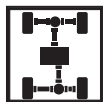




**Automobil
od A do Z**



Servis



Podvozek



**Organizace
práce**



Motor



**Systémy
a příslušenství**



**Bezpečnost
a hygiena práce**



Geometrie



**Nářadí
a vybavení dílen**



**Paliva
a maziva**



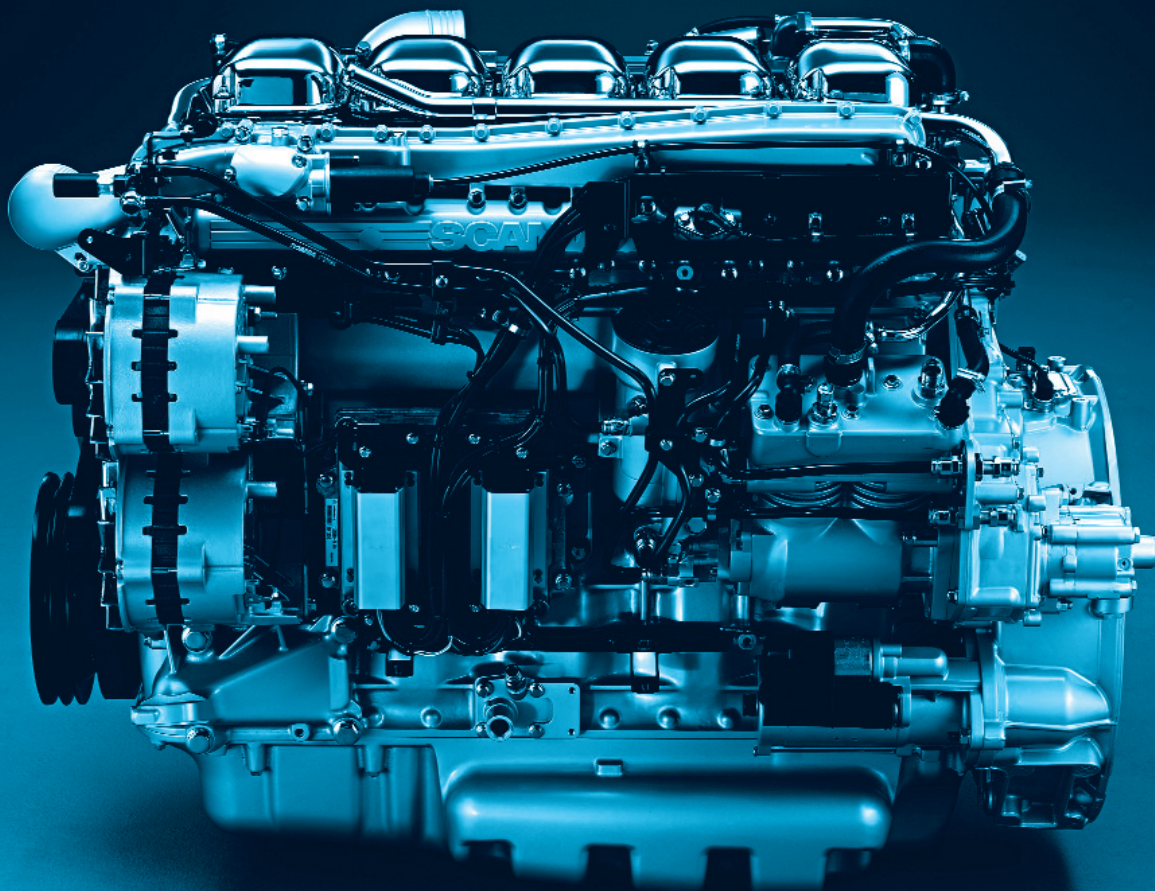
**Diagnostika
a měření**



**Elektr. zařízení,
elektronika**

Praktická dílna

Spalovací motory VII.





Spalovací motory VII.

