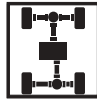




Automobil
od A do Z



Servis



Podvozek



Organizace
práce



Motor



Systémy
a příslušenství



Bezpečnost
a hygiena práce



Geometrie



Nářadí
a vybavení dílen



Paliva
a maziva



Diagnostika
a měření



Elektr. zařízení,
elektronika

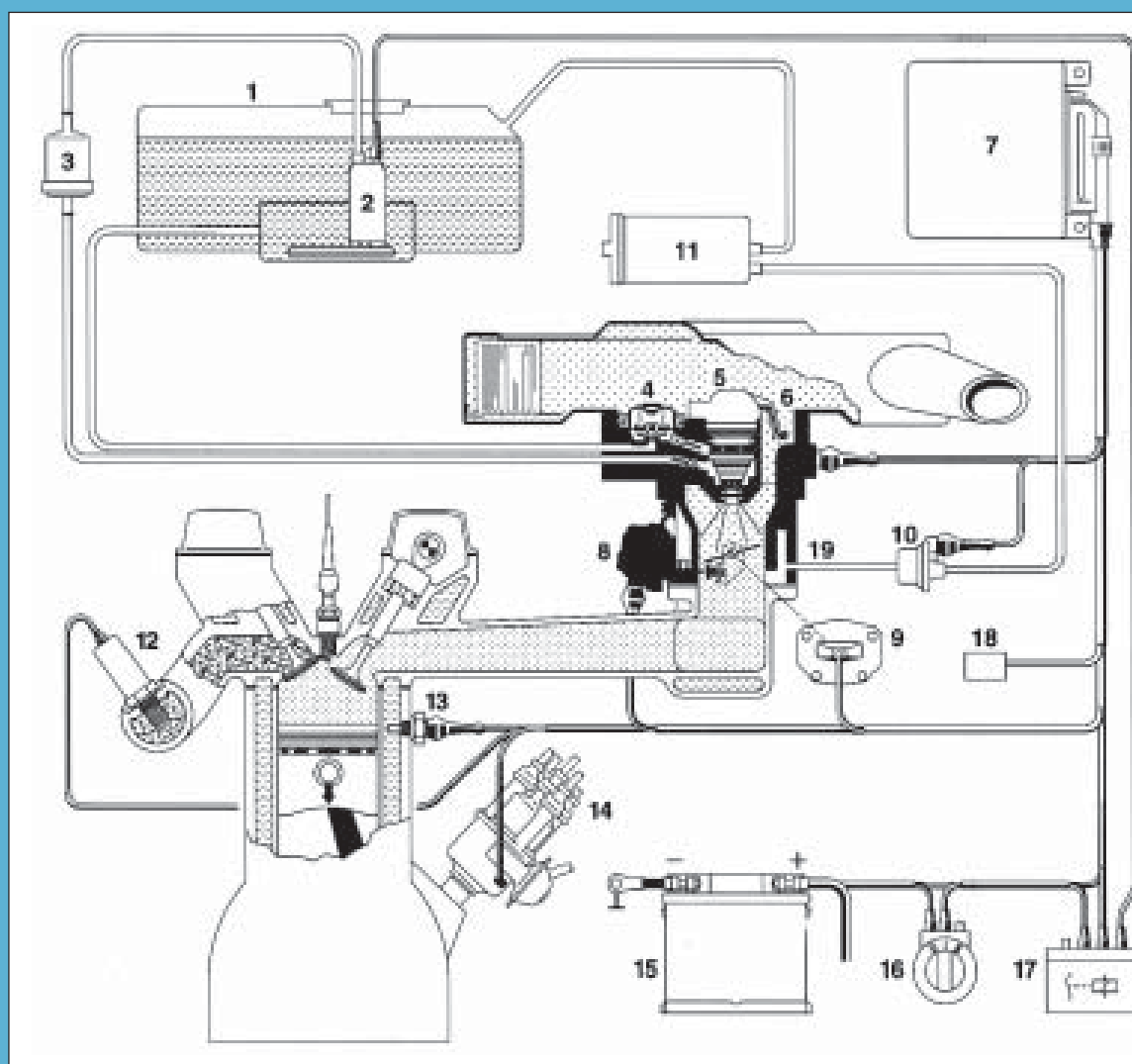
Praktická dílna

**Vstřikovací
systémy
zážehových
motorů II.**



Vstřikovací systémy zážehových motorů II.

V minulém vydání AutoEXPERTU jsme vás začali seznamovat se základními vstřikovacími zařízeními pro zážehové motory. Ty se podle historického vývoje a využití v principu omezují na dva systémy, které lze přímo ve vozidlech nalézt ve velkém počtu různých variant. Jde o nepřerušované vstřikování (K-, KE-Jetronic) a vstřikování přerušované (L-, LE- a LH-Jetronic). V tomto vydání na již uvedené vstřikovací systémy zážehových motorů navážeme dalšími systémy přerušovaného vstřikování.



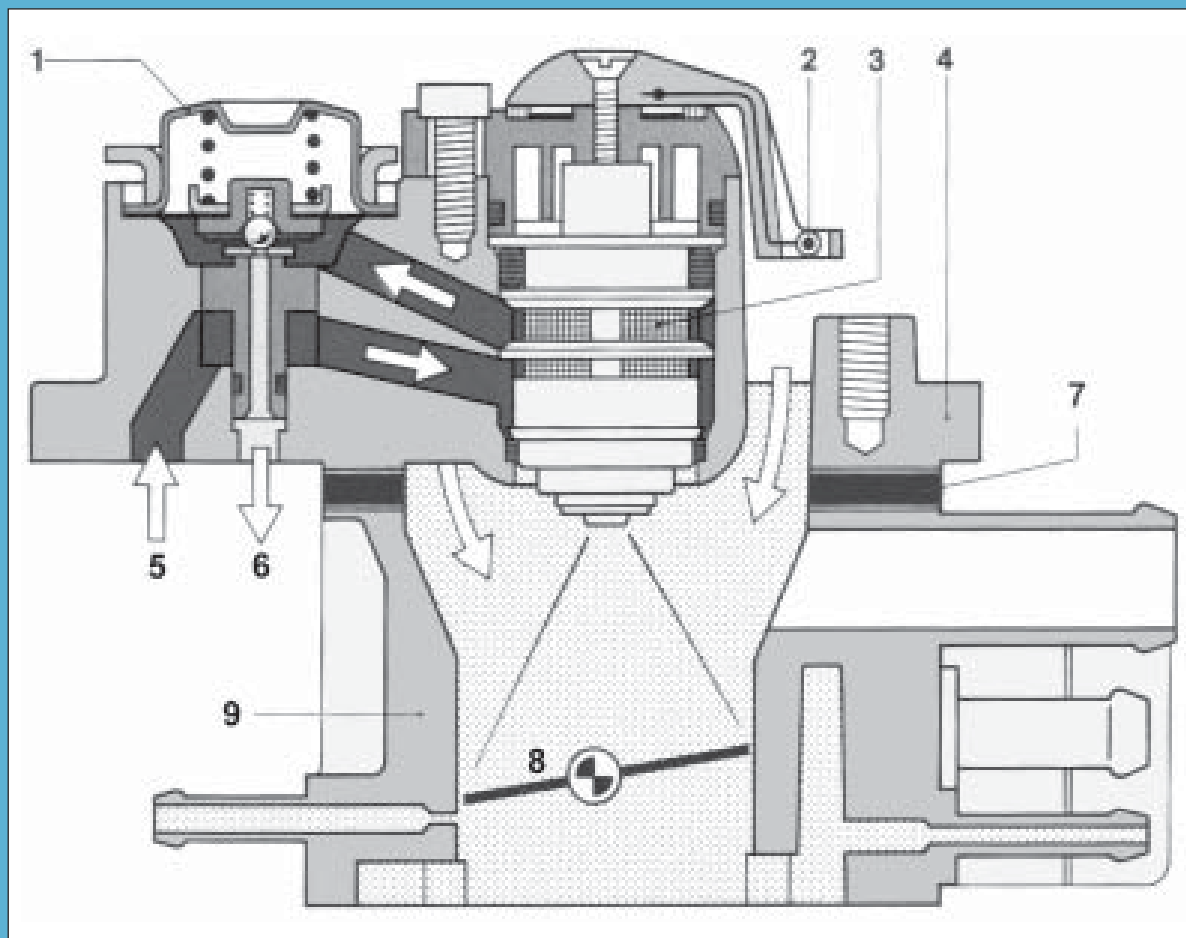
Obr. 1a.

Schéma systému vstřikování paliva Mono-Jetronic.

- 1 – palivová nádrž
- 2 – elektrické palivové čerpadlo
- 3 – palivový filtr
- 4 – regulátor tlaku v systému (0,1 MPa)

- 5 – vstřikovací ventil
- 6 – snímač teploty nasávaného vzduchu
- 8 – nastavovač škrticí klapky
- 9 – potenciometr škrticí klapky
- 10 – regenerační ventil
- 11 – pouzdro s aktivním uhlím

- 12 – lambda-sonda
- 13 – snímač teploty motoru
- 14 – rozdělovač zapalování
- 15 – akumulátor
- 16 – spínací skříňka zapalování
- 17 – relé
- 18 – diagnostická zástrčka
- 19 – vstřikovací jednotka



Obr. 1b.
Vstřikovací jednotka
Mono-Jetronic (řez).
1 – regulátor tlaku paliva

2 – snímač teploty nasávaného vzduchu
3 – vstřikovací ventil
4 – horní hydraulický díl
5 – přívod paliva

6 – odvod paliva k nádrži
7 – teplotně-izolační dělicí deska
8 – škrticí klapka
9 – spodní díl tělesa

Mono-Jetronic

Mono-Jetronic je jednoduchý elektronicky řízený nízkotlaký kompaktní vstřikovací systém, používaný zejména pro malé čtyřválcové motory s výkonem do 80 kW. Vlastní vstřikování paliva probíhá centrálně, pouze jedním vstřikovacím ventilem, který je umístěn v kompaktním vstřikovacím agregátu před tělesem škrticí klapky. Při každém zapalovacím impulsu spustí řídicí jednotka proces vstřikování, jde proto o vstřikování přerušované. Základní funkce jsou podobné systému L-Jetronic (viz Praktická dílna z AutoEXPERTU č. 6/2004).

Obecný popis funkce

Popis funkce systému Mono-Jetronic provedeme stejně jako u předchozích

systémů pomocí obrázku. Vstřikování Mono-Jetronic (obr. 1a, 1b) poskytuje potřebné množství paliva přerušované prostřednictvím elektricky ovládaného vstřikovacího ventilu do sacího potrubí před škrticí klapkou. Jeho ovládání provádí řídicí jednotka motoru. Pro výpočet doby vstřikování (vstřikovaného množství) zaznamenává řídicí jednotka prostřednictvím různých vstupních signálů provozní stav motoru.

Elektrické palivové čerpadlo (2) čerpá palivo z nádrže přes filtr (3) do komory regulátoru tlaku (4), který udržuje tlak paliva konstantní v závislosti na tlaku v sacím potrubí. Přebytké palivo odtéká zpět do nádrže. Je-li vstřikovací ventil (5) otevřen pomocí elektrických impulsů z řídicí jednotky (7), pak se palivo svým tlakem vstřikuje do sacího potrubí před škrticí klapkou.

Množství vstřikovaného paliva je určováno dobou otevření vstřikovacího ventilu, tzn. trváním impulsu vycházejícího z řídicí jednotky.

Pro výpočet potřebného vstřikovaného množství slouží řídicí jednotce signály o počtu otáček, o nasávaném množství vzduchu, o teplotě motoru, o teplotě nasávaného vzduchu a signály ze snímače škrticí klapky.

