný vodič o průřezu 0,35 mm<sup>2</sup>. Zelený vodič je označován CAN-High a jeho napětí může nabývat hodnot 2,5–3,5 voltu, zatímco bílý vodič je označován CAN-Low a lze na něm naměřit napětí 1,5–2,5 V. Jako signál se používá rozdíl napětí mezi oběma vodiči. Při recesivním pulsu mají tedy oba vodiče napětí 2,5 V (měřeno proti kostře) a vzájemný rozdíl je tedy 0 V. Naopak při dominantním pulsu má CAN-High napětí 3,5 V a CAN-Low 1,5 V, což dává rozdíl 2 V.

CAN-High i CAN-Low jsou u MSCAN i HSCAN na obou koncích propojeny oddělovacími rezistory, které zabraňují tomu, aby se informace po dosažení konce sběrnice vracela jako „echo“ zpět. Oddělovací rezistory MSCAN a HSCAN mají odporovou hodnotu 120 S2. HSCAN jsou umístěny v řídicí jednotce motoru ECM a modulu sloupku řízení CIM, u MSCAN pak v displeji DIS a radiotelefonu/ navigaci CRP/NHU.

Jednotlivé řídicí jednotky mohou být na sběrnici v zásadě připojeny dvěma způsoby, buď sériově, nebo paralelně – viz schéma zapojení HSCAN. Pokud dojde k odpojení sériově zapojené jednotky (např. ABS), rozdělí se CAN-Bus na dvě části, které spolu nejsou schopny nadále komunikovat. Výměna dat mezi jednotkami „na stejné straně“ (např. ECM a EHPS) zůstává zachována.

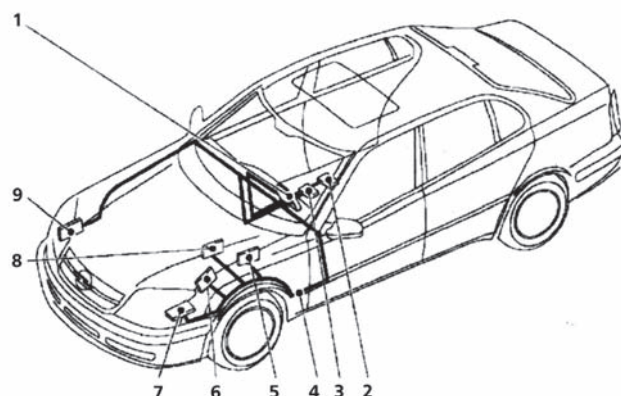
Pokud dojde k poruše nebo odpojení paralelně zapojené jednotky, všechny ostatní komunikují dále beze změny.

### LSCAN

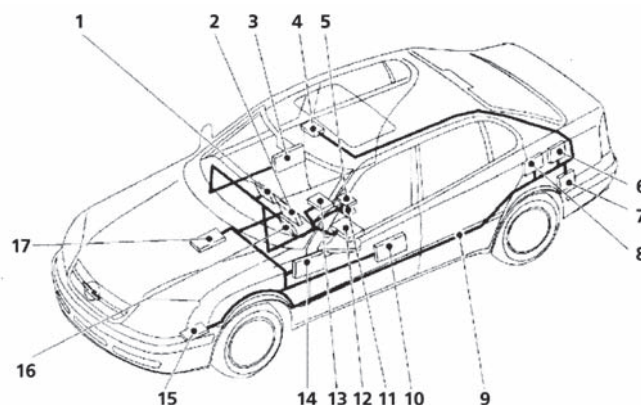
Nízkorychlostní sběrnice LSCAN používá pro přenos informací pouze jeden vodič (zelený o průřezu 0,5 mm<sup>2</sup>) v kombinaci s kostrou vozidla. Součástí každé z jednotek na LSCAN je jeden oddělovací rezistor. Napětí na vodiči může nabývat hodnot 0–4 V.

Konstrukce LSCAN je zcela odlišná od předchozích dvou sběrnic. Jednotky jsou rozděleny do dvou okruhů vzájemně propojených přes modul karoserie (BCM). Jednotlivé komponenty mohou být opět připojeny sériově nebo paralelně – viz schéma LSCAN.

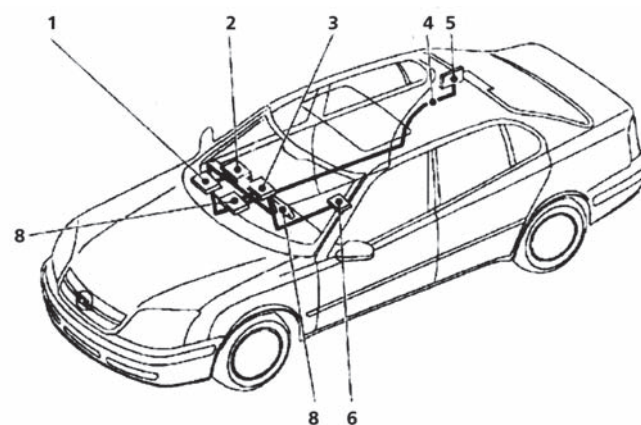
Pokud dojde k odpojení některé jednotky, zůstává komunikace mezi ostatními zachována nezávisle na tom, byla-li jednotka připojena sériově nebo paralelně. Jedinou výjimkou je BCM. Po jeho odpojení se přeruší výměna dat mezi okruhy.



Obr. 8 Komponenty HSCAN (Opel): 1 – CIM – modul sloupku řízení, 2 – DLC – diagnostický konektor, 3 – YRS – snímač stáčivého zrychlení, 4 – HSCAN, 5 – ABS – ABS/TC/ESP, 6 – TCM – řídicí jednotka automatické převodovky, 7 – AHL – řídicí jednotka xenonových světlometů, 8 – ECM – řídicí jednotka motoru, 9 – EHPS – elektro-hydraulický posilovač řízení.



Obr. 9 Komponenty LSCAN (Opel): 1 – CID/GID – barevný/grafický informační displej, 2 – CIM – modul sloupku řízení, 3 – PDM – modul dveří spolujezdce, 4 – SRM – modul posuvné střechy, 5 – SDM – řídicí jednotka airbagu, 6 – PAS – parkovací asistent, 7 – TPMS – systém monitorování tlaku v pneumatikách, 8 – REC – zadní elektrické centrum, 9 – LSCAN, 10 – DDM – modul dveří řidiče, 11 – DLC – diagnostický konektor, 12 – DSM – modul sedadla řidiče, 13 – SLM – modul řadicí páky, 14 – BCM – řídicí jednotka karoserie, 15 – UEC – přední elektrické centrum, 16 – IPC – přístrojová deska, 17 – AHS – přídavné topení.



Obr. 10 Komponenty MSCAN: 1 – CRP/NHU – radiotelefon/navigace, 2 – TMS – telematická jednotka, 3 – ECC – elektronická klimatizace, 4 – MSCAN, 5 – GPS – globální systém určování polohy, 6 – DLC – diagnostický konektor, 7 – CID/GID – barevný/grafický informační displej.

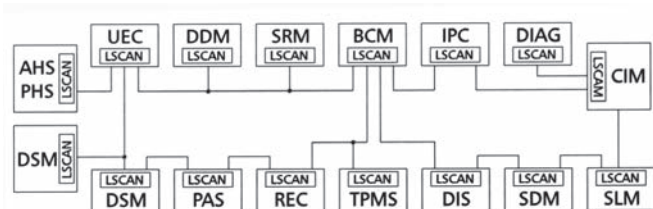
## Motorová vozidla

	HSCAN	MSCAN	LSCAN
použití	motor, podvozek	informace, ECC	karoserie
Přenosová rychlost [kbit/s]	500	95	33
Propojení	dva vodiče	dva vodiče	1 vodič + kostra
Trvání jednoho datového rámce [ms]	0,25	1,25	3,5
Recesivní napětí [V]	0	0	0
Dominantní napětí [V]	2	2	4

Obr. 11 Přehled sběrnic CAN (Opel Vectra).



Obr. 12 Schéma propojení HSCAN.



Obr. 13 Schéma propojení LSCAN.

Pro usnadnění měření a diagnostiky jsou všechny tři sběrnice propojeny s diagnostickým konektorem DLC, kde je možné pohodlně zapojit nejen diagnostický počítač TECH 2, ale i voltmetr nebo osciloskop.

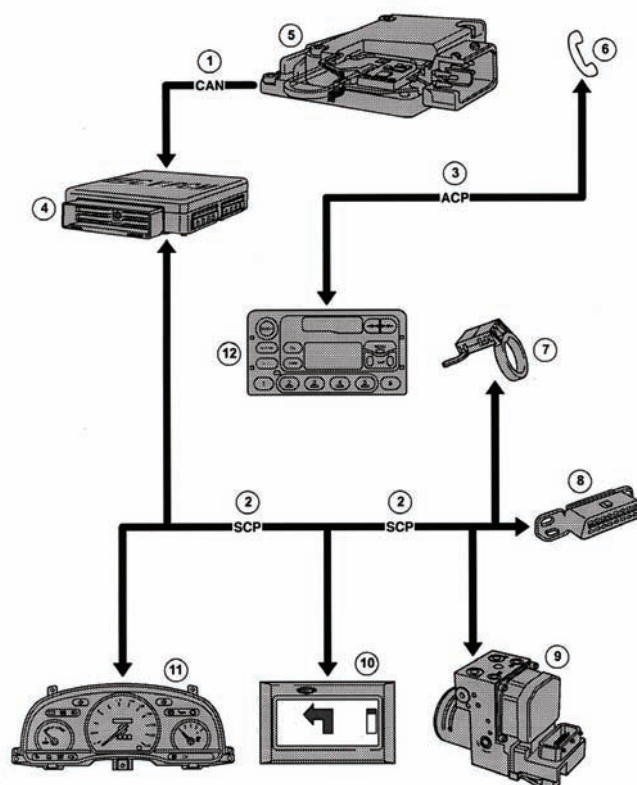
U společnosti Opel/Vauxhall byly již použity různé systémy datové sběrnice. Tak např. u všech Z-motorů probíhá výměna informací mezi řídicí jednotkou motoru a řídicí jednotkou převodovky přes High-Speed-CAN-Bus. Komunikace mezi autorádiem a displejem se dosud zajišťovala tzv. sběrníci IC-Bus. Ve voze Corsa C existuje E-Bus pro zábavu a další E-Bus pro elektroniku karosérie. Kromě toho má Corsa C sběrnici V-Bus pro motor, převodovku a příp. pro protiblokovací systém (pouze ve spojení s protipokluzovou regulací a nebo elektronickým stabilizačním programem). CAN-Bus u vozu Vectra C přejímá poprvé u sdružení Opel/Vauxhall téměř celou komunikaci mezi elektronickými řídicími jednotkami ve vozidle.