Je známo, že elektronicky řízená vstřikovací zařízení zážehových motorů nemají vůbec žádný elektronicky řízený karburátor, ve kterém by se tvořila pohonná směs paliva se vzduchem. Přechodovým řešením mezi elektronicky řízenými karburátory a vícebodovým vstřikováním paliva bylo centrální vstřikování. Ve své době šlo o systémy Mono-Jetronic a později Mono-Motronic. Zatímco v minulých dobách vstřikovací zařízení sloužila k tomu, aby se v první řadě zvýšil objemový výkon motoru a snížila spotřeba paliva, dnes se využívají k tomu, aby se co nejlepší přípravou směsi zlepšilo spalování a snížily emise škodlivin ve výfukových plynech. Tento požadavek je dán velmi výrazným zpřísněním ustanovení o výfukových plynech (limity podle předpisů Euro 3, Euro 4 a Euro 5).

Vstřikování paliva zážehových motorů

Přísné limity pro obsah škodlivin ve výfukových plynech je možné v současné době dodržovat jednak díky jejich dodatečné úpravě v katalyzátoru, a především díky elektronicky řízeným vstřikovacím zařízením. Tato zařízení, na rozdíl od elektronicky řízených karburátorů, mohou každému jednotlivému válci přidělovat přesně takové množství paliva, které při daném pracovním režimu potřebuje podle změřeného množství nasátého vzduchu.

Objemový výkon motoru se zvyšuje v první řadě zlepšením účinnosti plnění

válce. U motorů se vstřikováním je tato možnost v porovnání s motory s karburátorem dána následujícími faktory:

- je možné volit libovolně velký sací průřez;
- každému válci se vyměří stejně dlouhé a přizpůsobené sací potrubí;
- je možné využívat rozváděcí sací potrubí a přeplňování.

Zatímco dříve existovala vstřikovací zařízení, která pracovala mechanicky a prováděla elektronicky řízené dodatečné funkce, jako byl např. systém KE-Motronic, který vstřikoval kontinuálně (nepře-

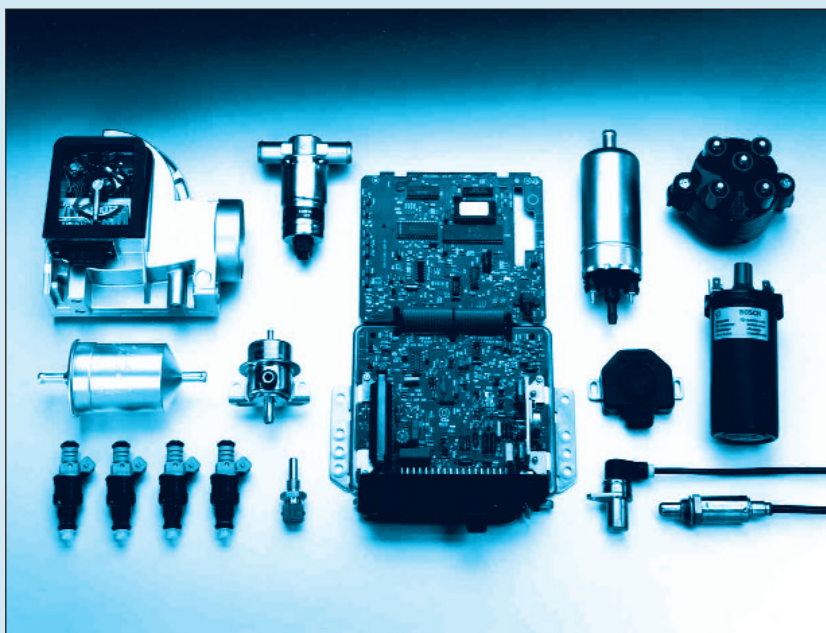
rušovaně, trvale), jsou dnešní moderní vstřikovací zařízení řízena výhradně elektronicky a vstřikují palivo intermitentně (přerušovaně). U přerušovaného nepřímého vstřikování se rozlišují následující tři typy řízení vstřikovacích ventilů (obr. 1):

- simultánní vstřikování;
- polosekvenční, resp. skupinové vstřikování;
- sekvenční vstřikování.