Funkci obohacení směsi při studeném spouštění motoru přebírá řídicí jednotka a vstřikovací ventil, tzn. že již není zapotřebí ventil pro studený start a teplotní časový spínač, jako tomu bylo u předchozích systémů vstřikování.

Palivový systém

V systému Mono-Jetronic bývá často zabudováno elektrické palivové čerpadlo

pracující na principu proudění, zřídka výtlačné komorové čerpadlo. V důsledku nízké spotřeby paliva u malých motorů a nízkého tlaku v systému (asi 0,1 MPa) se malé nároky kladou i na čerpací výkon palivového čerpadla. Velmi často bývá umístěno přímo v nádrži společně se snímačem hladiny paliva (obr. 2).

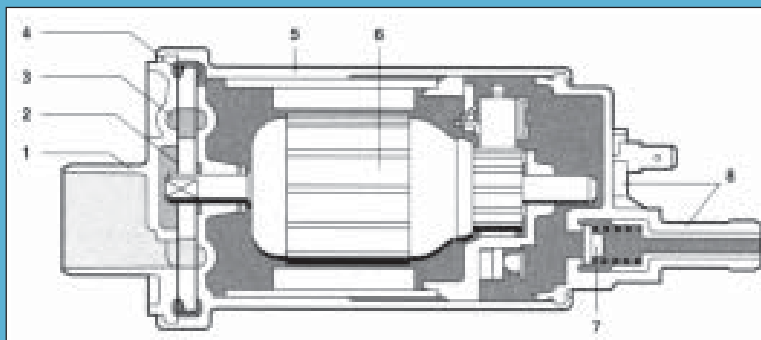
Palivo se nasává otáčením oběžného kola (2) s věncem lopatek v čerpadle bočního kanálu. Kanály ve víku na straně sání a v pouzdru čerpadla se palivo dostává do obvodového lopatkového čerpadla (4), ve kterém je dalším lopatkovým kolem předáváno dál.

» Výkon čerpadla silně závisí na otáčkách a tím na palubním napětí. Čerpací výkon se měří na výstupu recirkulace.

Po průchodu palivovým čerpadlem palivo protéká palivovým filtrem a nakonec oplachuje vstřikovací ventil (obr. 3). Nadbytečně načerpané palivo může regulátorem tlaku odtékat zpět do nádrže. Regulátor tlaku udržuje konstantní tlak paliva s přetlakem asi 100 kPa proti okolnímu tlaku. Vstřikovací ventil vstřikuje palivo ve tvaru kuželu před škrticí klapky. Umístění v systému se volí tak, aby rychlost proudění nasávaného vzduchu byla optimální a zaručilo se tak jeho dobré směšování s palivem.

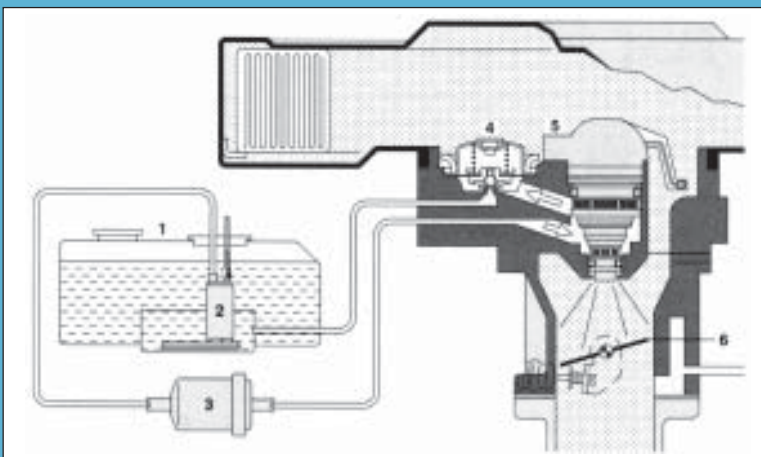
Funkce různých vstřikovacích ventilů (obr. 4 a 5) odpovídá běžným vstřikovacím ventilům. Silou magnetického pole, vybuzeného proudem protékajícím vinutím elektromagnetu (cívkou), se zvedá kotva magnetu s jehlou ventilu (resp. kuličkou ventilu) a vstřikuje palivo pod tlakem do sacího systému. V bezproudovém stavu se vstřikovací ventil uzavírá pružinou. V důsledku malého tlaku v systému (malá síla pružiny) postačuje i malá síla elektromagnetického pole. Tím se zkracuje i doba přitažení ventilu. To je bezpodmínečně nutné pro rychlý sled vstřikovacích impulzů. Tvarování vstřikovacího ventilu a tím i z něj vystupujícího vstřikovacího paprsku závisí na konstrukci sacího zařízení a velikosti motoru.

Kontrola palivového čerpadla, regulátoru tlaku a vstřikovacího ventilu začíná sejmutím vzduchového filtru ze



Obr. 2. Dvoustupeňové elektrické čerpadlo s čerpadlem bočního kanálu (předřadný stupeň) a obvodovým lopatkovým čerpadlem (hlavní stupeň) pro zabudování v palivové nádrži.

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 – víko na straně sání s přípojkou | 5 – pouzdro čerpadla |
| 2 – oběžné kolo | 6 – kotva |
| 3 – čerpadlo bočního kanálu | 7 – ventil zpětného rázu |
| 4 – obvodové lopatkové čerpadlo | 8 – víko uzávěru s tlakovou přípojkou |



Obr. 3. Zásobování systému Mono-Jetronic palivem.

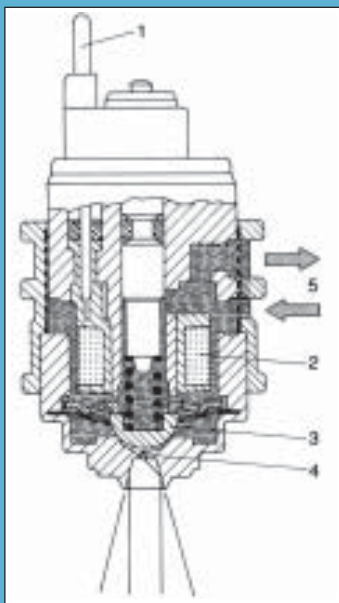
- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| 1 – palivová nádrž | 4 – regulátor tlaku |
| 2 – elektrické palivové čerpadlo | 5 – vstřikovací ventil |
| 3 – palivový filtr | 6 – škrticí klapka |

vstřikovací jednotky. Po odstranění přívodního a zpětného vedení od vstřikovací jednotky (pozor, pokud je systém pod tlakem, může vystříknout palivo!) se na přívodní hadičku připojí manometr. Na výstup z tělesa se napojí druhá hadička, která je vložena do nádoby pro odměřování množství dodaného paliva. Na relé čerpadla se na 30 sekund přemostí svorky 30 a 87 a překontroluje tlak paliva. Dodávané množství musí být nejméně 650 cm³.

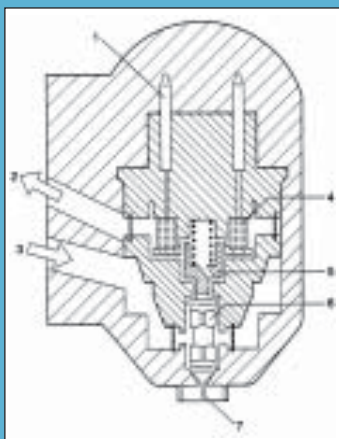
Těsnost vstřikovacího ventilu je v pořádku, odkápně-li maximálně 1 kapka paliva během 60 s. Elektrický vnitřní odpor mezi svorkami 2 a 3 musí být při teplotě okolí asi 15 až 30 °C v rozsahu 1,0 – 1,6 Ω.

Vstupní signály pro sledování provozního stavu

Podstatný rozdíl proti minule popisovaným vstřikovacím systémům spočívá u systému Mono-Jetronic v tom, že se nasávané množství (hmotnost) vzduchu neměří, nýbrž vypočítává na základě úhlu otevření škrticí klapky (α) a otáček (α/n). Jde o tzv. regulaci α/n . Při daném otevření škrticí klapky a daných otáčkách může být nasáto jen určité množství vzduchu. Příslušné pole charakteristik je stanoveno experimentálně na zkušebním stojanu a naprogramováno do řídicí jednotky. Příslušné vstupní signály dostává řídicí jednotka ze svorky 1



Obr. 4. Nízkotlaký vstřikovací ventil.
1 – přívod elektrického proudu
2 – cívka
3 – kulička ventilu
4 – šikmé vývrtky
5 – přívod a odvod paliva



Obr. 5. Vstřikovací ventil.
1 – přívod elektrického proudu
2 – zpětný odvod paliva
3 – přívod paliva
4 – vinutí elektromagnetu
5 – kotva magnetu
6 – jehla ventilu
7 – vstřikovací čep

(počet otáček n) a potenciometru škrticí klapky (úhel otevření klapky α).

Signál ze svorky 1 (td-signál) dostává řídicí jednotka Mono-Jetronic z řídicí jednotky zapalování (např. u Mono-Motronic interně přímo v řídicí jednotce). Tento signál lze měřit pomocí úhlu

sepnutí nebo střídy. Bez signálu o počtu otáček ke vstřikování nedochází.

Úhel otevření škrticí klapky rozeznává řídicí jednotka podle změn odporu na potenciometru škrticí klapky (obr. 6). Potenciometr škrticí klapky má dvě odporové dráhy s rozdílnými charakteristikami. Jednu pro oblast nízkého zatížení (úhel otevření 0 až 24°), kdy se při malých rozdílech v úhlu otevření získávají velké změny v nasávaném množství vzduchu, a druhou dráhu pro horní oblast zatížení (úhel otevření 18 až 90°). Volnoběh nebo plné zatížení řídicí jednotka pozná podle příslušného úhlu otevření.

Obě dráhy lze zkusit pomocí měřené odporu. Při otvírání škrticí klapky se musí hodnoty odporu plynule měnit. Přitom je důležité i to, aby byl po celé ploše dráhy zajištěn dobrý kontakt a dráhy nebyly vlhké nebo zkorodované.

► **Poloha potenciometru vůči škrticí klapce se nemá měnit. Při případné nezbytné výměně se musí přesně dbát údajů pro nastavení od příslušného výrobce.**

Při výpadku potenciometru škrticí klapky řídicí jednotka přiřazuje různým otáčkám pevné doby vstřiku, a tím zaručuje omezený nouzový provoz.

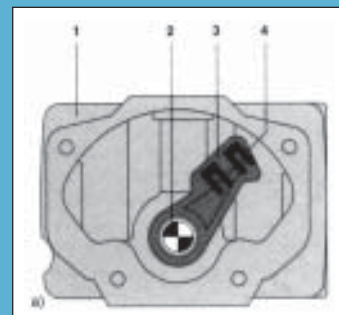
Teplota motoru se získává měřením pomocí NTC termistoru.

Teplota nasávaného vzduchu se získává rovněž pomocí NTC termistoru, který je umístěn v tělese vstřikovacího agregátu na vstřikovacím ventilu (obr. 7).

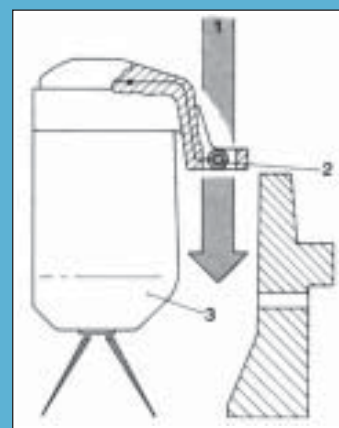
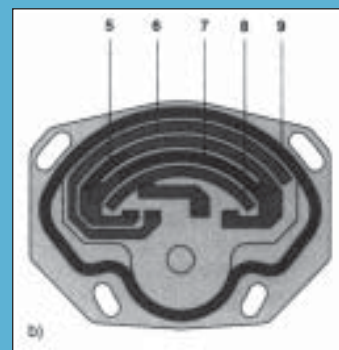
Napětí akumulátoru je měřeno prostřednictvím svorky 15 a u tohoto systému se nepoužívá jen pro napájení řídicí jednotky, ale jeho hodnota ovlivňuje výpočet doby otevření vstřikovacího ventilu. Bezproblémové a elektricky vodivé musí být i připojení na kostru. Trvalé napájení z kladného pólu akumulátoru musí být k dispozici pro paměť závad.