Podle rychlostních požadavků na sběrnici jsou elektronické řídicí jednotky ve voze Vectra C rozděleny na tři sítě:

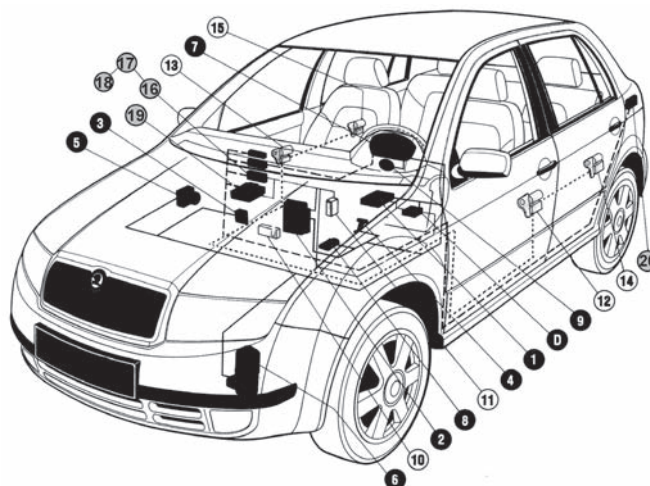
- vysokorychlostní síť (také: High Speed CAN nebo HSCAN),
- středně-rychlostní síť (také: Mid Speed CAN nebo MSCAN),
- nízkorychlostní síť (také: Low Speed CAN nebo LSCAN).

Ke každé síti náleží jeden CAN-Bus s jinou rychlostí přenosu dat.

Datová sběrnice pro vysokorychlostní síť a pro středně-rychlostní síť se skládá ze dvou vedení datová sběrnice a dvou ohmických odporů, které tvoří na začátku a na konci vedení ukončení sběrnice. Tím se zabrání, že se vyslaná data vrátí zpět jako rušivé echo z konce vedení.



Obr. 14 Sběrníkové propojení (Ford Transit): 1 – sběrnice CAN, 2 – sběrnice SCP, 3 – sběrnice ACP, 4 – řídicí jednotka hnacího ústrojí, 5 – řídicí jednotka čerpadla, 6 – systém telefon/audio vzadu, např. přehrávač CD, 7 – imobilizér, 8 – diagnostická přípojka, 9 – systém ABS/ASR, 10 – navigační systém, 11 – přístrojová deska.



Obr. 15 Přehled tří soustav CAN-Bus řídicích ústrojí pohonu a bezpečnosti (-----), prvky jízdního komfortu (.....) a informační systém (----): 1 – centrální ECU (elektronická řídicí jednotka), 2 – ECU motoru, 3 – ECU automatické převodovky, 4 – volič automatické převodovky, 5 – ECU pro ABS, 6 – elektrohydraulický posilovač řízení, 7 – panel se sdruženými přístroji, 8 – ECU airbagů, 9 – snímač úhlu natočení volantu, 10 – ECU klimatizace, 11 – modul komfortních operací, 12 až 15 – ECU ovládní zámeků a oken jednotlivých dveří, 16 – ECU pro telefon, 17 – ECU navigace, 18 – telematic, 19 – rádio, 20 – řízení přehrávače CD, D – diagnostická zásuvka (Škoda Fabia).

Kromě toho je v každé řídicí jednotce umístěn jeden CAN-Controller a jeden CAN-Transceiver. Controller zpracovává data od řídicí jednotky, která se mají posílat a předává je dále na CAN-Transceiver. Transceiver mění data na elektrické signály a posílá je do vedení datové sběrnice. V obráceném směru přijímá transceiver elektrické signály a přeměňuje je pro controller.

Tři sítě u vozu Vectra C jsou informačně spojeny tzv. převodníkem signálu. Společně vytvářejí síťové sdružení. Jako převodník signálu pracují řídicí jednotky, do kterých je zabudována tato dodatečná funkčnost. Úloha převodníku signálu spočívá v tom, že zpracovává informace ze sítě tak, že jsou použitelné pro jinou síť, která pracuje s pomalejší nebo rychlejší sběrnici CAN.

Přehled sběrnicevého propojení vozidlových systémů pro užitkový automobil Ford – Transit je na obr. 14. Na obr. 15 jsou znázorněny soustavy CAN u osobního automobilu Škoda Fabia.

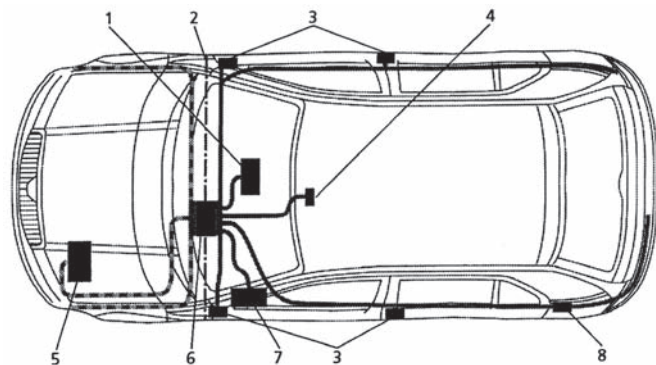
Na obr. 16 je pohled na kompaktní svorkovnici s označením účelu jednotlivých svorkovnic a schéma hlavních částí kabelových svazků osobního vozu Škoda Fabia. V tomto případě jsou použity dva systémy datových vedení CAN-Bus s rozdílnou prioritou.

CAN hnacího ústrojí obsahuje řídicí jednotky ABS, panelu přístrojů, motoru, airbagů a posilovače řízení a dále spojení s centrální řídicí jednotkou vozu.

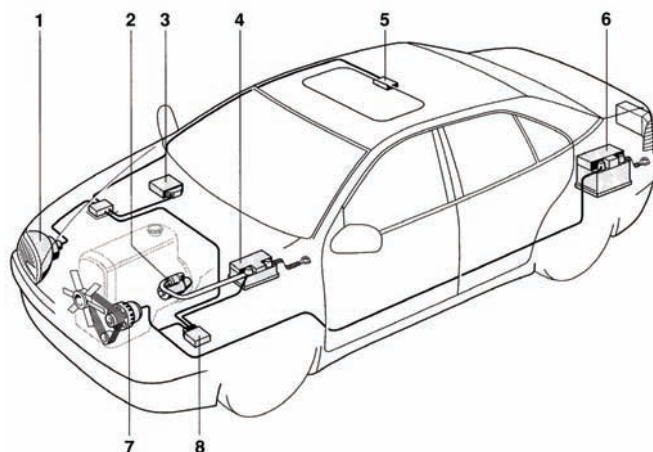
CAN komfortního systému obsahuje řídicí jednotky klimatizace, pravých předních dveří, levých předních dveří, pravých zadních dveří a levých zadních dveří, dále pak centrální řídicí jednotku komfortního systému a spojení s centrální řídicí jednotkou vozu.

Elektrické spotřebiče osobního automobilu střední třídy například potřebují v současné době průměrný příkon přibližně 2 kW. Společnost Bosch počítá, že do roku 2010 se zdvojnásobí průměrný příkon a výkonové špičky budou dosahovat až 10 kW. Pouze široce diskutované elektromagnetické ovládání ventilů spotřebuje až 4 kW elektrického výkonu. Tu předpokládá vytvoření nové architektury palubní elektrické sítě. Zkouší se palubní síť o napětí 42 V a 12 V (obr. 17).

Zvýšením napětí na 42 V dojde ke snížení ztrát ve vedení a u spotřebičů. U kabelů bude zmenšení jejich průřezu znamenat snížení jejich hmotnosti. Pokud jde o komplexní zajištění a koordinaci výroby, akumulace a distribuce elektrické energie, uvažuje se o centrální řídicí jednotce elektrické energie. Ta by sledovala stav nabití a výkonnost autobaterie a při zjištění



Obr. 16 Kompaktní svorkovnice a schéma umístění hlavních kabelových svazků (Škoda Fabia): 1 – střední část přístrojové desky, 2 – oddělovací stěna, 3 – propojovací místa ve sloupcích karoserie, 4 – propojovací místo ve střeše, 5 – akumulátor, 6 – kompaktní svorkovnice, 7 – pojistkový box, 8 – zásvuka.



Obr. 17 Budoucí palubní síť vozidla 42 voltů a 12 voltů (Bosch): 1 – světlá (palubní síť), 2 – startér, 3 – řízení motoru (palubní síť), 4 – startovací baterie (12 V), 5 – další spotřebiče připojené k palubní síti (např. ovládání posuvné střechy), 6 – napájecí baterie 42 V, 7 – alternátor, 8 – nabíjecí/odpojovací modul.

nevyrovnané energetické bilance baterie provedla příslušná opatření. Prostřednictvím řídicí jednotky motoru pak bude moci například krátkodobě zvýšit volnoběžné otáčky za účelem zvýšení odběru energie z generátoru. Bude také možno cíleně snižovat odběr proudu nebo krátkodobě vypínat jednotlivé elektrické spotřebiče, aby byla zajištěna dodávka proudu do systémů s vysokou prioritou. Krátkodobou časovou prodlevou okamžiku zapnutí bude možno rozdělovat zátěžové špičky, které vznikají při současném zapnutí několika spotřebičů s velkým odběrem. Dohromady znamenají všechna tato opatření stabilní a spolehlivou dodávku elektrického proudu. Těmito technickými prostředky nabízí společnost Bosch automobilovým výrobcům při navrhování palubní elektrické sítě a baterie větší prostor. Konstruktor bude moci zvolit optimální velikost baterie a dosáhnout tak lepšího využití zástavbového prostoru a snížení hmotnosti. Navíc bude průběžně zajištěn takový stav nabití baterie, který umožní spolehlivý start automobilu i při nízkých teplotách. Vyrovnaná energetická bilance baterie zabrání jejímu hlubokému vybití, což zvýší její životnost. Pracuje se také na integraci doplňkových funkcí, které by umožnily dále zdokonalit systém a vytvořit komplexní řízení elektrické energie. To by pak umožnilo přidat i další bezpečnostní funkce, jako například automatické odpojení baterie od palubní sítě při nehodě.

### Kontrola tlaku vzduchu v pneumatikách

Dojde-li k významnějšímu poklesu tlaku vzduchu v některé z pneumatik, tak to řidič pozná podle evidentně změněného chování automobilu i bez stálého kontrolního systému a signalizace na přístrojové desce. To se však poněkud změnilo se zavedením kol či pneumatik pro dlouhý nouzový dojezd i při úplné ztrátě tlaku vzduchu v pneumatice (např. PAX-systém firmy Michelin). I když v takové pneumatice není žádný tlak, vyznačuje se takovými jízdními vlastnostmi, že mnohý z řidičů by vůbec nepoznal, že jede vlastně na prázdném plášti. Proto u těchto pneumatik s nouzovým dojezdem je předepsán kontrolní systém, který upozorní a varuje řidiče, dojde-li k poklesu tlaku vzduchu v pneumatice. Dalším mezníkem v této oblasti se stal předpis v USA, který stanovuje, že nové vozy od modelového roku 2004 musí být povinně vybaveny

systémem kontroly tlaku vzduchu v pneumatikách. Vše nasvědčuje tomu, že v dohledné době budou tímto systémem vybaveny všechny nové automobily.