Simultánní vstřikování

Jde o nejjednodušší typ ovládání. Řídicí jednotka motoru má pouze jeden koncový





stupeň (výkonový) a dává všem vstřikovacím ventilům současně během dvou otáček klikové hřídele dvakrát impuls ke vstřiku poloviny požadovaného množství paliva. Bez ohledu na dobu otevření sacích ventilů a pořadí zapalování motoru. Tak u válců, u kterých je sací ventil zavřený, dochází ke vzniku nerovnoměrné směsi, u jiných zase ke vstřikování během taktu sání.

Nevýhodou tohoto typu ovládání je nerovnoměrnost délky doby tvorby směsi v jednotlivých válcích motoru a tím i vyšší podíly škodlivin ve výfukových plynech.

Polosekvenční (skupinové) vstřikování

V tomto případě se vstřikovací ventily podle pořadí zapalování spínají ve dvou skupinách (I a II), které se střídavě uvádějí do činnosti dvěma koncovými stupni řídicí jednotky motoru a vstřikují jednou v každém pracovním cyklu (po dvou otáčkách klikové hřídele). Okamžik vstřiku je naprogramován tak, aby se palivo vstřikovalo vždy předčasně před zavřením sací ventily (nerovnoměrná směs). Skupinu ventilů I tvoří například vstřikovací ventily válců 1 a 3 a skupinu ventilů II vstřikovací ventily válců 2 a 4.

Výhodou tohoto typu řízení vstřikovacích ventilů je, že se palivo vstřikuje zásadně před zavřením sací ventily. Tím sice vzniká nerovnoměrná směs, ale o to více zbývá času k odpaření vstříknutého

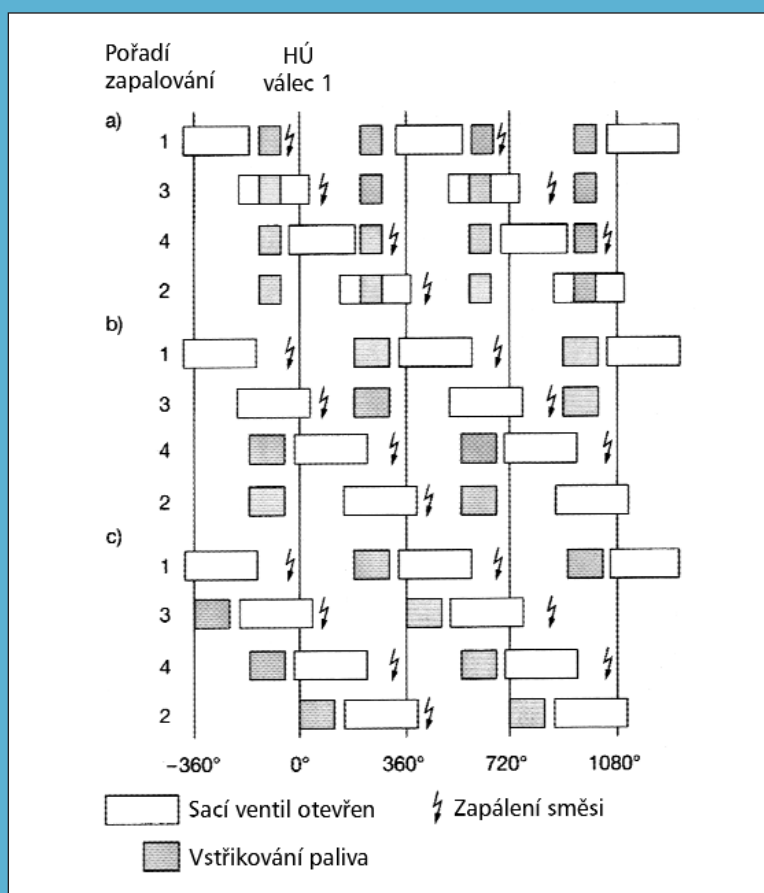
množství paliva. Je tu však i nevýhoda. Doba předčasně vstřiku je různě dlouhá, a proto se do plynného stavu dostá-

vá různé množství paliva. Tvorba směsi i její spalování jsou už podstatně lepší než u simultánního vstřikování. Platí to i o podílu škodlivin ve výfukových plynech.