Signál z lambda-sondy je využíván pro korekci a regulaci výpočtu doby vstřikování paliva.

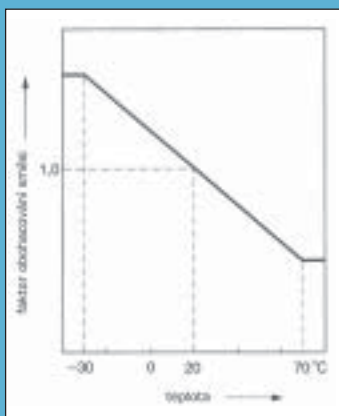
Pokud je regulace otáček při volnoběhu nastavována pomocí ovladače škrticí klapky (místo tepelného ovladače), může řídicí jednotka pro stabilizaci otáček při volnoběhu dostávat doplňkové spí-



Obr. 6. Potenciometr škrticí klapky.
a) pouzdro s jezdcem
b) víčko pouzdra s potenciometrickými drahami
1 – spodní část vstřikovacího agregátu
2 – hřídel škrticí klapky
3 – rameno jezdc
4 – jezdec
5 – odporová dráha 1
6 – dráha kolektoru 1
7 – odporová dráha 2
8 – dráha kolektoru 2
9 – obvodové těsnění



Obr. 7. Snímač teploty nasávaného vzduchu.
1 – nasávaný vzduch
2 – odpor NTC
3 – vstřikovací ventil



Obr. 8. Faktor obohacování směsi v závislosti na teplotě nasávaného vzduchu.

nací signály (např. z klimatizačního zařízení nebo automatické převodovky).

Funkce řídicí jednotky a výstupní signály

Nejdůležitějším výstupním signálem je impuls pro vstřikovací ventil, získaný na základě výpočtu množství nasátého vzduchu, který se měří pomocí střídavy. Vypočtená doba vstřiku se získává ze vstupních signálů a naprogramovaných funkcí, jako jsou obohacení při spouštění, obohacování při běhu za studena a v zahřátém stavu, volnoběhu, obohacování při plném zatížení, přerušení přívodu paliva při deceleraci a omezení otáček (podobně jako u jiných vstřikovacích systémů). Také regulace směsi prostřednictvím teploty nasávaného vzduchu funguje podobně jako u ostatních vstřikovacích systémů. Jejich vliv ozřejmuje obr. 8.

Kromě obvyklých funkcí musí řídicí jednotka ve svých programech teplotu nasávaného vzduchu a teplotu motoru hodnotit zejména při přechodovém chování a změnách zatížení. V důsledku centrálního vstřikování před škrticí klapkou se při akceleraci na stěnách sacího potrubí vytvoří tenká vrstva paliva, která se odpaří po opětovném uzavření škrticí klapky (obr. 9).

Vytváření a odpařování této vrstvy paliva na stěnách sacího potrubí je závislé kromě teploty i na otáčkách motoru a na velikosti úhlu a rychlosti otevření škrticí klapky.

Změnu zatížení řídicí jednotka rozpozná prostřednictvím změny odporu potenciometru škrticí klapky. V ten okamžik spustí příslušný program, aby vykompenzovala kondenzaci paliva na stěnách.

Další speciální funkcí řídicí jednotky je kompenzace napětí – nejen pro fungování vstřikovacího ventilu, ale i pro čerpací výklon palivového čerpadla. Při nižším palubním napětí a tím i nižším výkonu proudového čerpadla (v důsledku jeho nižších otáček) se vypočtená doba vstřiku ještě prodlužuje, aby se tak kompenzoval nižší tlak paliva. Regulaci elektrického palivového čerpadla (bezpečnostní spínání) provádí řídicí jednotka prostřednictvím relé.

Je-li místo tepelného ovladače zabudován regulátor nebo ovladač škrticí klapky (obr. 10), pak je tento ovladač při regulaci volnoběhu ovládán přímo řídicí jednotkou.

Na základě signálu z kontaktu volnoběhu (5) a otáček motoru se spouští regulace volnoběhu. Elektromotor (1) je dvěma kabely spojen s řídicí jednotkou, která určí směr toku proudu a tím i směr otáčení elektromotoru. Pomocí regulace volnoběhu lze snížit otáčky při volnoběhu. Ty se zvyšují jen v případě potřeby (při studeném startu nebo při běžícím kompresoru klimatizace). Re-

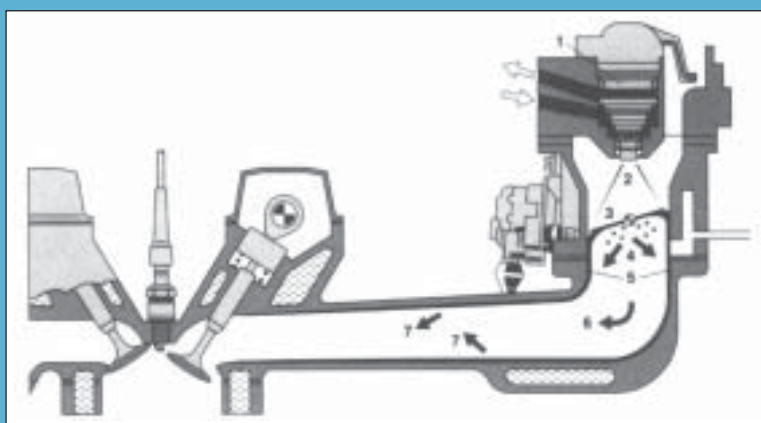
gulátor škrticí klapky dává navíc možnost lehce pootevřít klapku při jízdě bez stlačeného pedálu akcelérátoru nebo při aktivním zpomalování a snížit tak podtlak v motoru. Pomocí regulace otáček při volnoběhu se kompenzuje i odchylky způsobené opotřebením a stárnutím. To, co zvládne u otáček při volnoběhu kompenzovat regulátor volnoběhu, lze pomocí lambda-regulace pro složení směsi kompenzovat nebo přizpůsobit v celém rozsahu.

➡ **Řídicí jednotka, podobně jako paměť závad, dostává hodnoty pro adaptaci jen při trvale připojeném napájení z kladného pólu akumulátoru. Na to je třeba dbát při hledání závad a diagnostice.**

Diagnostika systému

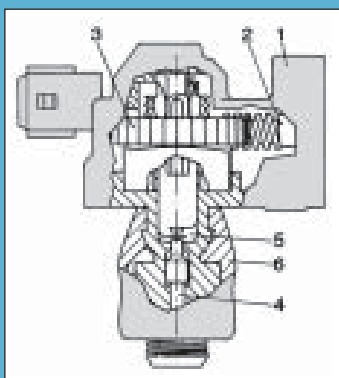
Mono-Jetronic obsahuje vnitřní diagnostiku, která neustále monitoruje všechny prvky systému. V případě výskytu chyby nebo poruchy ji zaznamená do paměti závad. Možnosti vyhodnocení (vyčtení) paměti závad jsou dvě:

- blikacím kódem, jehož výstup je zpravidla přes kontrolku na přístrojové desce nebo diagnostickou zástrčku a na ní připojenou čtečkou LED, protože například starší vozy VW nebo



Obr. 9. Usazování paliva na stěnách sacího potrubí při studeném motoru.

- | | |
|-------------------------|--|
| 1 – vstřikovací ventil | na stěnách sacího potrubí (znázorněno zvětšeně) |
| 2 – vstřiknuté palivo | 6 – proudící výpary paliva |
| 3 – škrticí klapka | 7 – odpařování paliva z tenké vrstvy na stěnách sacího potrubí |
| 4 – kondenzované palivo | |
| 5 – tenká vrstva paliva | |



Obr. 10. Regulátor (ovladač) škrticí klapky.

- 1 – skříň motoru s elektromotorem
- 2 – šnek
- 3 – šnekové kolo
- 4 – hřídel ovládání
- 5 – kontakt volnoběhu
- 6 – válcový pryžový měch

Audi nemají vždy diagnostickou kontrolku na přístrojovém panelu;

- pomocí diagnostického přístroje, připojeného na diagnostické rozhraní vozidla.

Kontrolu systému lze také provádět univerzálním systémovým adaptérem. Protože centrální vstřikovací jednotka, tvořící srdce systému Mono-Jetronic, je velmi citlivým zařízením na neodborné zásahy, je při servisních operacích nutné dbát následujících zásad:

- 1 Nastavovací šroubek umístěný dole na páce škrticí klapky neslouží k nastavení volnoběžných otáček. Je určen k přiřazení polohy škrticí klapky k nastavovací škrticí klapky. Toto nastavení je nutné pouze při výměně nastavovače škrticí klapky nebo části škrticí klapky.

- 2 S dorazovým šroubkem škrticí klapky se nesmí otáčet, jinak by byla řídicí jednotkou zaregistrována chyba systému. Šroub je jemně nastaven a pojištěn proti otáčení.

- 3 Není vhodné dotýkat se volnoběžného kontaktu při vychýlené škrticí klapce, nastavovač škrticí klapky by se tím mohl přitlačit na spínací doraz.

- 4 Nesmějí se uvolňovat šrouby regulátoru tlaku a vyvíjet jakýkoliv tlak na horní část regulátoru, mohl by se tím změnit tlak paliva v systému, který není nastavitelný.

- 5 Potenciometr škrticí klapky nesmí být přestavován. Pro servis neexistuje žádná možnost přezkoušet přiřazení škrticí klapky potenciometru, příp. tuto polohu nastavit. K nastavení potenciometru škrticí klapky musí být napětí měřeno s přesností 1 mV. Diagnostické přístroje používané v servisech nemají většinou potřebnou přesnost. Kromě toho neexistují žádná nastavovací data. Potenciometr škrticí klapky se nedodává jako náhradní díl samostatně, pouze ve spojení s dílem škrticí klapky.

Vnitřní diagnostika

Jak již bylo uvedeno, systém Mono-Jetronic je u všech typů vozidel vybaven vnitřní diagnostikou. V řídicí jednotce je trvalá paměť, která uchovává závady, jež se vyskytnou během provozu motoru. Pokud motor neběží, je nutné po dobu asi 6 sekund startovat a nevypínat zapalování. Tímto způsobem se závady opět uloží. U vozidel, která byla vyráběna přibližně do konce roku 1988, může být uložena pouze jedna závada, u později vyrobených vozidel je to až 11 závad. Chyby týkající se lambda-regulace mohou být indikovány teprve po 12 minutách jízdy. Jestliže se závada neopakuje při osmi následujících startech, je automaticky smazána.

Vyhodnocení paměti závad blikacím kódem probíhá při zapnutém zapalování nebo běžícím motoru. Přitom se musí spojit diagnostické rozhraní na přibližně 3 sekundy s kostrou. Při zahájení komunikace začne trvale svítící chybová kontrolka blikat. Nejsou-li

zaznamenány žádné závady, je to znázorněno určitým kódem. Konec vyhodnocení paměti závad je rovněž znázorněn zvláštním kódem. Po ukončení vyčtení může být paměť chyb smazána. To lze provést vypnutím zapalování, propojením diagnostického rozhraní s kostrou, zapnutím zapalování a po 10 sekundách odpojením diagnostického rozhraní od kostry. Při vyhodnocení paměti závad pomocí diagnostického přístroje je celý proces zkoušky řízen pomocí menu a dílčích nabídek.