Používají se dva rozdílné systémy kontroly tlaku vzduchu v pneumatikách – pasivní a aktivní. U pasivních systémů se kontrola tlaku vzduchu provádí nepřímo a to s pomocí snímačů ABS, kterými je automobil vybavený. Využívá se skutečnosti, že pneumatika s nižším tlakem vzduchu má menší odvalovací obvod (dynamický poloměr) a musí tak při přímé jízdě vykazovat větší počet otáček než na stejné dráze pneumatika/kolo s normálním, vyšším tlakem vzduchu. Řídící jednotka systému takový rozdíl rozpozná. Přesnost popsaného pasivního systému není příliš vysoká. V praxi takový systém není schopen zaznamenat pokles tlaku vzduchu menší než 0,5 bar. A tak například při rychlosti vozu 130 km/h je signalizován pokles tlaku vzduchu v pneumatice z 2,0 bar na 1,4 bar až po cca 5 kilometrech nebo po 2 minutách. Jestliže by došlo k pomalému úniku vzduchu v obou pneumatikách těžce nápravy, nepozná pasivní systém nic, protože porovnává otáčky kol a v daném případě by zůstaly takřka stejné.

K výhodám pasivních systémů naopak patří jejich velmi příznivá cena, neboť lze využít již uvedených komponentů ABS, které vozidlo má. Zase tak jednoduché to ale není. Samozřejmě je nutné upravit software systému ABS a na přístrojové desce umístit displej nebo signalizaci. Příkladem pasivních systémů jsou systémy DDS od firmy Continental a „Warnair“ od firmy Dunlop. DDS se sériově vyskytuje ve vozech BMW M3 a v Mini, ve vozech BMW trojkové řady se nabízí jako příslušenství na přání.

Značně nákladnější, ale také přesnější jsou aktivní systémy. Ty mají v každém kole speciální snímač, který měří tlak a teplotu a v předem určených intervalech je hlásí řídící jednotce. Problém představuje vysoká cena a to nejenom kvůli dalším komponentům, které jsou nezbytné, ale i vzhledem k okolnosti, že kompletní sada kol se zimními pneumatikami musí být rovněž osazena snímači. K nevýhodám patří i riziko poškození při montáži a demontáži takto vybavených kol/pneumatik. Aktivní systémy jsou již dnes součástí prvotního vybavení některých automobilů a nabízejí se i pro dodatečnou instalaci. Jejich přesnost je vyšší, jsou prostě citlivější. Rozpoznají pokles tlaku o 0,2 bar (např. systém Beru) a okamžitě to hlásí řidiči. Pochopitelně odpadá i další uvedená nevýhoda pasivních systémů. Aktivní systémy porovnávají skutečný/naměřený tlak vzduchu s referenčním tlakem uloženým v paměti řídící jednotky. Mohou tedy zjistit a hlásit pokles tlaku současně i ve více pneumatikách. Referenční tlak vzduchu může být u všech aktivních systémů nastaven individuálně, což představuje výhodu i nevýhodu naráz. Předností je přesná kontrola tlaku vzduchu, nevýhodou nutnost nového doladění systému po každé výměně pneumatiky. Zčásti je nezbytné nové kódování snímačů, což lze provést jen pomocí vhodného přístroje, např. Gutmann mega 44 nebo 55 atd. Typickým představitelem aktivních systémů jsou např. německý systém Beru TSS, Continental Teves TPMS a u některých francouzských výrobců automobilů systém Schrader Electronics. Pro následnou instalaci nabízí aktivní systémy „SmarTire“ firma Autostyling Seehase a zřejmě se rychle prosadí i nový systém „Roadsnoop“ výrobce pneumatik Nokian. K novým systémům pro dodatečnou montáž lze zařadit i systém TPM200, nabízený švýcarskou firmou Auto Meter AG. Všechny uvedené aktivní systémy mají i další slabinu – nejsou úplně bezúdržbové. Příčina

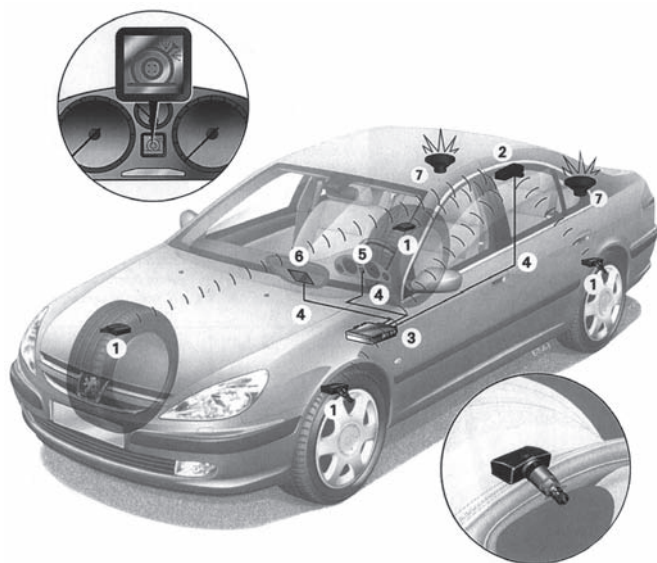
je spojena s okolností, že kolová elektronika má vlastní proudové napájení. A jak známo, žádná baterie nevydrží věčně. Používané napájecí baterie na bázi lithia mají sice životnost 5 až 10 let, pak ovšem je výměna nezbytná. U řady vysílačů to znamená kompletní náhradu, neboť baterie jsou zalité v jednom bloku s elektronikou. Aby však došlo k náhlému, nečekanému výpadku některé z baterií, tak to nehrozí. Stav baterií je totiž v pravidelných intervalech zjišťován řídicí jednotkou a ta zase informuje řidiče v dostatečném předstihu, že bude nutná výměna. Za účelem co nejdelší životnosti baterií jsou některé systémy vybavené energetickým managementem, který dokáže poznat, zda vozidlo jede a kontrolní systém musí být v provozu, nebo zda stojí. Když stojí, pak systém provádí měření tlaku např. jen jednou za čtvrt hodiny, vyhodnocení v řídicí jednotce se provádí jen jednou za hodinu, ale to plně postačí. Naopak při jízdě jde o to, aby cykly měření a vyhodnocování údajů o tlaku byly co nejkratší. Tak kupříkladu ve vozech Peugeot 607 a 807 sériově používaný systém Schrader Electronics zjistí pomocí setrvačného spínače, jakmile se automobil dá do pohybu a při rychlosti nad 10–20 km/h vysílá signály řídící jednotce v desetisekundovém taktu. Vysílače prakticky všech soudobých systémů pracují ve frekvenčním rozsahu 433,92 MHz. To není vždy bez problémů, vždyť na této frekvenci pracují i imobilizéry, otevírání dveří automobilů a garážových vrat apod.

Důležitý technický rozdíl mezi systémy Schrader a Beru spočívá v počtu přijímacích antén. Systém Schrader vystačí s jednou anténou, což vyžaduje přesné poziční určení vysílače. U systému Beru jsou použity celkem čtyři antény v podběžích kol. Signály jsou tak jednoznačně přiřazené příslušnému kolu. Identifikace jednotlivých kol pomocí kódování vysílačů tedy odpadá. vedle vysokofrekvenční antény a dvou dílů kolové elektroniky (jednou bez a jednou s ventilem) je klíčovým komponentem řídicí jednotka.

Systém kontroly tlaku vzduchu v pneumatikách může pracovat i bez proudového napájení. Důkazem je prototyp systému RDKS firmy IQ-mobil. Je technicky náročný, zato ale bezúdržbový a umožňuje další zlepšení funkce. Namísto bateriemi napájených vysílačů se u systému RDKS používají tzv. transpondery v kombinaci kolo-pneumatika, které díky tomu, že nepotřebují baterii, mohou být menší a lehčí. Nechají se buď nalepit do vybraní disku nebo integrovat do tělesa ventilu. Není ani nutné chránit baterii delšími taktými měření/vysílání a toto se může realizovat třeba 100krát za minutu.

Aby bylo možno dostávat údaje z transponderů, jsou v každém podběhu tzv. anténní kontroléry, protože snímače v kolech mají dosah jen cca 50 až 70 cm. Podběhové antény ozařují kolové snímače s nosnou frekvencí 2,45 GHz (Bluetooth-frekvence), v nich se vysílaná energie přemění, uloží a využívá pro zpětné posílání údajů. Tak je vysílán zpátky hodnotou tlaku vzduchu v pneumatice modulovaný signál a následně provedeno jeho vyhodnocení. Systém RDKS se jeví jako velmi perspektivní.

Dodatečné vybavení vozu aktivním systémem pro kontrolu tlaku vzduchu v pneumatikách není složitou záležitostí, až na trochu náročnější montáž vysílacích jednotek do soustavy kolo-pneumatika. V závislosti na konstrukčním provedení přicházejí v současnosti do úvahy dvě varianty – montáž pomocí upínacího pásu v prohloubení disku nebo integrace této jednotky do tělesa ventilu.



Obr. 18. Systém stálé kontroly tlaku vzduchu v pneumatikách vozu Peugeot 607: Kolové snímače (1) vysílají informace/údaje do přijímače (2) a dále jsou zpracovávány v řídicí jednotce (3). Případné odchylky tlaku jsou signalizovány řidiči opticky na displeji (5) nebo akusticky pomocí reproduktoru (7). Na multifunkčním displeji (6) se rovněž objeví popis závady.

Systémy „SmarTire“ a „Roadsnoop“ používají upínací pásy. Pokud jde o typ přijímacích a vyhodnocovacích jednotek, tak se ale odlišují. SmarTire má pevně zabudovaný ukazovací modul v zorném úhlu řidiče. „Centrální jednotka“ systému Roadsnoop má ale stejně jako kolové snímače napájení vlastní baterií, tedy nezávislé na palubní síti. To velmi zjednodušuje její montáž, jestli to lze vůbec takto nazývat. Výrobce systému doporučuje jako nejlepší umístění na protisluneční clonu a dodává k tomu upevňovací pásek.

Systémy kontroly tlaku vzduchu v pneumatikách je nutno kalibrovat, což znamená, že vše předepsané a správné kolem tlaku vzduchu v pneumatikách musí být uloženo v paměti systému. V tomto ohledu se jednotlivé přístroje/ systémy liší. Referenční hodnoty pro obvod odvalování pneumatik při správném tlaku vzduchu jsou například u systému Dunlop „Warnair“, používaném v prvovýrobě u vozů BMW a Mini, uloženo do paměti při dodávce automobilu. Po případné korektuře tlaku vzduchu nebo při výměně pneumatiky potřebuje systém jen „standardizaci“. Řidič stiskne tlačítko na přístrojové desce a vše další už jde automaticky. Firma Beru vydala pro systém TSS (Tire Safety System) kalibrační návod, který lze objednat u Beru nebo si stáhnout z Internetu. Jsou tam uvedeny všechny automobily, které jsou aktuálně vybaveny systémem TSS, resp. správné postupy při kalibraci, možné chyby a jejich odstranění. Zpravidla, není-li systém kontroly tlaku vzduchu v pneumatikách nijak poškozen nebo nevykazuje-li závadu, není pro kalibraci zapotřebí žádný pomocný přípravek.