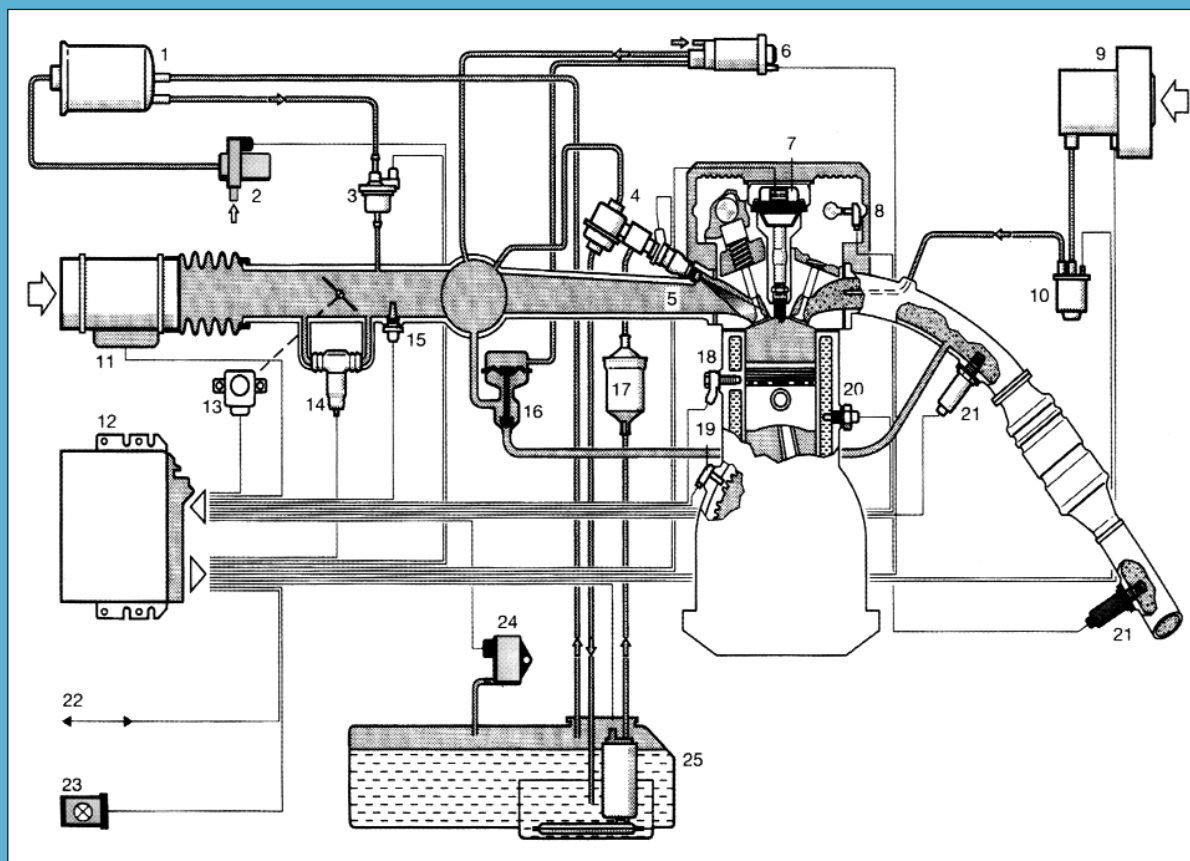
Sekvenční vstřikování

Při tomto řízení se vstřikovací ventily otvírají podle pořadí zapalování. Každý vstřikovací ventil má v řídicí jednotce motoru svůj vlastní koncový (výkonový) stupeň. Do činnosti je uveden vždy pouze jeden, a to vždy po dvou otáčkách klikové hřídele. Okamžik vstřiku je možné naprogramovat libovolně a nastavuje se na konci taktu výfuku krátce před otevřením sacího ventilu motoru.