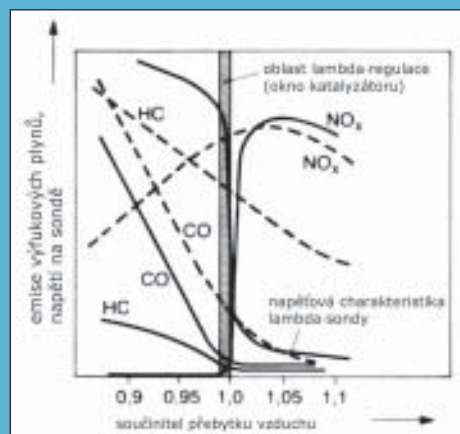
Vnitřní diagnostika nikdy nezahrnuje všechny oblasti systému. Může se stát, že chyby, které se týkají přímo nebo nepřímo systému, zůstanou vnitřní diagnostikou neodhaleny. V těchto případech musí být vedle základního motortestu (který zahrnuje také oblast sání a složení směsi) provedena zkouška se systémovým adaptérem. Ke každému systému existuje tabulka, kde jsou popsány jednotlivé měřicí kroky odpovídající vždy kontrole jednotlivých prvků systému a předepsané hodnoty měřených signálů.

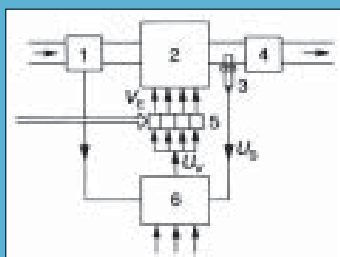
Lambda-regulace

Stoupající legislativní požadavky učinily před několika lety nezbytným zavedení řízených třicestných katalyzátorů. Aby bylo možné odstranění škodlivých látek, resp. chemické reakce v katalyzátoru provádět co neúčinněji, musí se složení směsi pohybovat v úzkých mezích (obr. 11), v tzv. katalyzátorovém okně.

Obr. 11. Interval regulace lambda-sondy a snižování podílu škodlivin ve výfukových plynech.

----- emise bez katalytického ošetření
 ————— emise s katalytickým ošetřením





Obr. 12. Schéma funkce lambda-regulace.

- 1 – měřič množství vzduchu
 - 2 – motor
 - 3 – lambda-sonda
 - 4 – katalyzátor
 - 5 – vstřikovací ventily
 - 6 – řídicí jednotka motoru s regulátorem
- U_S – napětí na sondě
 U_V – řídicí napětí ventilu
 V_E – množství vstřikovaného paliva

Pro udržování složení směsi v mezích katalyzátorového okna není řízení množství vstřikovaného paliva dost přesné. Při něm se nebere ohled na žádné změny v motoru v důsledku opotřebení, resp. na tolerance konstrukčních dílů. Proto je požadováno, aby se měřilo skutečné složení výfukových ply-

nů po spalování a podle změřených odchylek se prováděla regulace vstřikovaného množství paliva, resp. upravovala tvorba směsi.

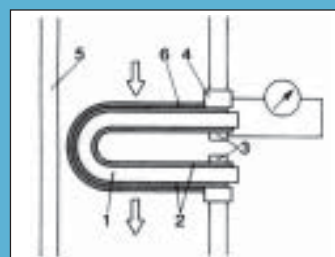
Složení výfukových plynů se měří lambda-sondou. Prostřednictvím signálu z lambda-sondy může řídicí jednotka měnit vstřikované množství a tím i složení směsi. Protože se jedná o uzavřený regulační obvod, hovoříme o regulaci (obr. 12).

Označení lambda-sonda pochází z řeckého písmena lambda (λ), které se v technice používá pro poměr mezi teoreticky potřebnou a skutečně přivedenou hmotností vzduchu.

$$\text{lambda} = \frac{\text{hmotnost přivedeného vzduchu}}{\text{teoretická potřeba vzduchu}}$$

Ve skutečnosti lambda-sonda měří zbytkový obsah kyslíku ve výfukových plynech. Na obr. 13 jsou znázorněny úrovně jednotlivých složek emisí v závislosti na velikosti součinitele přebytku vzduchu.

Pokud přiváděné množství vzduchu odpovídá teoretické potřebě ($\lambda = 1$), probíhá přesné (dokonalé) spalování s nejmenšími celkovými emisemi škodlivin. Je-li přiváděné množství vzduchu menší

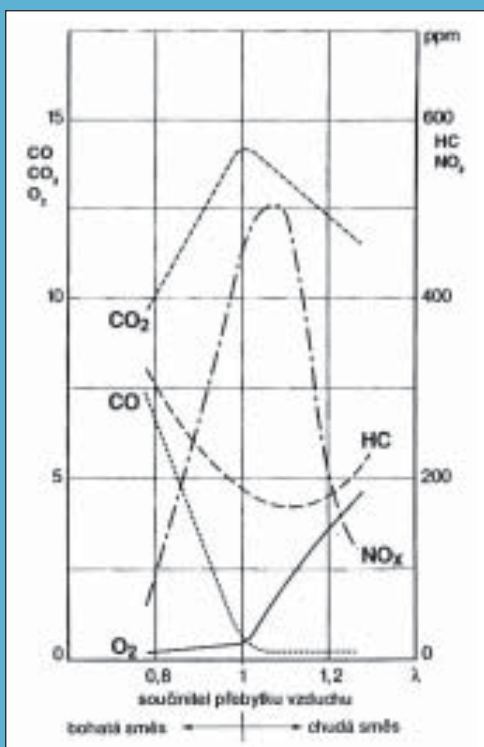


Obr. 14. Schematické uspořádání lambda-sondy ve výfukovém potrubí.

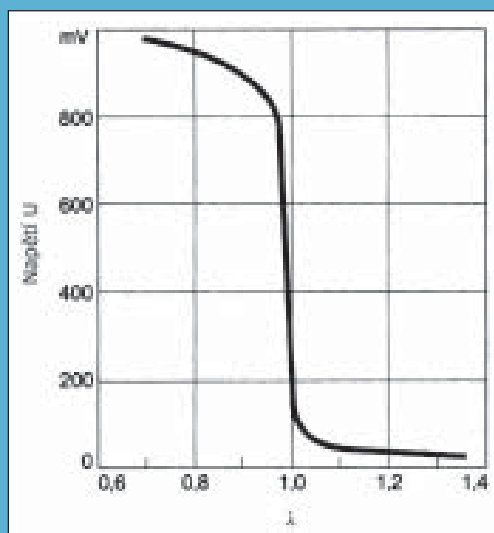
- 1 – keramické těleso sondy
- 2 – elektrody
- 3 – kontakt
- 4 – kontakty pouzdra
- 5 – výfukové potrubí
- 6 – porézní keramická ochranná vrstva

($\lambda < 1$), je směs příliš bohatá, při nadbytku vzduchu ($\lambda > 1$) příliš chudá. U měření lambda se často používá pojem množství vzduchu; správnější je však používat označení hmotnost vzduchu.

Řídicí jednotka pomocí lambda-integrátoru dodatečně reguluje vypočtenou dobu vstřiku. Je-li směs příliš bohatá, zkracuje se doba vstřiku (ochuzení), je-li příliš chudá, pak se prodlužuje (obohacení). Regulace probíhá nepřetržitě



Obr. 13. Složení emisí v závislosti na lambda.



Obr. 15. Napěťová charakteristika lambda-sondy pro pracovní teplotu 600 °C.



a kolísá zhruba v rozmezí ± 1 % kolem $\lambda = 1$. Pro tuto regulaci však existuje několik výjimek, tzv. zákazů regulace, aby nedošlo k negativnímu ovlivnění podmínek chodu motoru ve fázi spouštění motoru a chodu za tepla, při akceleraci a deceleraci a většinou i při provozu při plném zatížení.

Při výpadku signálu od lambda-sondy řídicí jednotka přepne na řízení v nouzovém režimu, o kterém je řidič většinou informován rozsvícením varovné kontrolky na přístrojovém panelu.

Úprava směsi

U moderních vstřikovacích systémů se signál z lambda-sondy používá také k tomu, aby se základní řízení vstřikovaného množství přizpůsobovalo (adaptovalo se) skutečným charakteristikám motoru.

Musí-li se vstřikované množství v určeném intervalu neustále dodatečně regulovat, řídicí jednotka to pozná a vezme v úvahu při dalším výpočtu doby vstřiku. Tak se pomocí lambda-integrátoru zmenšuje absolutní velikost potřebné korekce. Hodnotu pro adaptaci ukládá řídicí jednotka do pracovní paměti.

Při přizpůsobování směsi (adaptaci) se rozlišuje součtová (aditivní) a násobná (multiplikativní) adaptace. Při součtové adaptaci se k vypočtenému vstřikovanému množství přičítá nějaká konstantní odchylka. Často je to případ, kdy je např. kvůli nějaké závadě na těsnění přívodu vzduchu směs příliš chudá. Nasávané množství vzduchu je stále stejně veliké, nezávisle na otáčkách a zatížení motoru. Proto se musí ke vstřikovanému množství trvale přičítat určitá korekční hodnota. To účinkuje především při nízkých otáčkách a dolním intervalu neúplného zatížení.

Násobná adaptace se používá při závadách, které jsou závislé na otáčkách nebo na zatížení. Přitom se vypočtená základní doba vstřiku korekční hodnotou násobí. Může to být např. případ, kdy je tlak paliva příliš vysoký.

Součtová, resp. násobná adaptace může znamenat jak kladnou, tak i zápornou korekční hodnotu. Vysoké

adaptační hodnoty ukazují na mechanické opotřebení či na změny v motoru. Tato souvislost může pomoci při hledání závad. Stejně jako pro vlastní lambda-regulaci platí i pro adaptaci na programované mezní hodnoty.

|||▶ Při výpadku signálu lambda-sondy bere řídicí jednotka při řízení směsi v úvahu adaptační hodnoty. Ty jsou často uloženy v „dočasné“ paměti, tzn. že při přerušení napájecího napětí řídicí jednotka tyto adaptační hodnoty ztrácí. Při dalším provozu tak může docházet k neklidnému chodu motoru atd., dokud signály lambda-sondy řídicí jednotku znovu adaptační hodnoty „nenaučí“.

Konstrukce a funkce lambda-sondy

Standardní lambda-sonda se skládá z keramického článku z dioxidu zirkoničitého (ZrO_2), potaženého tenkou platinovou vrstvou, která je propustná pro plyny. Na straně, jež přichází do styku s výfukovými plyny, je navíc opatřena ještě porézní keramickou ochrannou vrstvou. Nad ní umístěná ochranná trubice se štěrbinami zabraňuje mechanickému poškození (obr. 14).

Dioxid zirkoničitý se při různých koncentracích kyslíku ve výfukových plynech a při vyšších teplotách (> 300 °C) chová jako galvanický článek a vytváří elektrické napětí. Je-li na opačných stranách sondy různý podíl kyslíku, vzniká

mezi oběma hraničními plochami elektrické napětí. To je měřítkem pro rozdíl podílu kyslíku na obou stranách lambda-sondy.

Výfukové plyny, jako směs spalin ze všech válců, proudí kolem lambda-sondy našroubované ve výfukovém potrubí. Zbytkový kyslík ve výfukových plynech a kyslík v okolním vzduchu, který se nachází uvnitř sondy, vybuzují v důsledku rozdílné koncentrace kyslíku (parciálního tlaku kyslíku) na keramickém článku sondy napětí, které se kontaktem a stíněným vedením přivádí na řídicí jednotku.