Poněkud jinak je tomu u systému Schrader. Ten si po změně pozice pneumatik nebo po výměně pneumatik vyžaduje nové kódování snímačů, protože konstrukce jen s jednou přijímací anténou není schopná rozpoznat rozdílnou pozici soustavy kolo-pneumatika. Je tedy nutné mít k dispozici diagnostický testovací přístroj a tzv. ventilový budič, aby šlo systému sdělit změnu obutí nebo výměnu pneumatik.

Soudobé systémy pro kontrolu tlaku vzduchu v pneumatikách jsou nesporně jen začátkem vývoje kontrolní techniky v této oblasti. Vývoj jasně směřuje k aktivním systémům s co nejmenšími, bez vlastního proudového napájení pracujícími transpondéry, které bude v dohledném časovém horizontu možno vlepovat přímo do pláště nebo je přímo zabudovat do konstrukce pneumatiky.

Zřejmě se tento systém neomezí jen na kontrolu tlaku vzduchu a teploty v pneumatikách, ale bude se využívat i pro kontrolu opotřebení pneumatiky, pro zjišťování stavu vozovky a povětrnostních vlivů. Asi se prosadí tzv. Bluetooth-technika, vyznačující se celosvětovou nasaditelností a vysokou spolehlivostí.

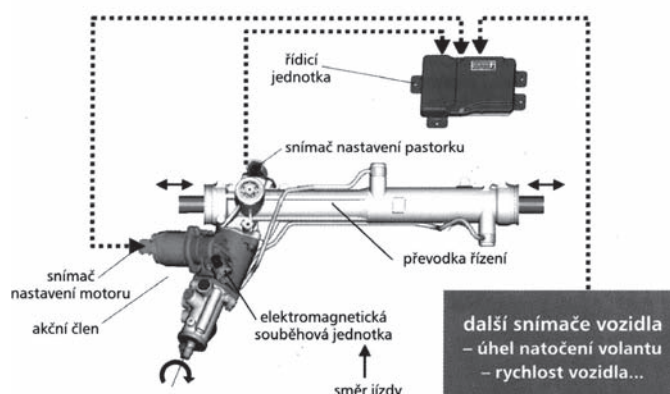
Automatická kontrola tlaku vzduchu v pneumatikách má určitě budoucnost, vždyť se jedná o významný prvek pro bezpečnost a komfort jízdy. Ani ekologické aspekty nezůstávají stranou. Podhuštěná pneumatika má větší valivý odpor a takový vůz vykazuje větší spotřebu paliva a s tím spojené emise. Podhuštěná pneumatika má také nižší životnost a spotřeba i výroba pneumatik zbytečně narůstá.

Systém TSS kontroluje permanentně tlak vzduchu a teplotu uvnitř pneumatiky. Principiálně je konstrukce systému poměrně jednoduchá. Ve všech čtyřech kolech je namontovaná elektronická jednotka napájená baterií. Tato jednotka měří v krátkých intervalech tlak a teplotu a tyto údaje spolu s identifikací příslušného kola vysílá do přijímače v interiéru vozidla. V něm jsou údaje pro každé kolo zvlášť vyhodnoceny a je-li objevena závada, neprodleně je informován řidič. Protože vnitřní teplota pneumatiky ovlivňuje tlak vzduchu v ní, tlak se přepočítává na normovaný tlak. Předepsanou hodnotu pro tlak vzduchu stanoví/nastaví buď výrobce vozidla, nebo ji určí manuálně řidič. Tato hodnota je pak systémem kontrolována z hlediska její přijatelnosti (plausibility), aby se zabránilo zcela chybnému zadání. Sada pro dodatečné vybavení SmarTire se obejde bez snímače a pohybu ve vysílačích a je modulově koncipována. Základní verze má pro signalizaci řidiči jen na displej ze světelných diod nebo se nabízí vyšší informační displej. Integrace kolové elektroniky do tělesa ventilu je sice elegantní řešení, ale také poněkud náročnější na pozornost při montáži/demontáži pneumatiky.

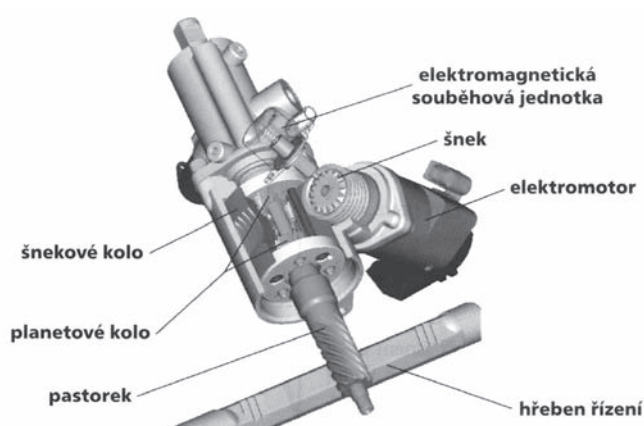
### AKTIVNÍ ŘÍZENÍ

Současný vývoj automobilové techniky směřuje k elektronicky řízeným systémům bez mechanické vazby. Systém aktivního řízení BMW je vývojovou spojnicí mezi klasickým mechanickým řízením a jeho elektronickou podobou Steer-by-Wire (řízení po drátě). S prvním skutečným mechanismem řízením Steer-by-Wire v osobních automobilech lze na trhu počítat teprve od roku 2010. Tento systém vyžaduje na základě své velké komplexnosti vysoké nároky k zajištění potřebné bezpečnosti. To má za následek značné náklady. Takové částky však citlivost automobilového průmyslu na náklady v současnost) neumožňuje. Navíc je Steer-by-Wire systémem pro vozidla vyšší třídy, jejichž zákazníci kladou velmi velký důraz na bezpečnost. Tento okruh zákazníků nemá zpravidla důvěru k technologii, která se obejde bez mechanického spojení mezi volantem a koly.

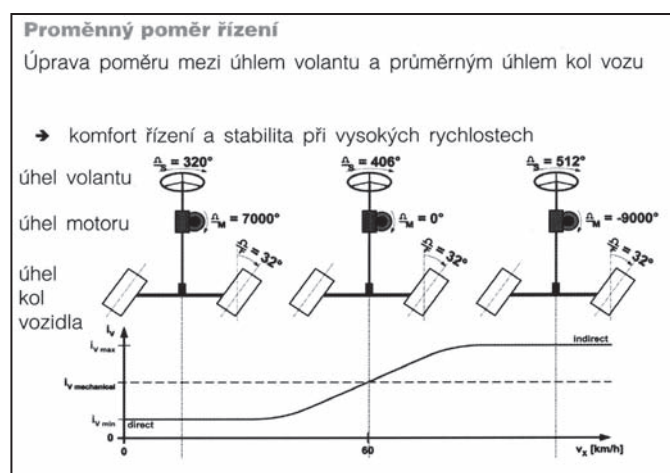
Inovativní systém aktivního řízení BMW zachovává mechanické spojení mezi volantem a koly, bez něhož je zatím nemožné



Obr. 19 Součásti aktivního řízení.



Obr. 20 Posilovač řízení.



Obr. 21 Proměnný poměr řízení.

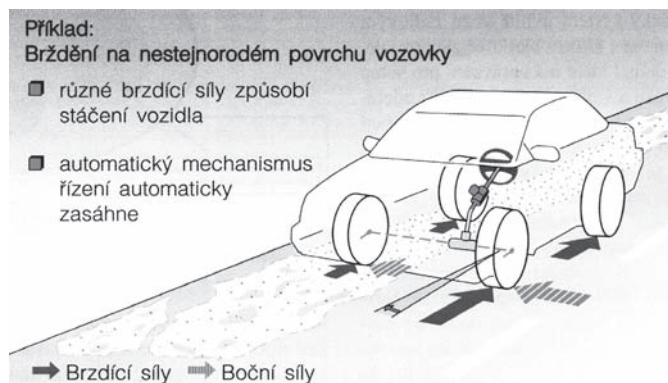
uspokojivým způsobem zprostředkovat řidiči kontakt s vozovkou. Nevýhodou konvenčních systémů řízení je však pevně stanovený převod řízení, který bývá definován jako kompromis mezi ideálními hodnotami pro pomalou jízdu ve městě a velmi rychlé cestování po dálnici. Až do středně velkých rychlostí je vhodný poměrně strmý převod pro okamžitou odezvu vozu na natočení volantu a snadnou ovladatelnost, zatímco rychlá jízda po dálnici,

tedy bez velkých směrových změn, vyžaduje převod větší, aby se kompenzovala citlivost řízení, rostoucí s rychlostí jízdy. U aktivního řízení BMW zůstal zachován mechanický sloupek řízení, který garantuje plnou funkčnost řízení při vadě, či úplném výpadku asistenčního mechanismu, jímž se přizpůsobuje míra natočení kol a potřebná ovládací síla na volantu aktuálním jízdním podmínkám. Klíčovou roli hraje malá planetová převodovka se dvěma vstupními a jedním výstupním hřídelem. Jeden ze vstupních hřídelů je spojený s volantem, zatímco druhý je poháněn elektromotorem přes samosvorné šroubové soukolí. Elektromotor se otáčí obousměrně a podle jízdní situace zvětšuje nebo zmenšuje míru natočení řízených kol, neboť úhel natočení výstupního hřídele se rovná součtu úhlů natočení obou vstupních hřídelů. Planetová převodovka je součástí posilovače řízení s proměnným účinkem, za nímž následuje klasická hřebenová převodovka řízení. Systém má vlastní řídicí jednotku, která je schopná měnit na základě údajů z řady čidel nejvhodnější nastavení až stokrát za sekundu. Kromě většího pohodlí a požitku z jízdy podporují vlastnosti inovativního řízení aktivní bezpečnost, neboť řídicí ulehčuje řízení a je ideálním doplňkem stabilizačního systému DSC (Dynamic Stability Control). V kritických situacích, například na kluzkém povrchu, při bočním větru, náhlé změně směru, či při brzdění na povrchu s rozdílnou adhezí pro jednotlivá kola, dokáže totiž aktivní řízení natočit kola mnohem rychleji než nejlepší řidič, a vůz tak stabilizovat ještě dřív, než by zasáhlo DSC. U konvenčního řízení je převod řízení většinou kolem 18:1, aktivní řízení BMW mění tento poměr mezi 10:1 (výstupní hřídel z elektromotoru se otáčí ve smyslu otáčení volantu) a 25:1 (elektromotor pracuje proti smyslu otáčení volantu, takže při shodném natočení volantu se řízená kola natočí méně než v předchozím krajním případě). Při parkování tak stačí mezi rejdy dvě místo dosavadních tří otáček volantu a průjezd velkými zatáčkami nevyžaduje přesun rukou na volantu, což opět přispívá k bezpečnosti jízdy. Při dálniční rychlosti a velkém převodu roste ovládací síla na volantu. Snižuje se tím nebezpečí nechtěné změny směru a řidič to vnímá jako citelné zvýšení jízdní stability.