Velkou výhodou tohoto typu řízení je, že ve všech válcích je vstřik proveden ve stejný okamžik (vzhledem k úhlu otočení klikové hřídele a poloze pístu ve válci), což dává lepší předpoklady k tomu, aby se dosáhlo optimálního spalování s nízkým obsahem škodlivin ve výfu-



Obr. 1. Typy řízení vstřikovacích ventilů (Bosch).
a) simultánní vstřikování; b) polosekvenční (skupinové) vstřikování; c) sekvenční vstřikování



Obr. 2. Systém Bosch Motronic M5 se zabudovanou diagnostikou (OBD II).

- | | | |
|--|--|-----------------------------------|
| 1 – pouzdro s aktivním uhlím | 9 – čerpadlo pomocného vzduchu | 17 – palivový filtr |
| 2 – blokovací ventil | 10 – ventil pomocného vzduchu | 18 – snímač klepání |
| 3 – ventil AKF | 11 – měřič hmotnosti vzduchu | 19 – snímač otáček |
| 4 – regulátor tlaku paliva | 12 – řídicí jednotka | 20 – snímač teploty motoru |
| 5 – vstřikovací ventil | 13 – snímač polohy škrticí klapky | 21 – lambda-sonda |
| 6 – elektropneumatický přepojovací ventil | 14 – nastavovač otáček chodu naprázdno | 22 – diagnostické rozhraní |
| 7 – cívka zapalování | 15 – snímač teploty vzduchu | 23 – signálka diagnostiky |
| 8 – snímač pracovního taktu (vačková hřídel) | 16 – ventil zpětného přivádění výfukových plynů (ventil AGR – recirkulace) | 24 – snímač rozdílu tlaku |
| | | 25 – elektrické palivové čerpadlo |

kových plynech. Jde o typ řízení vstřikovací ventilů, který se používá u všech modernějších elektronicky řízených vstřikovacích zařízení.

Bosch Motronic

Systém nepřímého vstřikování benzínu Bosch Motronic (obr. 2) spojuje v jediné řídicí jednotce veškerou elektroniku řízení motoru. Jádrem Motroniku tvoří elektronicky řízené vstřikovací zařízení se sekvencím vstřikování do sacího potrubí a systém měření hmotnosti vzduchu s měřičem na bázi ohřívání filmu (Heissfilmmesser – HFM) nebo systém měření

tlaku s tlakovým snímačem v sacím potrubí. Další součástí je elektronicky řízený systém zapalování se statickým rozdělovačem vysokého napětí (RUV) s jednou nebo dvěma zapalovacími cívkami na válec. Měřicí snímače na zážehovém motoru pak do řídicí jednotky dodávají všechny potřebné údaje pro dokonalé řízení tvorby směsi i jejího zážehu. Jsou to např. následující vstupní data:

- zapalování zapnuto/vypnuto,
- napětí akumulátoru,
- teplota motoru,
- teplota nasávaného vzduchu,
- hmotnost nasávaného vzduchu,
- úhel škrticí klapky,

- otáčky motoru,
- poloha vačkové hřídele,
- signál z lambda-sondy,
- klepání motoru,
- rychlost jízdy,
- zařazený rychlostní stupeň (automatická převodovka),
- záběr převodovky,
- spuštění klimatizace atd.

Tyto vstupní informace (analogové nebo digitální) se pomocí vstupních obvodů řídicí jednotky přenášejí do mikroprocesoru. Ten tyto provozní údaje zpracovává, vyhodnocuje z nich okamžitý pracovní stav motoru a v závislosti na něm vypočítává signály pro nastavova-



cí (akční) členy. V koncových (výkonných) stupních řídicí jednotky se tyto signály zesilují, načež pak řídí různé nastavovací prvky, a ty pak zase řídí motor.