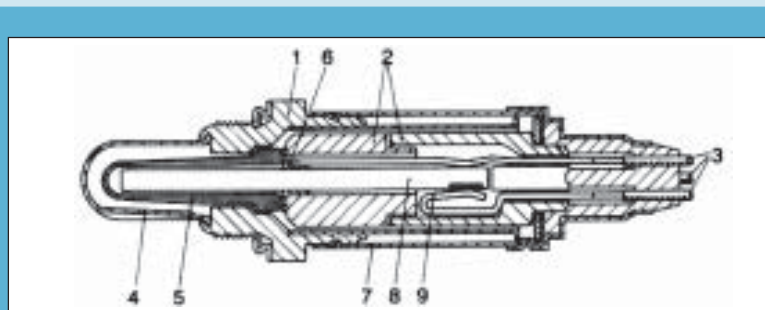
Sonda je zkonstruována tak, že při $\lambda = 1$ vzniká skokový pokles generovaného napětí (obr. 15).

Hodnota napětí dodávaného lambda-sondou je při $\lambda = 1$ asi 450 mV, při bohaté směsi asi 800 mV a při chudé směsi asi 150 mV.

Protože složení směsi při normální funkci neustále kolísá kolem $\lambda = 1$, kolísá ve výše uvedeném intervalu neustále i napětí.

Kromě obsahu kyslíku ve výfukových plynech má významnou roli rovněž teplota keramického tělesa lambda-sondy, protože je na ní silně závislá vodivost kyslíku. Průběh napětí je tedy kromě samotné hodnoty lambda ovlivněn teplotou, stejně jako reakční doba změny napětí související se složením směsi.

Optimální provozní teplota sondy se pohybuje okolo 600 °C. Protože této teploty nelze vždy i při správném umístění sondy ve výfukovém potrubí dosáhnout, resp. udržet ji za všech



Obr. 16. Vyhřívaná lambda-sonda.

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1 – pouzdro sondy | 6 – kontaktní část |
| 2 – keramická ochranná trubice | 7 – ochranná objímka |
| 3 – přípojovací kabel | 8 – topný článek |
| 4 – ochranná trubice se štěrbinami | 9 – svorky pro elektrické připojení topného článku |
| 5 – aktivní keramika sondy | |

provozních podmínek, používá se často vyhřívána lambda-sonda (obr. 16). Vyhříváním tělesa lambda-sondy se rychleji dosahuje její provozní teploty (tzn. že je možná dřívější regulace směsi) a přesnějšího udržení (tzn. že je možné přesnější měření a přesnější regulace). Kromě toho lze sondu umístit dále od motoru a zabránit tak jejímu přehřívání.

Funkci lambda-sondy lze zkusit speciálním měřicím přístrojem, ale také měřením napětí. Neustále se měnící napětí při běžícím motoru signalizuje její funkci dostatečně přesně. Přitom je třeba dbát na to, že řídicí jednotka dodává trvalé stejnosměrné napětí asi 475 mV jako součást vyhodnocovacího obvodu, který v řídicí jednotce slouží k přesnější regulaci. Proto je nutno při prostém měření napětí lambda-sondy od řídicí jednotky odpojit. Motor, lambda-sonda a katalyzátor přitom musí být zahřáty na provozní teplotu.

Při hledání závad je třeba zkontrolovat, není-li stínění vedení signálu poškozeno a má-li dobré připojení na kostru. I samotná lambda-sonda potřebuje dostatečné napájení přes kostru, ať již samostatným kabelem nebo s využitím výfukového potrubí. Na to je třeba dávat pozor především u automobilů s vyšším počtem najetých kilometrů.

U zahřáté lambda-sondy se dále kontroluje topný článek pomocí měření odporu a ohřívání pomocí měření proudu. Napájení ohřevu sondy se většinou spíná pomocí relé.

Vizuálně je vhodné zkontrolovat, že do lambda-sondy může vstupovat okolní vzduch, tzn. že její „dýchací otvory“ nejsou ucpané. Při mytí vozidla se do nich nesmí voda dostat.

Keramika sondy nesmí být pokryta žádnými usazeninami. Příčinou tzv. otravy lambda-sondy může být olovnatý benzin (u sondy, která není proti olovu odolná), při nadměrné spotřebě oleje i olej nebo chladicí kapalina.

Lambda-sonda s oxidem titaničitým

Funkce i konstrukce lambda-sondy z oxidu titaničitého je v podstatě stejná jako u sondy s dioxidem zirkonič-

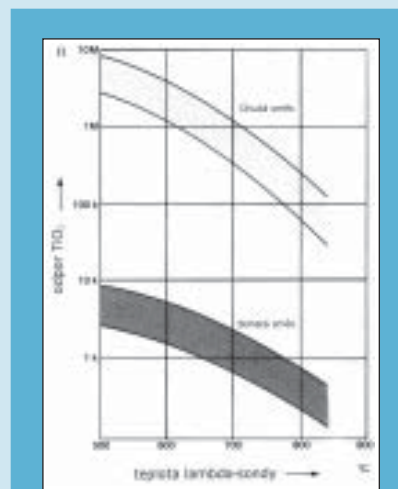
tým. Rozdíl spočívá pouze v tom, že oxid titaničitý použitý jako keramika sondy nereaguje na různou koncentraci kyslíku jako galvanický článek, tzn. že nevytváří elektrické napětí, nýbrž se skokově mění jeho odpor (obr. 17).

U tohoto typu lambda-sondy řídicí jednotka dodává napětí a na základě jeho úbytku rozpoznává složení výfukových plynů. Navíc řídicí jednotka podle úbytku napětí rozpoznává i teplotu sondy a příslušně reguluje její ohřívání pomocí taktování vyhřívacího proudu (vypínání a zapínání přívodu elektrického proudu) (obr. 18).

Tuto sondu lze zkusit měřením elektrického odporu. Případně nesprávné fungování lze, stejně jako u lambda-sondy s dioxidem zirkoničitým, přecíst také s využitím paměti závad v řídicí jednotce vstřikování a diagnostického rozhraní ke zkušebnímu přístroji.

Motronic

Pro výpočet okamžiku zapalování a množství vstřikované směsi (stejně jako okamžiku vstřiku) se sleduje provozní stav motoru pomocí několika snímačů. Toto sledování provozního stavu je nutné jak pro systém zapalování, tak i pro systém vstřikování paliva, a proto se provádí několika společnými čidly. Kromě toho se zapalování a vstřikování také vzájemně ovlivňují. Při dalším vývoji těchto systémů je proto pouze logic-

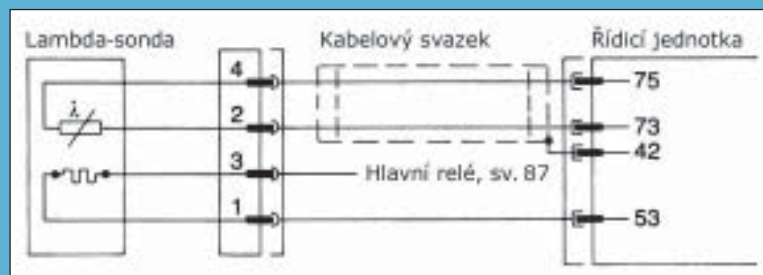


Obr. 17. Odpor lambda-sondy z TiO_2 .

kým důsledkem, že jsou funkce zapalování a vstřikování spojeny v jediné řídicí jednotce. Šetří se tak „dublované“ sledování a zjednodušuje se přenos a vyhodnocování dat.

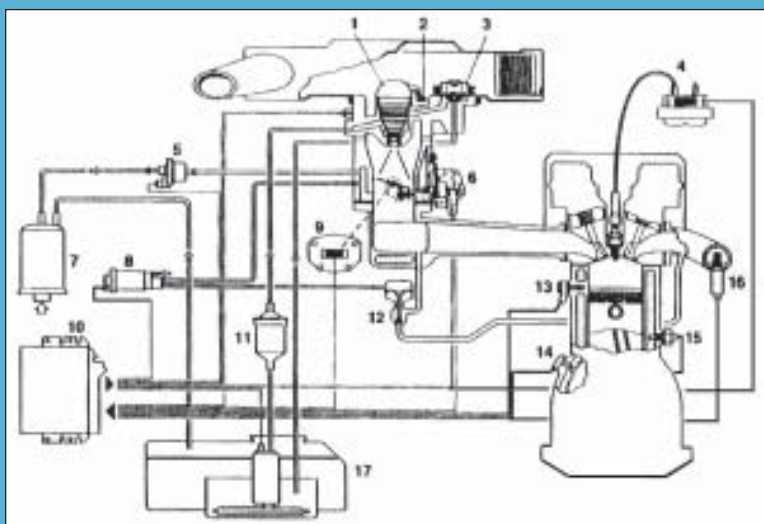
U těchto systémů jde o kombinaci elektronického, případně plně elektronického zapalování s elektronicky řízeným nebo regulovaným vstřikováním. Přitom zde existuje velké množství různých variant, které však vždy vycházejí ze základních systémů zapalování, resp. vstřikování – např. Mono-Motronic, KE-Motronic atd.

Motronic je integrovaný systém nízkotlakého vstřikování paliva s integrovaným elektronickým zapalováním. Díky tomu je možné vzájemně optimalizovat odměřování paliva a řízení zapalování. Systém vstřikování paliva



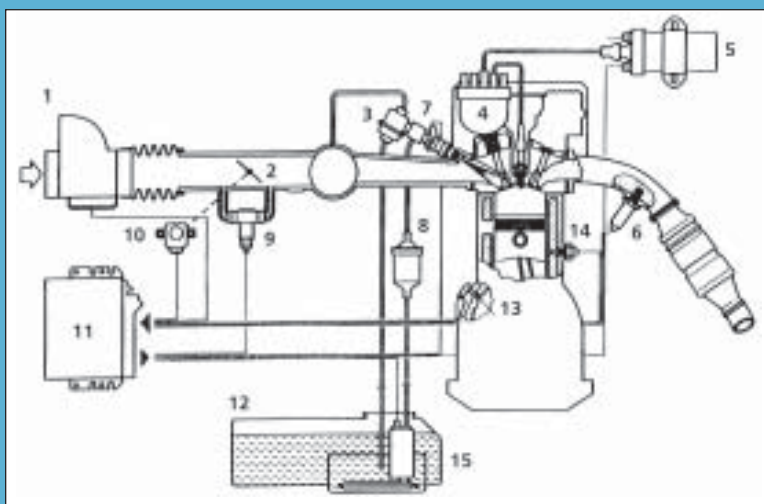
Obr. 18. Připojení, vyhodnocení a ovládání lambda-sondy. Obsazení konektorů:

| | |
|--|-------------------------|
| Lambda-sonda: | Řídicí jednotka: |
| pin 1 – vedení pro řízení vytápění a stínění | pin 42 – stínění |
| pin 2 – napájecí vedení | pin 53 – výstup |
| pin 3 – napájení snímače | pin 73 – výstup |
| pin 4 – signál ze snímače | pin 75 – vstup |



Obr. 19. Schéma systému Mono-Motronic.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1 – vstříkací ventil | 10 – řídicí jednotka |
| 2 – snímač teploty vzduchu | 11 – palivový filtr |
| 3 – regulátor tlaku paliva | 12 – ventil recirkulace spalin |
| 4 – zapalovací cívka | 13 – snímač klepání |
| 5 – regenerační ventil | 14 – snímač otáček motoru |
| 6 – nastavovač škrticí klapky | 15 – snímač teploty motoru |
| 7 – nádrž s aktivním uhlím | 16 – lambda-sonda |
| 8 – nastavovač tlaku | 17 – elektrické palivové čerpadlo |
| 9 – potenciometr škrticí klapky | |



Obr. 20. Schéma systému Motronic ML.