Aktivní mechanismus řízení se vyznačuje schopností propojit systém, což vede k jedné z jeho největších výhod – podpoře funkce ESP. Elektronika aktivního mechanismu řízení může na základě vlastních dat od čidel v nebezpečných jízdních situacích natáčet řízení do opačného směru. Systémy ovlivňující dynamiku jízdy tak již mohou ovlivňovat vozidlo nejen přes zásahy do brzd, ale také přes mechanismus řízení. Výhoda: zásah do řízení probíhá rychleji a řidič ho cítí méně než při brzdění jednotlivých kol.

Nový systém nezaručuje jen vyšší bezpečnost v případě nouze, ale také větší komfort. Aktivní mechanismus řízení zajišťuje mimo klasický posilovač řízení variabilní převod mechanismu řízení závislý např. na rychlosti. Při nízké rychlosti usnadňuje nízký převodový poměr parkování a projíždění ostrých zatáček. Vozidlo působí bezprostředněji, aktivněji, ovladatelněji.

Při vysokých rychlostech působí elektromotor proti pohybu volantu a poněkud zmenšuje vychýlení mechanismu řízení. Řízení je méně přímé, auto je klidnější, jízda bezpečnější. Asi 100krát za sekundu se zachycují potřebná data pomocí čidel. Řídicí jednotka rozhoduje, zda a o kolik se musí upravit úhel řízení. Pokud se musí servomotor z důvodu závady vypnout, je tato cesta automaticky zablokována. Planetová převodovka se pak otáčí jako uzavřený blok, vozidlo lze řídit bez omezení a s konstantním převodem. Tato



Obr. 22 Kompenzace momentu stáčení při brzdění na nestejnorodém povrchu vozovky.

provozní bezpečnost je velkou výhodou aktivního mechanizmu řízení v porovnání s čistým přístupem Steer-by-Wire, neboť při výpadku nemohou elektronické systémy nabídnout žádnou náhradu pro mechanické spojení.

Mechanické spojení je argumentem, aby se ani řidiči automobilů nebránili této nové technologii. Rozhodnou se pro nový princip, jen když se cítí za všech okolností bezpečně.

Absolutní bezpečnosti by se dalo dosáhnout u řešení By-Wire jen tehdy, pokud by existoval jeden systém navíc. To by vyžadovalo dvě elektrické sítě a dvě baterie včetně zdvojených čidel, řídicí jednotky a ovládacích prvků ve vozidle nebo přidavné mechanicko-hydraulické řízení jako samostatně přestavitelnou rovinu. Potřebné náklady tak vylučují brzké sériové použití mechanizmu řízení Steer-by-Wire. Přesto však Active Steering optimálně připravuje budoucí zavedení Steer-by-Wire na trh.

Pro řidiče je především zajímavá korekce chyb při jízdě, ke kterým dochází v nouzových situacích bez vlastního přičinění. Aktivní mechanizmus řízení může vyrovnat nebo korigovat chybné jednání, aniž by řidiče překvapila nebo zmátla reakce vozidla.

Převod řízení závislý na dopravní situaci přináší řidiči usnadnění práce a větší komfort. Při pomalé jízdě v městské dopravě, když je nutné hodně používat volant, dochází při použití servomotoru při stejné vynaložené síle k menšímu počtu otočení volantem. Naproti tomu při vysokých rychlostech se již řidič nemusí obávat, že kvůli nechtěnému příliš silnému pohybu volantem ztratí kontrolu nad vozidlem.

Dalším znakem komfortu je předstih řízení, nazývaný Steering Lead. Umožňuje rychlejší reakci systému řízení na řídicí příkaz. Tím se zvyšuje rychlost reakce vozidla popř. pohyblivost při rychlých požadavcích na řízení. Přesto je nutno u všech funkcí, které jsou teoreticky možné, mít na zřeteli psychologii řidiče.

### REGULACE ODPRUŽENÍ VOZIDLA

Pod pojmem odpružení rozumíme pružící a tlumící systém vozidla. Regulované odpružení (regulovaný podvozek, aktivní podvozek), znamená, že se reguluje buď tlumič nebo pružina (adaptivní systémy odpružení), nebo se reguluje jak tlumič tak pružící vlastnosti podvozku (aktivní systémy odpružení).

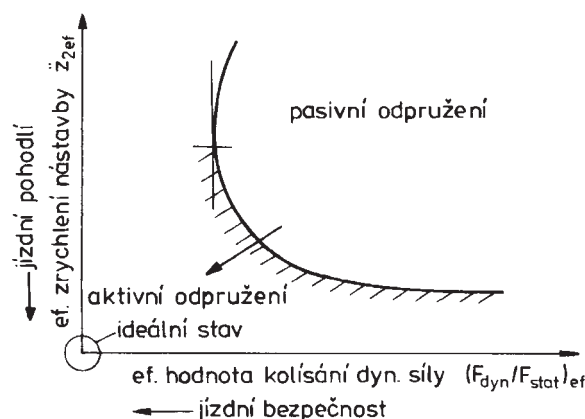
Vlastní kmitočty nápravy a nastavby se navzájem liší přibližně desetinasobkem. Tlumení systému náprava – nastavba je tedy vždy kompromisem mezi hlediskem jízdního pohodlí a hlediskem jízdní bezpečnosti.

Konvenční pružící soustavy, tzn. ocelové vinuté, listové nebo torzní pružiny s hydraulickými tlumiči mají konstantní pružící vlastnosti, a proto jsou označovány také jako pasivní pružící systémy.

Pružící soustavy motorových vozidel mají splňovat následující požadavky:

- a) dobré jízdní pohodlí, tzn.:
  - malé zrychlení nastavby,
  - malá vlastní frekvence nastavby, vlastní frekvence a pružící dráhy nezávislé na zatížení,
  - tlumení v závislosti na zatížení a jízdním stavu,
- b) vysoká jízdní bezpečnost, tzn.:
  - malé kolísání zatížení kola,
  - kinematika nápravy nezávislá na zatížení,
  - úrovňová regulace (výšková poloha těžiště),
  - dostatečné pružící dráhy a dostatečné tlumení,
  - konstantní poloha světlometů,
- c) malý prostor pro pružící a tlumící elementy, tzn.:
  - malé vnější průměry a krátké konstrukční délky (např. šířka zavazadlového prostoru),
- d) přizpůsobení výškové polohy, tzn.:
  - snížení úrovně při vysokých rychlostech (vzdálenost od vozovky, popř. sklon karosérie pro optimální součinitel vzdušného odporu),
  - zvýšení světlé výšky v terénu.

Podvozek s měkkou pružící a tlumící charakteristikou je vhodný pro jízdní pohodlí a ochranu přepravovaného zboží a je proto vhodný pro pomalou a nerušenou jízdu v přímém směru. Pouze při budících frekvencích vozovky, které leží v oblasti rezonance nápravy a nastavby, je výhodnější silnější tlumení. Tím je možno zmenšit především namáhání vozovky. Na obr. 23 je znázorněn tzv. cílový konflikt mezi zrychlením nastavby (pohodlí, ochrana nákladu), a kolísáním zatížení kola (jízdni bezpečnost, namáhání vozovky).



Obr. 23 Cílový konflikt mezi jízdni bezpečností a jízdni pohodlí při návrhu tlumení/pružení vozidla.

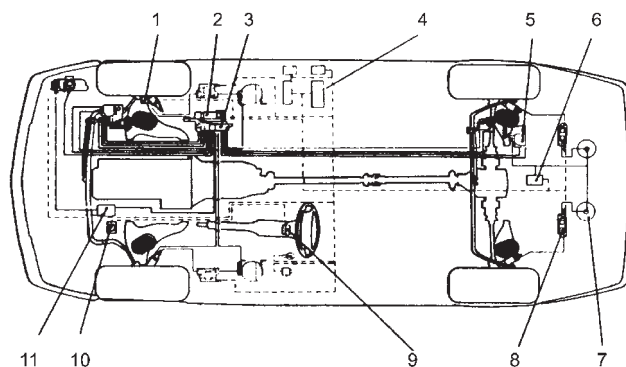
Mezní křivka v diagramu konfliktu jízdní pohodlí/jízdní bezpečnost je mezi pro konvenční pružící systémy vozidel. Použitím tlumících systémů s proměnným tlumením je možno docílit různé vlastnosti odpružení, tedy dostat se do oblasti pod mezní křivkou na obr. 23

Principiálně se rozlišují systémy odpružení (obr. 25):

- konvenční,
- adaptivní (pomalé), příp. semiaktivní (rychlé),
- aktivní pomalé,
- aktivní rychlé.

Adaptivní systémy jsou doplňkem konvenčního odpružení. Tlumič lze seřizovat v několika stupních, a to buď řidičem, nebo automaticky. Jakmile dojde k seřízení tlumiče, chová se tlumič konvenčně, tzn. nedojde k prolomení mezní křivky na obr. 23.

Má-li tlumič např. dvě charakteristiky, jednu se „silným“ tlumením (špatné jízdní pohodlí, ale malé kolísání zatížení kola a tím lepší jízdní bezpečnost), druhý má slabou charakteristiku (opačný účinek), tak může řidič ručně volit mezi oběma, a přepínat (snad správně) mezi oběma stupni. Nad určitou jízdní rychlostí lze řadit tlumiče na „silně“ nebo „slabě“ automaticky (samočinně), nebo se měří kolísání zatížení kola, nebo srovnatelné veličiny, které se týkají rychlosti jízdy a stavu nerovností vozovky. Potom se nad stanovenou hodnotu přepíná na „silně“, aby se získala větší



Obr. 26 Elektronická regulace tlumičů odpružení (Bosch): 1 – snímač zrychlení kola, 2 – ventilový blok, 3 – rozdělovač, 4 – elektronická řídicí jednotka, 5 – regulátor světlé výšky, 6 – snímač stavu zatížení, 7 – pružinový zásobník, 8 – tlumicí ventil, 9 – snímač polohy řízení, 10 – snímač zrychlení karoserie, 11 – čerpadlo.