Základní funkce

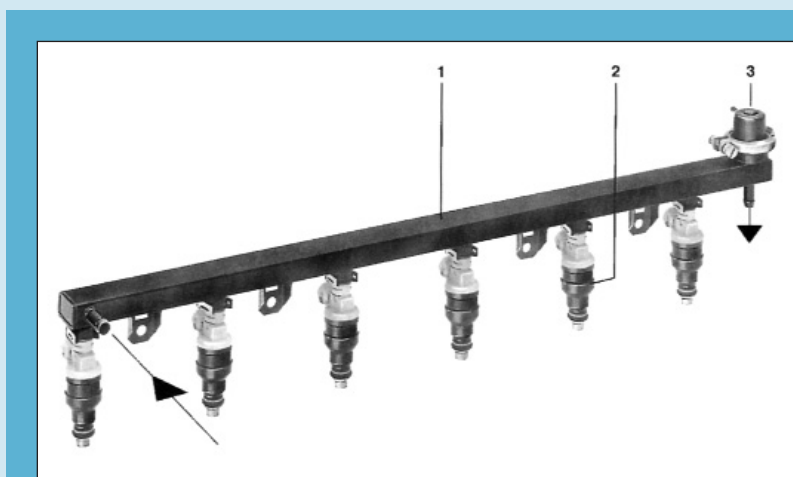
Základní funkcí systému Bosch Motronic je řízení vstřikování paliva a zapalování, a to nezávisle na konstrukci systému.

Vedlejší funkce

Kromě základní funkce, tj. řízení vstřikování paliva a zapalování, mohou být prováděny i další funkce řízení a regulace, např. regulace otáček při chodu naprázdno, regulace lambda, regulace klepání, regulace přeplňovacího tlaku, řízení zpětného přivádění výfukových plynů (recirkulace), řízení napouštění pomocného vzduchu, řízení systému zpožďování odpaření paliva, řízení polohy vačkové hřídele, řízení sacího potrubí nebo regulace rychlosti jízdy atd.

Řídicí jednotka Motronic navíc vytváří i rozhraní (datovou sběrnici CAN) pro řídicí jednotky ostatních systémů a pro diagnostiku automobilu. Tak vzniká možnost přenosu dat i mezi dalšími elektronickými systémy, např. systémem regulace prokluzu pohonu (ASR), elektronickým řízením převodovky (GS) nebo elektronickým programem stability vozidla (ESP).

V následujícím textu budeme ze systému Bosch Motronic popisovat jen elektronicky řízený systém vstřikování, který se člení na:



Obr. 3. Rozdělovací palivové potrubí (Bosch).

- 1 – rozdělovač paliva (rail)
- 2 – elektromagnetický vstřikovací ventil
- 3 – regulátor tlaku paliva

- palivový systém (přivádění paliva),
- elektronické řízení vstřikovacího systému se získáváním provozních údajů, jejich zpracováním, přizpůsobováním různým pracovním režimům, zabudovanou diagnostikou, řídicí jednotkou Motronic, rozhraními pro ostatní systémy a vlastní kontrolou vstřikovacího systému Motronic.

Palivový systém (přivádění paliva)

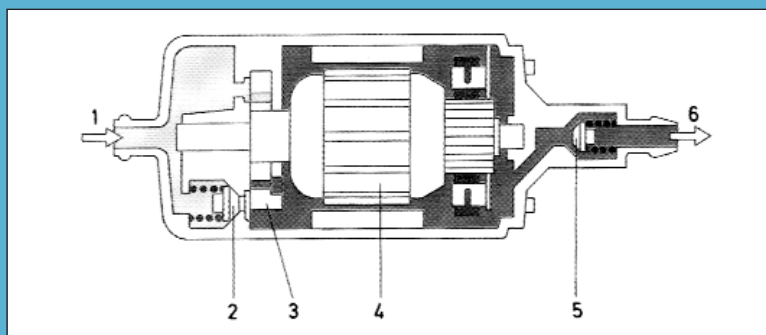
Palivo se elektrickým palivovým čerpadlem (poz. 25, obr. 2) nasává z palivové nádrže a pod tlakem asi 0,3 MPa (3 bary) čerpá přes palivový filtr (17) do rozdělovacího potrubí (obr. 3). V rozdělovacím