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 – měřič množství nasátého vzduchu se snímačem teploty | 8 – palivový filtr |
| 2 – škrticí klapka | 9 – nastavovač volnoběhu |
| 3 – regulátor tlaku paliva | 10 – spínač škrticí klapky |
| 4 – vysokonapěťový rozdělovač | 11 – elektronická řídicí jednotka |
| 5 – zapalovací cívka | 12 – palivová nádrž |
| 6 – lambda-sonda | 13 – snímač otáček motoru |
| 7 – vstříkací ventil | 14 – snímač teploty motoru |
| | 15 – elektrické palivové čerpadlo |

vychází z výše uvedeného systému Mono-Jetronic. Zapalování řídí elektronická řídicí jednotka a existují dva způsoby

rozdělování vysokého napětí – první, klasický s rozdělovačem, druhý, plně elektronický s tzv. přímým zapalováním, tj.

bez rozdělovače. Řídicí jednotka přivádí primární proud do cívky, v které se vytváří vysoké napětí. Vývod z cívky je napojen přímo na svíčku válce a problematické rozdělování vysokého napětí přes rozdělovač tak odpadá.

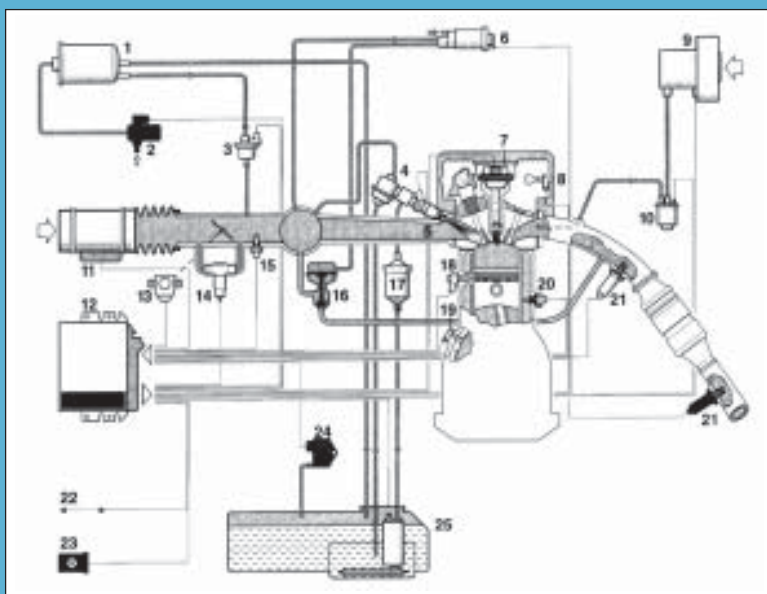
Řídicí jednotka obsahuje mikropočítač, vybavený pamětovou jednotkou, která umožňuje uložit řadu polí charakteristik a konstant. Pole charakteristik se např. používají pro řízení úhlu sepnutí a předstihu, fáze zahřívání, obohacení pro akceleraci, pro lambda-regulaci a pro cirkulaci spalin.

Výhody systému Motronic spočívají ve společné optimalizaci zapalování a tvorby směsi, v menších nákladech na řídicí jednotky a ve společném využití snímačů.

Vedle již dříve zmíněných vlastností moderních systémů vstříkávání paliva a elektronického zapalování, jako jsou přizpůsobení provozním stavům nebo lambda-regulace, byly v systémech Motronic integrovány doplňkové funkce, jako omezování otáček, ovládání palivového čerpadla, vypínání klidového proudu, regulace klepání, regulace tlaku přeplňování u přeplňovaných motorů, elektronické řízení převodovky, režim stop-start, elektronický pedál akceleračního, recirkulace spalin, od-vzdušnění palivové nádrže a další.

Pro nastavování volnoběžných otáček a emisí CO platí stejné zásady jako pro systém L-Jetronic. Většina systémů Motronic používá regulaci volnoběhu. Emise CO se nastavují pouze u systému bez lambda-regulace, podle vybavení – seřizovacím šroubem u měřiče množství vzduchu nebo potenciometrem měřiče množství vzduchu, popř. hmotnosti nasátého vzduchu.

Provozní údaje o stavu motoru dává Motronic k dispozici i pro další elektronické systémy, např. elektronické řízení převodovky nebo regulaci prokluzování hnacích kol. Na základě těchto signálů však mohou být pomocí Motronicu prováděny i zásahy do řízení motoru, např. seřizování úhlu předstihu zážehu při řazení automatické převodovky nebo při regulaci prokluzování hnacích kol. Obrázky 19, 20 a 21 ukazují tři základní systémy – Mono-Motronic, Motronic ML a Motronic M5.



Obr. 21. Schéma systému Motronic M5.

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 – nádrž s aktivním uhlím | 13 – snímač škrticí klapky |
| 2 – uzavírací ventil | 14 – nastavovač volnoběhu |
| 3 – regenerační ventil | 15 – snímač teploty vzduchu |
| 4 – regulátor tlaku paliva | 16 – ventil recirkulace spalin |
| 5 – vstřikovací ventil | 17 – palivový filtr |
| 6 – nastavovač tlaku | 18 – snímač klepání |
| 7 – zapalovací cívka | 19 – snímač otáček motoru |
| 8 – fázový snímač vačkové hřídele | 20 – snímač teploty paliva |
| 9 – čerpadlo sekundár. vzduchu | 21 – lambda-sonda |
| 10 – ventil sekundár. vzduchu | 22 – diagnostické rozhraní |
| 11 – měřič množství nasátého vzduchu | 23 – diagnostická kontrolka |
| 12 – řídicí jednotka | 24 – snímač diferenčních tlaků |
| | 25 – elektrické palivové čerpadlo |

Další možné funkce v různých variantách systému Motronic

Regulace volnoběhu (obr. 22) je realizována téměř ve všech variantách Motronicu, ale už i u mnoha dalších vstřikovacích systémů. Ovladač otáček při volnoběhu, umístěný v obtoku škrticí klapky, mění množství vzduchu při chodu na volnoběh tak, aby se nastavil požadovaný (naprogramovaný) počet otáček.

Režim volnoběhu (zavřená škrticí klapka) je řídicí jednotce signalizován pomocí kontaktu na spínači škrticí klapky nebo prostřednictvím hodnoty odporu na potenciometru škrticí klapky. Pro dané teploty motoru jsou naprogramovány pevně stanovené počty otáček. Řídicí jednotka porovnává skutečné otáčky s naprogramovanými hodnotami a přes akční člen je reguluje tak dlouho, dokud nejsou skutečná a požadovaná hodnota v souladu.

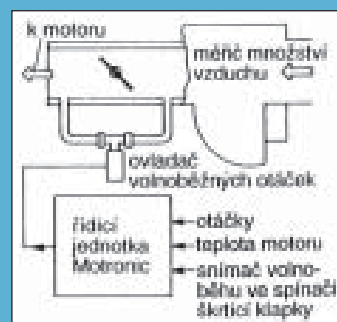
Ovladač otáček volnoběhu (obr. 23) mění na základě signálu řídicí jednotky Motronic průřez v obtoku škrticí klapky. K motoru se tak při volnoběhu dostává větší nebo menší množství nasávaného vzduchu. Protože se měření množství, resp. hmotnosti přiváděného vzduchu provádí i při volnoběhu, dostává se podle toho k motoru také více nebo méně paliva. S tím je sladěno i zapalování.

Ovladač otáček volnoběhu se skládá ze dvou cívek, které jsou řídicí jednotkou střídavě zapojovány. V důsledku setrvačnosti ovladače se tak vždy nastaví určitý úhel otevření, který odpovídá střídě.

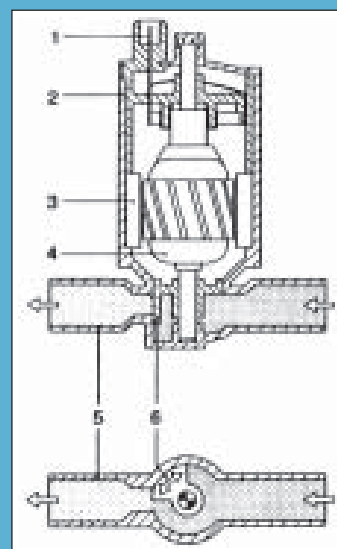
Změnou hodnoty střídavy v intervalu 20 až 80 % určuje řídicí jednotka úhel otevření a tím také otáčky při volnoběhu. U nezatíženého motoru po zahřátí na provozní teplotu činí střída asi 25 %. Zbývají tak dostatečné rezervy motoru

pro studený start, zatížení motoru atd. Jednoduché konstrukce ovladače počtu otáček při volnoběhu mají pouze jednu cívku, druhá pak bývá nahrazována pružinou. Jejich funkce je stejná jako u ovladačů se dvěma cívkami.

Regulace volnoběhu je dnes větší adaptivní, tzn. že jsou řídicí jednotkou pomocí nových adaptovaných (upravených) hodnot kompenzovány i změny vyvolané opotřebením motoru. Tyto upravené hodnoty se při přerušení trvalého napájení (odpojení akumulátoru nebo vytažení konektoru řídicí jednotky) ztrácejí. Tak může dojít ke snížení komfortu, resp. výkonu

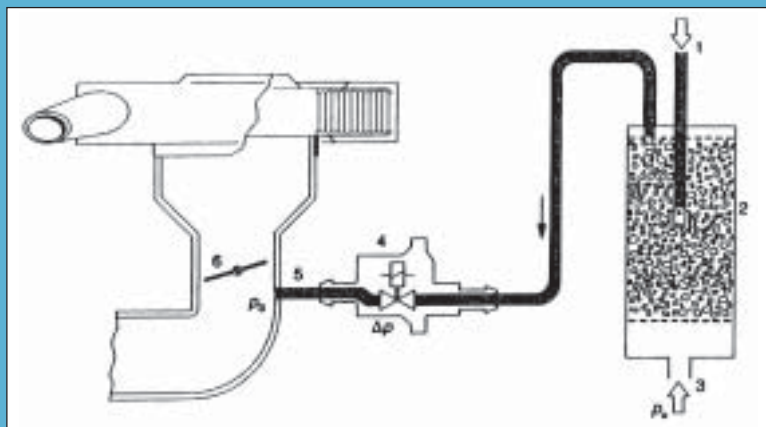


Obr. 22. Schéma regulace plnění při volnoběhu.



Obr. 23. Ovladač počtu otáček při volnoběhu.

- | |
|---|
| 1 – elektrická přípojka |
| 2 – pouzdro |
| 3 – trvalý magnet |
| 4 – kotva |
| 5 – vzduchový kanál jako obtok škrticí klapky |
| 6 – šoupátko |



Obr. 24. Systém pro zachycování odpařeného paliva.

- 1 – přívod paliva do zásobníku s aktivním uhlím
- 2 – zásobník s aktivním uhlím
- 3 – čerstvý vzduch
- 4 – ventil regenerátoru
- 5 – vedení k sacímu potrubí

- 6 – škrtkicí klapka
- p_s – tlak v sacím potrubí
- p_u – tlak v okolní atmosféře
- Δp – rozdíl tlaku v sacím potrubí a v okolní atmosféře

motoru, které trvá do té doby, než se nastaví nové adaptované hodnoty.

Téměř standardem je dnes u systému Motronic i řízení zásobníku s aktivním uhlím jako doplňkové funkce pro třicestné katalyzátory s lambda-regulací (viz předchozí text). Výpary paliva vznikající v palivové nádrži se nenechávají jednoduše unikat do volného prostoru, nýbrž se hadičkou přivádějí do zásobníku naplněného aktivním uhlím. Zde se palivo filtruje (obr. 24).

Aby se aktivní uhlí mohlo znovu regenerovat, musí být zásobník proplachován čerstvým vzduchem. Proto se při běžícím motoru dočasně otevírá pulzní ventil a podtlakem v sacím potrubí nasává přes zásobník s aktivním uhlím čerstvý vzduch. Částice paliva vázané aktivním uhlím se přitom rozpouštějí, nasávají a jsou spalovány v motoru.