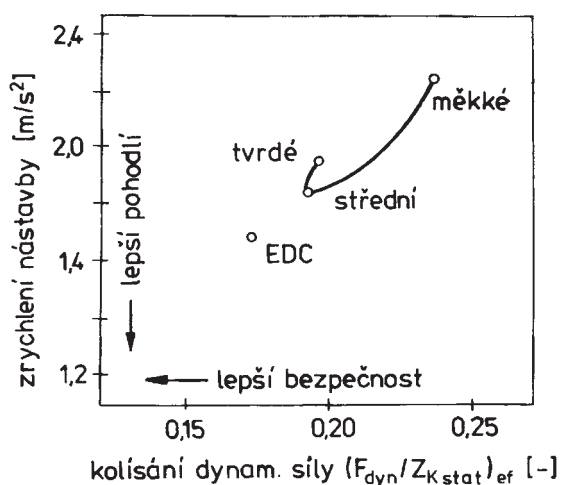
jízdní bezpečnost na úkor jízdního pohodlí a pod touto hodnotou se přepíná na „slabě“ s opačným účinkem. Vliv naladění tlumičů na jízdní pohodlí a bezpečnost je znázorněn na obr. 24. Bod označený EDC (Elektronic Damping Control) vyjadřuje účinek adaptivní elektronické regulace tlumičů.

Lze si také představit přepínání pružícího systému, který má dvě charakteristiky „měkkou“ a „tvrdou“. Myslitelná je rovněž kombinace přepínání tlumení a pružení. Jízda na jednotlivé charakteristiky při přepínání charakteristik trvá poměrně dlouho. Frekvence přepínání u adaptivních systémů je nižší, než charakteristická frekvence kmitání. Přepínání z jedné charakteristiky na druhou je samozřejmě rychlejší.

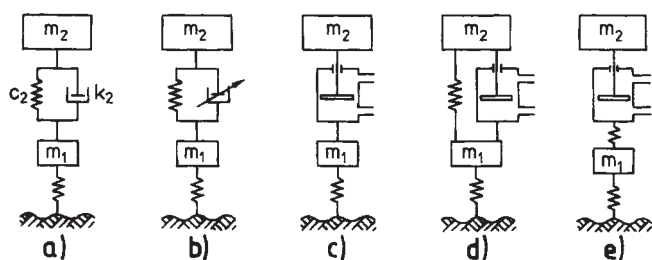
Semiaktivní systémy také tyto systémy se omezují na funkci tlumiče, tzn. na práci v prvním a třetím kvadrantu tlumící charakteristiky (roztahování, stlačování). Dynamický model kmitání je proto stejný, jako pro adaptivní systém). Pracovní oblast na rozdíl od adaptivních systémů již není omezena několika charakteristikami. Existuje prakticky nekonečně mnoho charakteristik, tzn. může být regulován téměř každý bod v poli charakteristik. Rozhodující je, aby se velmi rychle (10 ms) dosáhly požadované body. Tím je možno pracovat nejen v oblasti frekvence nástavby, ale také v oblasti frekvence nápravy. Semiaktivní systémy odpružení jsou adaptivní systémy, které rychle přepínají tlumení příp. pružení.

Na obr. 26 je znázorněno schéma elektronické regulace tlumičů odpružení. Jízdní chování v oblasti příčné dynamiky – nárůst bočního zrychlení – je zjišťováno měřením úhlu natočení volantu resp. v závislosti na rychlosti vyhodnocováním rychlosti natáčení volantu a vede ke krátkodobé změně tlumící charakteristiky. Stacionární jízda zatáčkou v oblasti vysokých bočních zrychlení je rozpoznána z kombinace informací – velikosti úhlu natočení volantu a rychlosti jízdy. Tlumící síla potřebná k maximálnímu zvýšení jízdní bezpečnosti je automaticky nastavena.

K redukci dynamické změny radiálního zatížení kola při brzdění a tím k bezpečnějšímu držení stopy by měly být rovněž vyvozeny dostatečné tlumící síly. Všechny silné brzděné manévry jsou rozpoznány tlakovým spínačem v brzdovém systému. Po překročení prahové hodnoty tlaku je po krátké prodlevě tlumení nastaveno do tzv. „tvrdé“ oblasti.

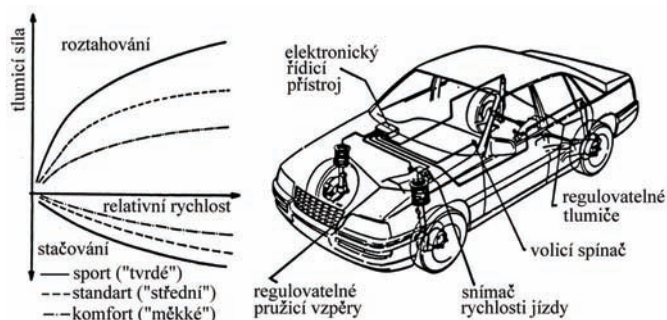


Obr. 24 Adaptivní regulace tlumičů.



Obr. 25 Porovnání různých regulovaných systémů odpružení: a) konvenční (pasivní) systém, b) adaptivní systém (pomalý), semiaktivní (rychlý), c) aktivní rychlý systém (frekvenční oblast 0 až 25 Hz), d) jako systém c) s přidavnou pružinou k podepření statické síly, e) aktivní pomalý systém (frekvenční oblast 0 až 5 Hz).





Obr. 27 Elektronicky regulované tlumení podvozku DSA (Opel Senator).

U vozidel s mechanickými převodovkami je navíc pomocí potenciometru na škrtkové klapce kontrolováno podélné kmitání (houpání) vozidla vybudované akcelerací. Signály jsou diferencovány, a při překročení prahové hodnoty úhlové rychlosti podélného kmitání jsou tlumicí síly přepnuty do „tvrdé“ oblasti. U vozidel s automatickými převodovkami tato opatření odpadají, neboť hydrodynamický měnič je pro toto buzení kmitů jistým tlumičem.

Zvýšené zatížení (tzn. větší hmotnost vozidla) může být rozpoznáno tlakovým spínačem v zařízení pro regulaci výškové polohy vozidla. Při překročení prahové hodnoty tlaku v systému jsou nízkofrekvenční vertikální kmity jinak vyhodnoceny a následuje dřívější přepnutí na tvrdší tlumicí charakteristiky.

Řidič může systém dodatečně ovlivňovat pomocí přepínače. Pro zákazníky s mimořádnými sportovními ambicemi existuje varianta „sport“, u které jsou používány jen charakteristiky tlumičů „střední“ a „tvrdé“. Se základním programem „komfort“ jsou splněny všechny požadavky na tlumení v závislosti na jízdním stavu a situaci. Dochází zde k relativně rychlému přepínání mezi třemi charakteristikami tlumičů: měkká-střední-sportovní.

Dalším vývojovým krokem v oblasti přestavitelné tlumicí síly je zavedení tzv. víceparametrových tlumičů. U těchto tlumičů existuje možnost takové bezstupňové změny tlumicí síly, že je možno nastavit k libovolné tlumicí rychlosti odpovídající tlumicí síle. Takovéto přestavení tlumiče musí být možné v čase pod 10 ms. S tlumiči odpružení tohoto typu má být umožněn komfort přibližující se komfortu u aktivního pérování.

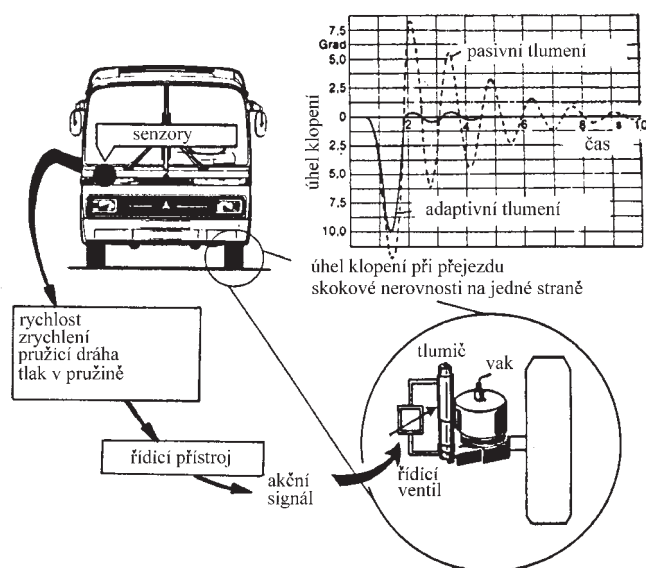
Na obr. 27 je znázorněn podvozek DSA (Dynamic Safety) osobního automobilu Opel Senator. Řidič má mj. možnost spínačem na přístrojové desce volit tlumicí stupně „komfort“, „standard“, „sport“. Změna nastavení tlumičů se děje akčními elektromotory integrovanými do tlumičů, které ovládají otočný posuvný ventil ve vlastním pístovém ventilu. Řízení akčních motorů je elektronické, mikroprocesor řídí a zároveň kontroluje celý systém a vlastní integrovanou diagnostikou lokalizuje a oznamuje chybu v systému.

Elektronické řízení účinku tlumičů není dnes výhradou jen osobních (drahých) automobilů. Začíná se používat i u autobusů a nákladních automobilů. Kromě automatického nastavení tlumičů spojené s automatickým seřízením světlé výšky je žádoucí také nastavení při rušivých vlivech. To znamená, rychlým elektronickým zásahem odstranit přenos kmitání na nástavbu při najetí na nerovnost. Možné řešení pro takový zásah je znázorněno na obr. 28.

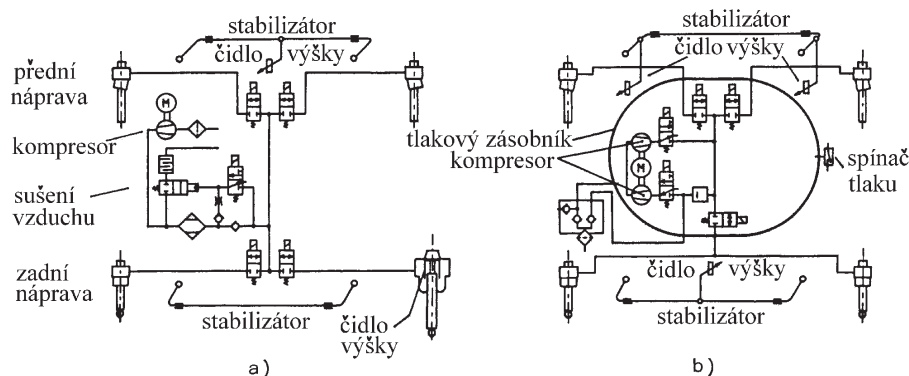
Adaptivní semiaktivní pružicí soustava má tlumič s variabilním účinkem – velmi rychlý servoventil může ovlivňovat průtok mezi oběma pracovními prostory tlumiče kmitání. Tím je možno sílu vznikající z rychlých pohybů nápravy indukovat a využít ji pro pomalé pohyby nástavby. Protože silovou indukci je řízení tlumičů získáno bezprostředně z pohybu kola, není nutný přívod hydraulické energie. Vlastní regulace předpokládá v signálovém procesoru zejména rychlé vyhodnocení měření vzdálenosti (pružicí dráhy) mezi nápravou a nástavbou. Aby tím jako cílová funkce nebylo jen svislé zrychlení nástavby, ale také klopení a klonění nástavby, musí v elektronickém zařízení být provedeny příslušné geometrické transformace. Proto citelné zlepšení není okamžité, ale jak je vidět z průběhu úhlu klopení na obr. 28, až u druhé amplitudy kmitání. Ke zmenšení tohoto časového zpoždění by bylo nutné optické testování povrchu vozovky. Více realistické je využití signálů přední nápravy pro regulaci zadní nápravy.