Pulzní ventil spojený se svorkou 30 je na straně kostry napájen přes řídicí jednotku vstřikování. Neprochází-li proud, je ventil otevřen. Při běžícím motoru je zavřen a teprve po dosažení určité teploty motoru (většinou nad 60 °C) se dočasně (v taktu) otevírá. Takt otevírání je určován řídicí jednotkou v závislosti na poloze škrtkicí klapky a na signálu od lambda-sondy. Po zastavení motoru zůstává ventil ještě několik vteřin uzavřen, aby se zabránilo samozápalu.

Ovládání pulzního ventilu pro zásobník s aktivním uhlím, často zjednodušeně nazývaný ventilem pro odvětrávání palivové nádrže, je většinou také adaptivní, tzn. že takt otvírání je řídicí jednotkou upravován při změně provozních podmínek motoru.

Kromě pulzního ventilu zásobníku s aktivním uhlím mohou být pomocí Motronic ovládány i další magnetické ventily. Využitím těchto ventilů mohou být realizovány funkce přestavování vačkové hřídele, recirkulace výfukových plynů, regulace plnicího tlaku u přeplňovaných motorů a další. Přitom Motronic otevírá nebo zavírá příslušný magnetický ventil podle předem

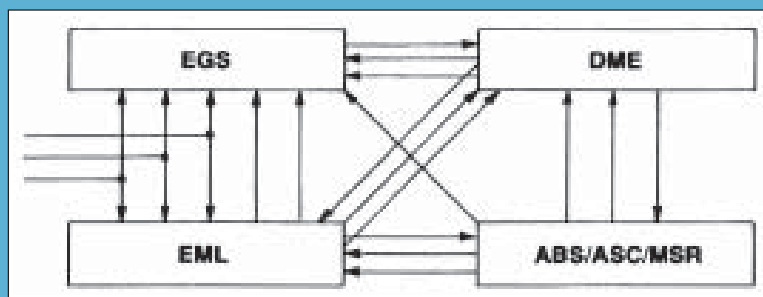
naprogramovaných hodnot v závislosti na provozním stavu motoru a ovlivňuje tak podtlak sání nebo tlak oleje působící na příslušný konstrukční díl.

Ovládání těchto ventilů většinou probíhá v hysterezním režimu, to znamená, že hodnoty pro zapnutí a vypnutí se liší, aby se zabránilo kmitání ovládacího systému při určitém počtu otáček.

Analogicky může Motronic ovládat různá relé, např. relé kompresoru klimatizace, relé vytápění lambda-sondy atd. To se většinou provádí pomocí signálu pro řídicí obvod relé přicházejícího z kostry.

Další funkcí Motronicu může být komunikace (přenos dat) s jinými systémy. Na jedné straně je to přenos informací (údajů) o provozním stavu motoru, např. td-signal pro měření otáček, požadované hodnoty nastavení úhlu škrtkicí klapky pro regulaci prokluzování kol a řídicí jednotku automatické převodovky atd. U těchto signálů jde převážně o obdélníkové impulzy a jejich hodnotu lze měřit pomocí střídly.

Druhou stranou této komunikace je však také zaznamenávání a zpracovávání signálů z jiných systémů, např. při změně nastavení úhlu zapalování při řazení, přerušení zapalování a vstřikování při regulaci prokluzování pohonu atd. Tyto signály jsou rovněž převážně obdélníkové, jsou však dodávány jen po velmi krátkou dobu (např. pouze při nutném zásahu). Jejich simulace a měření jsou proto v praxi těžko proveditelné. Případnou



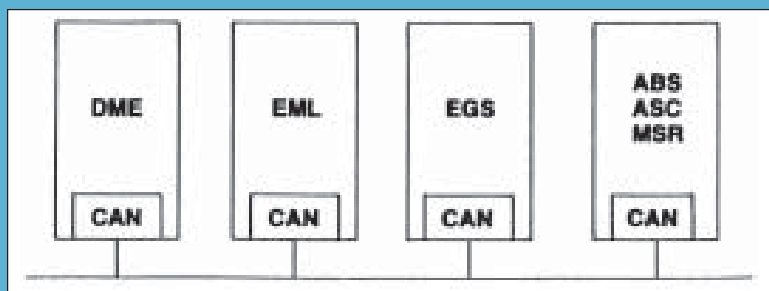
Obr. 25. Běžné propojení řídicích jednotek.

EGS – elektronické řízení převodovky

DME – digitální elektronika motoru

EML – elektronické řízení výkonu motoru

ABS/ASC/MSR – systém ABS/řízení prokluzování/regulace momentu motoru



Obr. 26. Propojení řídicích jednotek pomocí sběrnice CAN-Bus.

nesprávnou funkci zde lze diagnostikovat pouze pomocí vlastní diagnostiky řídicí jednotky. Poruchy se stejně jako u předchozího systému ukládají do paměti závad.

Vzájemná komunikace jednotlivých systémů vyžaduje propojení. Velký počet spojovacích vedení existuje zejména u systémů, které si navzájem předávají velké množství údajů (obr. 25). Jiným způsobem přenosu dat je propojení jednotlivých řídicích jednotek pomocí datové sběrnice.

Právě díky propojení řídicích jednotek pomocí sběrnice CAN (Controller Area Network) je počet vedení redučován na minimum (obr. 26). Sběrnice CAN může být velmi zjednodušeně přirovnána k telefonnímu zařízení. Mezi řídicími jednotkami lze v digitálním tvaru přenášet až milion údajů za sekundu. Jejich transformace na signály analogové není nutná. Jednotlivé moduly CAN v řídicích jednotkách se navzájem během svojí činnosti kontrolují.

U systému Motronic M3, který bude popsán v následujícím textu, jde např. už o základní součást řídicí jednotky.

Motronic 3.3

Jedním z moderních a nejobsáhlejších systémů řízení motoru je i systém Motronic 3.3, který tvoří dva podsystémy. Zapalování je plně elektronické s trvalým rozdělováním vysokého napětí. Dílčí systém vstřikování představuje přerušované, plně sekvenční vstřikování s měřením hmotnosti vzduchu.

Vstupy a výstupy řídicí jednotky

Konektor řídicí jednotky Motronic 3.3 obsahuje celkem 88 pólů. Pinem 56 je

k řídicí jednotce připojen kladný pól akumulátoru přes svorku 15, na pin 27 je připojeno ukostnění. Tím je přes pin 54 a hlavní relé zabezpečeno napájení pracovním proudem. Tímto jisticím obvodem je při přerušení na svorce 15 (např. při nehodě) okamžitě odpojena řídicí jednotka od zdroje napájení a motor se zastaví.

Pin 26 je obsazen trvalým plusovým pólem pro paměť závad a veškeré uložené adaptované hodnoty.

Piny 6, 28, 34, 45, 55 a 71 jsou určeny pro spojení různých čidel a koncových stupňů s kostrou.

Na piny 16 a 43 jsou připojeny snímače referenčních hodnot. Při výpadku některého signálu je vyhodnocen signál od vačkové hřídele pro stanovení počtu otáček a referenční hodnotu. Chování motoru a jeho reakce se přitom sice zhorší, nastaví se však dostatečně kvalitní nouzový chod.

Signál z čidla vačkové hřídele je přiváděn přes piny 17 a 44. Při výpadku signálu z čidla vačkové hřídele (není už nadále možné dodržování pořadí válců) se provede přepnutí na paralelní jednostupňový provoz. To znamená, že se vždy současně ovládají dvě zapalovací cívky a dva vstřikovací ventily pro válce, jejichž písty se nacházejí v horní úvratí. Jedna jiskra je tak „pracovní“, druhá „slepá“. Dva vstřikovací ventily vstřikují při každé otáčce klikové hřídele vždy poloviční množství paliva. Přitom se zhoršuje pravidelnost chodu motoru. Při výpadku obou signálů (z čidla vačkové hřídele, referenční hodnota) není nouzový chod možný.

Přes pin 41 získává řídicí jednotka signál z měřiče hmotnosti vzduchu a hmotnosti nasávaného vzduchu.

Pin 14 zabezpečuje spojení na kostru. Při výpadku tohoto signálu může Motronic vypočítat množství nasávaného vzduchu z úhlu otevření škrticí klapky (pin 73) a z počtu otáček (viz řízení α/n).

Spotřeba paliva a provozní charakteristiky motoru se zhoršují, stejně jako při výpadku signálu o úhlu otevření škrticí klapky, protože např. otevření škrticí klapky při akceleraci předbíhá signál o hmotnosti vzduchu, a proto je obohacování směsi při akceleraci zahájeno dříve. Při výpadku signálu o hmotnosti vzduchu a signálu o úhlu otevření škrticí klapky je možný jen velmi omezený nouzový provoz. Řídicí jednotka pak přiřazuje doby vstřikování pevně stanovené pro daný počet otáček.

Sledování teploty motoru jde přes pin 78. Pokud je tento signál mimo určené tolerance nebo když chybí, použije řídicí jednotka naprogramovanou náhradní hodnotu (přibližnou provozní teplotu). Při startu je po několika sekundách používána hodnota z čidla teploty nasávaného vzduchu.

Teplota nasávaného vzduchu (pin 77) je zapotřebí jen krátce během startování, protože v jeho průběhu není signál z měřiče hmotnosti vzduchu dostatečně přesný v důsledku chvění vzduchu. Výpadek signálu teploty nasávaného vzduchu se proto projeví pouze během startování.

U systému Motronic 3.3 lze připojit dvě lambda-sondy (piny 13, 40, 12 a 39), které ovlivňují tvorbu směsi vždy pro jednu řadu, resp. skupinu válců. Při výpadku některé lambda-sondy se závislé válce přepnou na řízení, při kterém jsou brány v úvahu adaptované hodnoty, uložené v paměti. Pomocí kontroly zapalovacího okruhu (pin 15) poznává řídicí jednotka správnou funkci zapalování. Pokud je u některého válce signalizováno, že několik po sobě jdoucích zapálení nebylo v pořádku, pak se u něj vypne vstřikování, aby se zabránilo zničení katalyzátoru, případně i požáru. Motor pak běží na menší počet válců.

Pomocí až čtyř snímačů detonačního spalování (tzv. klepání motoru) – piny 70, 69, 68, 67 – lze rozpoznat detonační hoření na každém jednotlivém válci a korigovat podle toho oka-



mžik zážehu v příslušném válci. Jde o selektivní regulaci klepání motoru.

Protože je signál o detonačním spalování přiřazen vždy příslušnému válci, ve kterém právě probíhá zapalování, nesmí být zaměněna vedení z různých snímačů klepání. To by mohlo vést k poškození motoru, protože by případné klepání bylo přiřazeno nesprávnému válci. Regulace klepání motoru je také zde adaptivní, protože je identifikováno případné zvýšení základní úrovně hluchnosti jako důsledek opotřebení a nikoliv jako detonační spalování.

Pomocí signálu rychlosti (obdélníkový signál na pinu 42) může Motronic při předem naprogramované nejvyšší rychlosti omezovat rychlost. Kromě toho může být tohoto signálu využito k tomu, aby se při plné akceleraci z nízké rychlosti vypnuly některé spotřebiče (např. kompresor klimatizace).

Informace „klimatizační zařízení zapnuto/vypnuto“ (pin 64), resp. „kompresor klimatizace zapnuto/vypnuto“ (pin 81) ovlivňují regulaci při volnoběhu a vyvolávají zvýšení počtu otáček.

Třemi signálními vedeními (piny 62, 82, 83) jsou řídicí jednotkou regulace prokluzování pohonu vyvolávány zásahy do řízení motoru.