Změna tuhosti pružin vozidla je další možností k ovlivnění komfortu jízdy. Přitom je nutno rozlišovat, zda má dojít ke krátkodobé změně tuhosti pružin nástavby, nebo zda má být nasazeno principiálně měkčí pružení. Z experimentů je známo, že krátkodobé změny nepřinášejí podstatné zvýšení komfortu.

Vhodné opatření, které se dobře hodí k právě diskutovaným tlumičům pérování, představuje použití pružin pérování s měkkou charakteristikou. Použití měkké charakteristiky pružin znamená mj. současné zavedení regulace výškové polohy vozidla, alespoň na zadní nápravě. V posledních letech se objevuje celosvětový trend v používání těchto druhů odpružení, u japonských a amerických automobilů je to vzduchové odpružení, u evropských automobilních výrobců je dávana přednost hydropneumatickému odpružení. U hydropneumatického odpružení se negativně projevují vyšší náklady a hmotnost agregátů. Musejí zde totiž být zvládnuty tlaky až kolem 10 MPa. U vzduchového odpružení leží nevyřešené otázky v oblasti zpevnění pryžových vaků. Tyto problémy se dají řešit především konstrukčními změnami, např. zavedením vzduchových pružin s vnějším vedením. K tomu musí být k dispozici potřebný



Obr. 28 Princip funkce elektronické regulace účinku tlumičů při jednostranném přejezdu skokové nerovnosti.



Obr. 29 Regulovatelné systémy vzduchového odpružení:  
a) otevřený systém (Wabco),  
b) uzavřený systém (Bosch).

zástavbový prostor, tzn. vznikají požadavky na mechanické díly náprav a na karosérii.

Pro vlastní regulaci není systémová volba mezi vzduchem nebo olejem podstatná, neboť v budoucnosti bude používána v obou případech elektronická regulace. K tomu budou využívány: senzory výškové polohy, magnetické ventily, kompresory nebo olejová čerpadla a elektronická řídicí jednotka.

U vzduchových pružicích systémů (obr. 29) je diskutováno, zda by toto zařízení mělo být realizováno jako otevřený nebo uzavřený systém. U jednoduchého otevřeného systému (obr. 29 vlevo) je vzduch nasáván z okolí, stlačen kompresorem a dále předán do plnicích se vzduchových vaků. Tento systém vyžaduje vysoušení vzduchu a regeneraci vysoušeče vzduchu při poklesnutí vozidla. Speciální rozvod vzduchu je podmíněn použitím přídavných ventilů.

U obvyklých uzavřených systémů není vysoušeč vzduchu nezbytný. Zde je vzduch přečerpáván mezi zásobníkem a vzduchovými vaky. Na obr. 29 vpravo je znázorněn uzavřený středotlakový systém (Bosch). Tlak zásobního vzduchu leží mezi maximálním a minimálním vnitřním tlakem pryžových vaků. K poklesnutí vozidla musí naběhnout kompresor a tlačít vzduch z vaků do zásobníku. Možné jsou také systémy, u kterých tlak v zásobníku je stále menší než ve vacích, pak je zapotřebí částečně větší výkon kompresoru a větší objem zásobníku.

Místo dosavadního systému odpružení a tlumení se spirálovými pružinami a vzduchovými tlumiči se u nové třídy Mercedes-Benz S stará o maximální pohodlí a bezpečnost jízdy systém AIRmatic (Adaptive Intelligent Ridecontrol), který kombinuje vzduchové odpružení a adaptivní systém tlumení (ADS). Nově vyvinuté vzduchové odpružení je tvořeno několika díly navzájem spojenými pneumatickými vedeními a datovou sběrnici CAN (Controller Area Network): elementy vzduchového pérování na přední a zadní nápravě, kompresor, centrální zamykání, ventily vzduchových

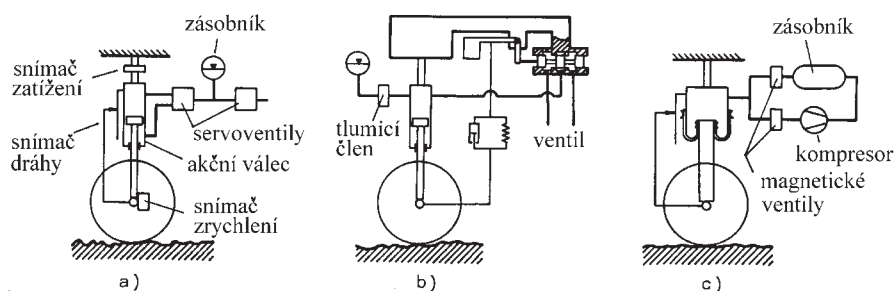
pružin, elektronické řídicí jednotky a potřebné snímače. Toto zařízení je otevřeným systémem, ve kterém je hmotnost vozidla nesena stlačeným vzduchem. Regulace výšky podvozku nad vozovkou se provádí podle potřeby velmi rychle přivedením nebo odpuštěním stlačeného vzduchu u každého kola individuálně prostřednictvím magnetických ventilů.

Na obr. 30 jsou znázorněny tři základní principy pro aktivní odpružení:

- a) systém Lotus – zapojení rychlých hydraulických válců,
- b) systém Williams – vyregulování pohybů nastavby účelnou regulací oleje v hydro-pneumatickém pružicím systému,
- c) systém Horvat vyregulování pohybů nastavby účelnou regulací tlaku vzduchu ve vzduchových pryžových vacích.

Asi nejnáročnější systém s největší energetickou spotřebou je koncepce firmy Lotus. Jádrem tohoto zařízení jsou čtyři velmi rychle se přestavující hydraulické válce, zásobované pomocnou energií, které jsou vždy přes jeden senzor zatížení kola spojeny s nastavbou vozidla. Senzor zatížení kola zásobuje regulační okruh a pokouší se udržet zatížení kola na statické hodnotě. Vydeme-li např. z toho, že na jinak rovné vozovce leží cihla, pak pro pruží při přejetí této nerovnosti zasažené kolo, zatížení kola vzrůstá a nastavba se nadzvedne.

U aktivně odpružené nápravy je tato tendence ke zvýšení zatížení kola snímána. Servoventily přivádějí resp. odvádějí tolik oleje z pracovních válců, že kola mohou mít stále zachovány okamžitou hodnotu statického zatížení. Tzn., že pro pružení kola vlivem nerovností vozovky není kladen žádný odpor. Zjednodušeně lze říct, že vozidlo nadzvedává svá kola, aby přešlo tyto nerovnosti bez negativního účinku. Aby vozidlo po této překážce jelo dále v nepropruženém stavu, je nutný nejméně jeden přídavný, dráhově závislý regulační obvod, který se trvale snaží udržovat vozidlo v jeho konstrukční poloze. Že požadavky na pružicí systém jsou



Obr. 30 Principy aktivního odpružení:  
a) systém Lotus,  
b) systém Williams,  
c) systém Horvat.

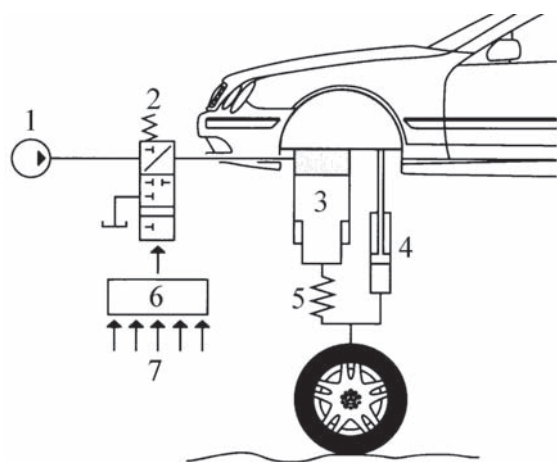
mimořádně vysoké je zřejmé z příkladu přejezdu cihly. V několika milisekundách musí být umožněny značné pohyby kola. K tomu potřebný výkon je asi 10 kW, a tím má být výrazně zvýšeno jízdní pohodlí.

Toto odpružení klade větší požadavky na kinematiku podvozku, než je tomu v případě pasivního odpružení. Jelikož je nastavba vozidla ve velkém rozsahu udržována v klidu, musí kola sledovat („kopírovat“) nerovnosti vozovky. Tím je více využíván zdvih kola, než u pasivního odpružení. Vykazuje-li náprava velké změny sbíhavosti při propérování a vypérování, projevuje se to neklidem při jízdě v přímém směru.

Optimální kinematika je poněkud snadněji realizovatelná u lichoběžníkové nápravy, než s ostatních typů náprav. Další přednosti přináší použití víceprvkových náprav: aktivní pracovní válce mohou být zbaveny úlohy vedení kola. Tímto jsou odstraněny příčné síly, které vedou ke zvýšenému tření. Vliv tření a náběhové časy vedou u regulačních systémů ke zhoršení jejich kvality. Proto se zdá být účelné použití předních a zadních náprav lichoběžníkového provedení. V současnosti již existují aktivně odpružená osobní vozidla s nápravami typu McPherson (např. Volvo).

Ke snížení požadovaného množství energie existuje celá řada návrhů, nevyrovnávat každou nerovnost aktivním způsobem pomocí pracovního válce, ale regulovat jen pohyby nastavby vzniklé na dlouhých nerovnostech, přičemž hydropneumatický systém odpružení je velmi rychle zásobován olejem z přídatného zásobníku, anebo je olej ze systému odebírán. Vlastní pružicí vlastnosti přebírá tlakový zásobník v blízkosti pružicí jednotky.

Na obr. 30c je znázorněn systém, který podobně jako hydropneumatické odpružení vyrovnává jen pohyby vzniklé na dlouhých nerovnostech. Aby se vystačilo s ještě menším množstvím energie, je použita vzduchová pružina. U hydropneumatického odpružení musí být nestlačitelné objemy oleje odvedeny do zásobníku, aby bylo dosaženo požadovaného regulovaného pohybu nastavby vozidla. Toto množství oleje je odebíráno z centrálního zásobníku, který musí být vždy zásoben maximálním tlakem. Rozdíl tlaku mezi zásobníkem a pracovním pružicím válcem je upravován škrcením.



Obr. 31 Aktivní odpružení ABC (Aktive Body Control) –Sachs/Mercedes-Benz: 1 – hydraulické čerpadlo, 2 – proporcionální ventil, 3 – plunžr, 4 – pasivní pružina, 5 – pasivní tlumič, 6 – regulátor, 7 – signály (dráh, úhly, zrychlení).