Signálem alarmu (pin 66) se při krádeži přerušuje vstřikování, resp. zapalování (není možné nastartovat). Zhruba od volnoběžných otáček není na tento signál brán ohled, aby se zabránilo závadám při jízdě v případě poruch.

Stínění sběrnice CAN přichází na pin 84. Pomocí pinu 60 je řídicí jednotka programována ve výrobním závodě, pin 61 slouží ke kontrole programování a piny 87 a 88 tvoří rozhraní pro diagnostiku.

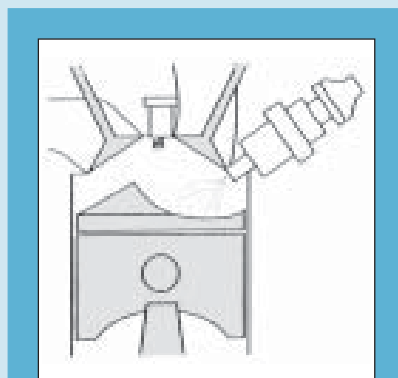
Na pin 1 je přiváděn signál z kostry pro aktivaci relé elektrického palivového čerpadla, jakmile řídicí jednotka dostane signál počtu otáček (jistící obvod pro případ nehody).

Na pin 37 je také přiváděn signál od kostry, jmenovitě pro aktivaci relé vytápění lambda-sondy.

Přes pin 48 lze odpojit kompresor klimatizace, přes pin 36 je přes kosturu napájen pulzní ventil pro proplachování zásobníku s aktivním uhlím.

Požadovaná hodnota otevření škrticí klapky pro regulaci prokluzování pohonu je přivedena na pin 20. Piny 2 a 29 jsou určeny pro regulaci chodu volnoběh, otvírací a zavírací cívkou.

Piny 3, 4, 5, 7, 31, 32, 33 a 35 slouží pro aktivaci až osmi jednotlivých vstřikovacích ventilů (plně sekvenční vstřikování). Ve fázi startu jsou krátkodobě aktivovány všechny současně – pro vytvoření tenkého filmu na stěnách a pro obohacení směsi při startu. Při výpadku některého koncového stupně v řídicí jednotce může aktiva-



Obr. 27. Konstrukce spalovacího prostoru motoru s přímým vstřikováním benzínu.

ci příslušného vstřikovacího ventilu převzít některý ze sousedních.

To samé platí pro až osm jednotlivých zapalovacích cívek (piny 25, 24, 23, 22, 52, 51, 50 a 49).

Ve fázi startování jsou společně aktivovány dvě zapalovací cívkou, v jejichž válci se písty nacházejí v horní úvrti. Tím se dosahuje zkrácení doby startu. Ke zdvojené aktivaci dochází také při výpadku čidla vačkové hřídele.

Na pin 11 je rovněž přiveden výstup pro signál úhlu otevření škrticí klapky pro jiné řídicí jednotky.

Pin 47 přivádí td-signál pro měřič počtu otáček a případně pro jiné řídicí jednotky.

Na pinu 46 je výstup ti-signálu rovněž pro ostatní řídicí jednotky, resp. pro kombinované zařízení pro aktivaci indikátoru spotřeby paliva nebo pro palubní počítač pro výpočet spotřeby.

Přes pin 59 je napájen např. potenciometr škrticí klapky. Pin 8 může aktivovat signalizaci závad, udávající kód závady.

Pomocí pinů 85 a 86 je možné spojení sběrnice CAN s jinými řídicími jednotkami. Mohou tak být přenášeny informace o počtu otáček motoru, zatížení a teplotě motoru, o úhlu otevření škrticí klapky, úhlu předstihu zážehu nebo předstřiku, rychlosti automobilu, zvoleném programu jízdy atd.

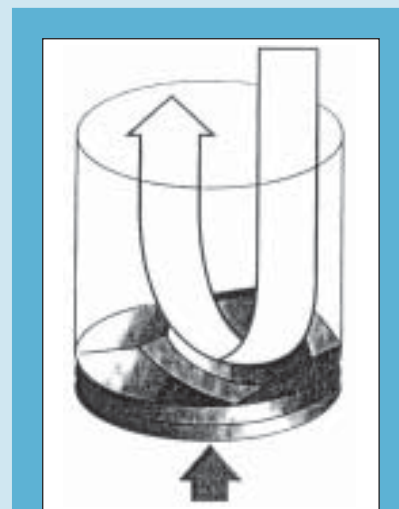
Další systémy vstřikování benzínu

Při popisu technických systémů vstřikování benzínu byl princip činnosti osvětlován pouze na systémech společnosti Bosch. Existují však další technická řešení ostatních výrobců (Siemens, GM, Marelli, Ford, Mitsubishi, Nippon Denso, Fenix, Hitachi, V. A. G., Hella, Renix, Subaru, Suzuki, Nissan, Honda), která jsou principiálně velmi podobná.

Přímý vstřik benzínu

Technické řešení přímého vstřiku benzínu je spojeno se značkou Mitsubishi. Pod názvem GDI (Gasoline Direct Injection) představila v roce 1996 (v České republice poprvé na podzim roku 1997) nový čtyřválcový motor o objemu 1,8 l, který disponuje výkonem 92 kW (125 k) při 5500 min⁻¹ a točivým momentem 174 Nm při 3750 min⁻¹.

GDI spojuje princip vznětového a zážehového motoru. Je to zážehový motor, ovšem palivo je vstřikováno při-



Obr. 28. Hlavní směr proudění vzduchu ve válci.

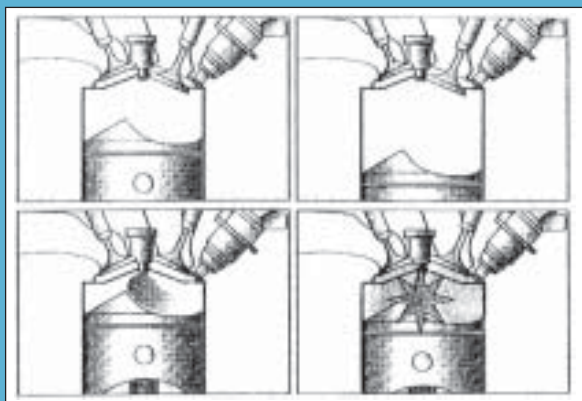
mo do válce, kde také dochází k jeho smísení se vzduchem (obr. 27).

Popis funkce

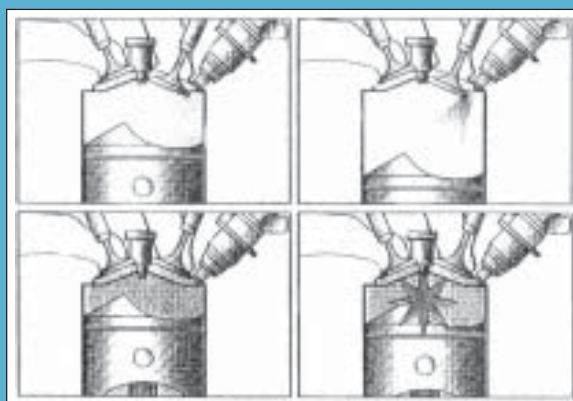
Motor Mitsubishi GDI pracuje ve dvou základních režimech. První režim je tzv. úsporný (Ultra-Lean Combustion Mode) a druhý výkonný (Superior Output

se používá v případě, že je třeba dosáhnout vysokého výkonu a velkého točivého momentu při velmi nízkých otáčkách (při startování a rozjíždění se studeným motorem). U tohoto režimu je malé množství paliva vstříknuto v průběhu sacího zdvihu a další větší množství při zpětném pohybu pístu těsně před zážehem. Tak lze dosáhnout kompresního

větší než u klasického zážehového motoru; vysokotlaká rozprašovací vstříkovač tryska, která mění tvar kužele paliva podle okamžitého režimu provozu; píst s prohloubenou a rozšířenou částí, která umožňuje směřovat proud směsi rovnoběžně s osou válce. Díky tomuto uspořádání lze spalovat chudou směs v úsporném režimu provozu.



Obr. 29. Spalovací cyklus při úsporném režimu.



Obr. 30. Spalovací cyklus při výkonném režimu.

Mode). Jak je vidět na obr. 28, nasávaný vzduch proudí svisele shora do spalovacího prostoru vertikálním sacím kanálem. V úsporném režimu (obr. 29), který je charakteristický běžným městským provozem a jízdou po dálnici, tedy podmínkami, kdy není potřeba okamžitý vysoký výkon motoru, pracuje motor s využitím chudé směsi. Palivo je vstříkováno přímo k prohloubené části pístu až těsně před zážehem. Směs si tak udrží svoji kompaktní formu těsně před zapalovací svíčkou a hoří homogenním plamenem, přestože je ve skutečnosti velmi chudá (až 40 : 1).

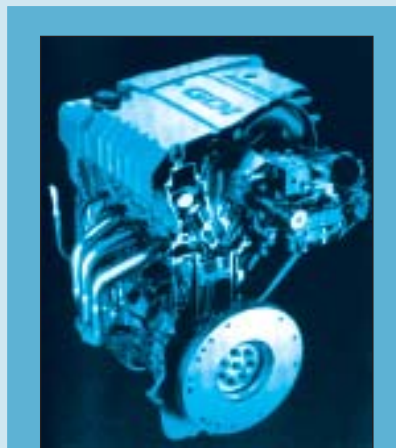
Jakmile je dosažen potřebný vyšší výkon motoru, řídicí jednotka změní časování vstříku a přepne na výkonný režim (obr. 30), ve kterém je palivo vstříkováno už během sacího zdvihu, při pohybu pístu směrem dolů. Palivo je jemně rozprašeno a zároveň chladí spalovací prostor, čímž se zlepšuje objemová účinnost (objemová účinnost motoru vyjadřuje poměr skutečně nasátého objemového množství vzduchu k množství, které bylo teoreticky možné nasát).

Kromě těchto základních dvou režimů umožňuje elektronika motoru GDI ještě tzv. režim dvoufázového vstříkávání. Ten

poměru až 12 : 1, aniž by docházelo k detonačnímu spalování projevujícím se klepáním motoru v tomto zátěžovém režimu.

Společnost Mitsubishi má na motoru GDI přibližně 200 patentově chráněných zlepšení.

Mezi základní technické odlišnosti oproti klasickému motoru patří svislý sací kanál, díky němuž lze dosáhnout účinnějšího plnění válce vzduchem; vysokotlaké palivové čerpadlo s pracovním tlakem 5 MPa, což je hodnota asi 15krát



Obr. 31. Řez motorem Mitsubishi GDI.

Emise škodlivin

Díky velkému přebytku vzduchu vylučuje motor GDI vyšší množství oxidu dusíku (NO_x), které by běžný katalyzátor nebyl schopen odbourat. Proto se pro zpracování výfukových plynů používá ještě přídavný katalyzátor. Technicky je možno volit mezi dvěma typy – akumulacím a selektivně redukčním katalyzátorem.

Akumulacím katalyzátor zachycuje z výfukových plynů oxidy dusíku po určité době, po níž musí dojít k jeho „vyčištění“, tzn. provozu při hodnotě $\lambda = 1$. V úsporném režimu se však tímto režimem zvyšuje spotřeba paliva. Proto se tento typ katalyzátoru u motoru GDI dále nepoužívá.

Selektivně redukční katalyzátor sice nedosahuje tak vysoké úrovně čištění výfukových plynů, pracuje však trvale i v úsporném režimu.

V současné době se výrobou motorů s přímým vstříkáváním benzínu zabývají všechny velké automobilky. Princip jejich činnosti je odvozen od prvního systému – motoru GDI.

PŘI ZPRACOVÁNÍ BYLO POUŽITO ZAHRA NIČNÍCH MATERIÁLŮ.