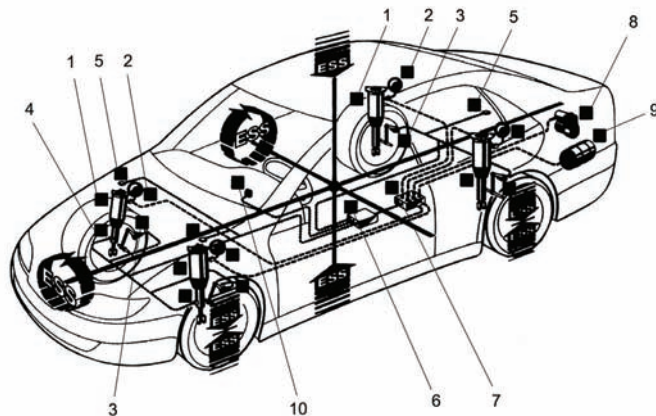
Jinak je tomu u vzduchového pružicího systému. Vzduch dodávaný do pružin je rovněž odebírán z centrálního zásobníku, nyní je ale proměnlivý jak objem, tak i tlak vzduchu. Z malého objemu pod vysokým tlakem v centrálním zásobníku vzniká odpovídající větší množství pod středním tlakem v pružicím elementu. Ztráty jsou ve srovnání se škrcením u hydropneumatického pérování výrazně nižší. Mimo přednosti nižší spotřeby energie, lze tento systém použít u náprav typu McPherson, neboť vyrovnání příčné působící síly lze dosáhnout vhodným uspořádáním vzduchové pružiny (šikmá poloha vzduchové pružiny nebo excentricky umístěný tlumič). Výše diskutované přednosti u lichoběžníkových náprav s aktivními pracovními válci nejsou u vzduchového pérování tak významné. Tento druh regulovaného odpružení bývá u sedadel užitkových vozidel.

Na obr. 31 je schéma aktivního odpružení ABC (Active Body Control). Aktivní systém odpružení zahrnuje kompaktní pružicí vzpěru s integrovaným pružicím a tlumicím systémem a hydraulickým regulovatelným ovládacím válcem. Tok oleje k pružicím vzpěrám je řízen dvěma proporcionálními ventily. Ventily pracují s regulační rychlostí v milisekundách, tedy téměř v reálném čase. Hydraulický válec a pružina jsou zapojeny v sérii. Systém ABC u vozu Mercedes – Benz CL se stal v roce 1999 prvním osobním vozidlem s aktivním odpružením.

### Vzduchové odpružení osobních vozů

Pneumatické odpružení není novinkou v konstrukci automobilů. Stále více se však prosazuje i v osobních automobilech – zejména vyšší třídy. Nabízí totiž mimořádný jízdní komfort a řadu dalších předností.

Vzduchové odpružení Continental Automotive Systems se až donedávna používalo jen u zadní nápravy Audi A6 Avant a to ještě pouze pro regulaci výšky vozidla. Další možnosti daného systému využili konstruktéři až u allroad quattro, kde se ke slovu dostala i přední náprava (obr. 32). Inteligentní systém řídí s pomocí elektroniky světlou výšku karosérie ve čtyřech stupních. To napomáhá dotvářet výbornou jízdní dynamiku a bezpečnost. Vůz drží daný parametr vzdálenosti karosérie od vozovky na



Obr. 32 Schéma systému vzduchového odpružení a umístění jeho komponentů (Continental Automotive Systems): 1 – vzduchové pružicí jednotky s CDC-tlumiči (Continuous Damping Control), 2 – další volitelný objem, 3 – výškový snímač, 4 – snímač zrychlení nápravy, 5 – snímač zrychlení karosérie, 6 – řídicí jednotka, 7 – blok elektromagnetických ventilů, 8 – kompresorová jednotka, 9 – zásobník stlačeného vzduchu, 10 – úroňový spínač a ukazatel.

dálnici i na nezpevněné polní cestě. Významnou úlohu přitom sehrávají výškové snímače na vzduchových pružicích jednotkách obou náprav.

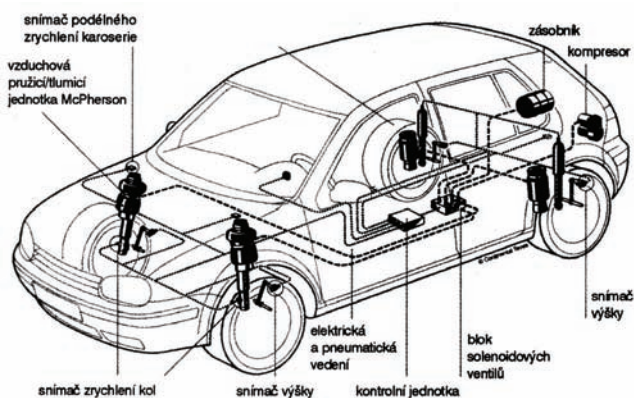
Systém vzduchového odpružení sestává z několika základních modulů: modul zásobování vzduchem, vzduchové pružicí jednotky vpředu a vzadu, výškové snímače, řídicí jednotka, vedení vzduchu a elektrické vedení.

Pro činnost systému je nezbytný stlačený vzduch. Ten dodává kompresor poháněný elektromotorem. Umístěný je pod vozidlem mezi prohlubní pro rezervní kolo a pomocným rámem zadní nápravy. U stojícího vozidla zajišťuje výškovou regulaci vzduch ze zásobníku. Výškové snímače hlásí řídicí jednotce permanentně aktuální stav a poskytují signály pro regulaci světlé výšky karosérie. Řídicí jednotka na jejich základě ovládá proudění vzduchu do vzduchových pružin a tlak v nich. Tyto jsou plně nosné a jsou integrované spolu s hydraulickými tlumiči (vzadu pneumaticky nastavitelnými a zátěžově závislými) do jednotek vzduchového odpružení. Výšková regulace vozů Audi A6 Avant se realizuje změnou objemu vzduchu ve vzduchových pružinách. Nastavování podvozku se provádí automaticky. V případě potřeby lze ale danou regulaci provést i manuálně. Ovšem při pevně definovaných rychlostních prazích.

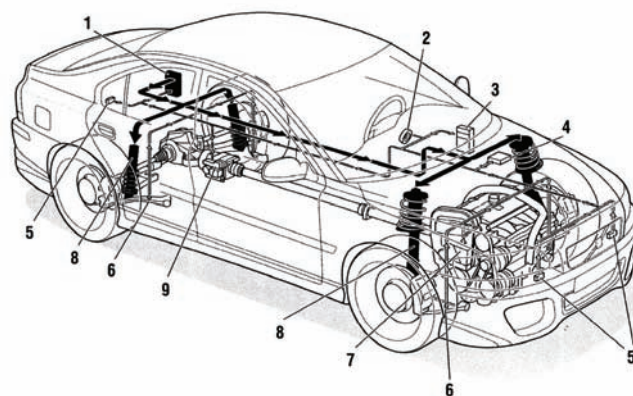
Audi určuje jako mezní rychlost pro nejvyšší výšku/úroveň 35 km/h, výškovou úroveň „1“ udržovanou až do 80 km/h a poté normální úroveň. Od 120 km/h klesne automobil na nejnižší úroveň. Manuální regulace, je-li možná, je nadřazená automatické. Momentální úroveň je indikována na LED-ukazateli spínače pro výškové nastavení. Při automatickém režimu se po zastavení vozu z optických důvodů nastaví úroveň „1“.

V klidovém stavu vozidla a při jeho rychlosti pod 5 km/h se systém nachází v tzv. stavovém režimu. Výškovou nivelaci lze ovládat ručně, vyrovnává se šikmé postavení auta. Jede-li vůz rychleji než 10 km/h, zařazen je režim „jízda“. Pod určitou rychlostní prahovou hodnotou lze ručně nastavit nejvyšší výškovou úroveň. Nejnižší výškovou úroveň lze nastavit vždy ručně. Při rychlé jízdě po dálnici se v automatickém režimu samozřejmě nastaví nejnižší úroveň, čímž se minimalizuje šikmé postavení vozidla.

Řídicí jednotka daného systému se aktivuje již při odemykání dveří a ihned zahajuje přípravnou fázi. Následně reaguje systém na zaznamenané změny, například zaregistruje nějaký náklad apod.



Obr. 33 Systém vzduchového odpružení u vozidla Golf IV za účelem snížení brzdné dráhy (Continental Teves 2001).



Obr. 34 Systém plynulého řízení tlumičů Four-C (2001): 1 – řídicí jednotka, 2 – čidlo řízení, 3 – centrální řídicí jednotka, 4 – řídicí jednotka DSTC, 5 – čidla zrychlení, 6 – čidla světlé výšky, 7 – řídicí jednotka motoru, 8 – tlumiče s plynulou změnou tuhosti, 9 – řídicí jednotka pohonu všech kol.

Také po skončení jízdy zůstává řídicí jednotka systému ještě cca 15 minut aktivní a opět sleduje změny – třeba vyložení nákladu, změny teploty atd. Reaguje na ně pokud stačí k realizaci zásoba stlačeného vzduchu v zásobníku.

Vzduchové odpružení (obr. 33) snižuje při vyšších rychlostech automaticky podvozek. Tím se sníží i těžiště a zadní kola se tak při brzdění více zatěžují, čímž mohou více přispět ke zpomalování. Spojitě regulovatelné tlumiče zlepšují i řízení ABS. Omezují podstatně proměnlivost zatížení kol v důsledku nerovností na vozovce.

Řídicí jednotka vozu Volvo (pohon všech kol) spolupracuje s dalšími elektronicky řízenými soustavami, konkrétně se systémem plynule měnitelné tuhosti odpružení Four-C (Continuously Controlled Chassis Concept) a systémem jízdní stability DSCT (Dynamic Stability and Traction Control), obr. 34. Na základě informací o poloze a pohybu každého kola, pohybu karosérie atp. které se aktualizují pětsetkrát za sekundu, se pro každé kolo nastavuje individuální charakteristika tlumení. Například informace o prudkém brzdění dorazí do řídicí jednotky systému Four-C o několik milisekund dříve, než brzdové segmenty dolehnu na kotouče, a během této doby se vypočte míra náklonu karosérie při požadované intenzitě brzdění a patřičně upraví tlumení odpružení, aby se předešlo pohybu karosérie a zvýšila stabilita vozu. Tlačítkem na palubní desce se zvolí jeden ze tří režimů (komfortní, sportovní, ryze sportovní), které však neznamenají nějaký pevný program. Ale udávají preferovaný jízdní styl řidiče. Zvolený režim činnosti systému Four-C má rovněž vliv na funkci soustavy DSTC, která podle toho zasahuje při hrozbě smyku dříve, později, nebo vůbec ne, pokud řidič zvolí režim ryze sportovní, čímž se DSTC vypne.

## 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.*