potrubí jsou umístěny vstřikovací ventily. Na konci rozdělovacího potrubí je namontován regulátor tlaku paliva (3), který přebytečné palivo propouští zpět do palivové nádrže, a tím udržuje vstupní systémový tlak (což je zároveň vstřikovací tlak) na konstantní hodnotě.

Elektrické palivové čerpadlo

Jako palivové čerpadlo bývá zpravidla využíváno rotační válečkové čerpadlo, poháněné elektromotorem (obr. 4 a 5). Bývá umístěno v blízkosti palivové nádrže jako „čerpadlo ve vedení“, aby se využitím jeho relativně krátké sací dráhy zabránilo tvoření bublin výparů paliva v důsledku podtlaku. Tyto bubliny mohou zhoršovat spouštění motoru za tepla. U některých systémů se k výraznému zamezení tvorby těchto bublin používá navíc ještě čerpadlo umístěné přímo v nádrži. Jde o jednoduché proudové čerpadlo, které válečkovému čerpadlu dodává palivo pod tlakem asi 0,03 MPa (0,3 baru).

Namísto uvedeného provedení může být použito i rotační válečkové čerpadlo umístěné přímo v nádrži jako tzv. „čerpadlo v nádrži“. V pouzdru válečkového čerpadla se nachází přetlakový ventil (poz. 2, obr. 4), který je nastaven na otevírací tlak asi 0,6 MPa (6 barů). Zvýší-li se tlak v palivovém systému nad tuto hodnotu, ventil se otevře a spojí stranu tlaku se stranou sání. Palivo tak zůstává v palivovém čerpadle a palivový systém je tak chráněn před přetěžováním. Úkolem



Obr. 4. Elektrické palivové čerpadlo (Bosch).

- 1 – strana sání
- 2 – přetlakový ventil (omezovač tlaku)
- 3 – rotační válečkové čerpadlo
- 4 – kotva motoru
- 5 – zpětný ventil
- 6 – strana tlaku

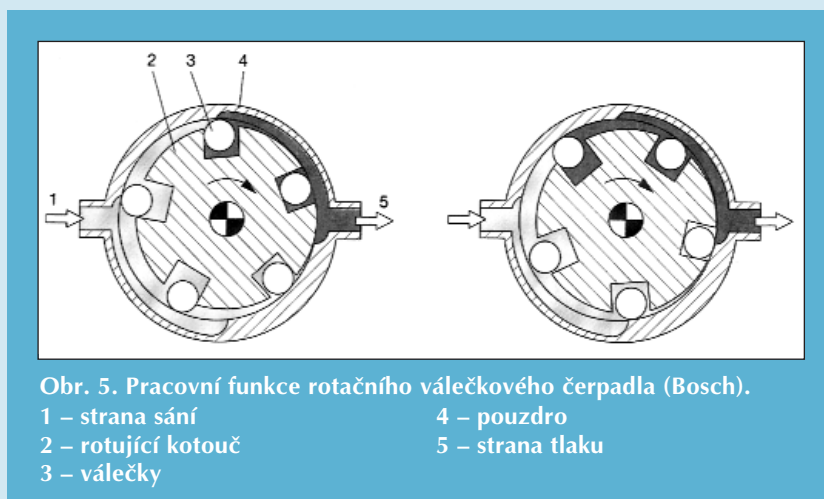


zpětného ventilu na straně tlaku (5) je utěsnit po zastavení motoru palivový systém proti nádrži, aby se zachoval vstupní (udržovací) tlak minimálně 0,1 MPa (1 bar), tzn. aby se systém zachoval v naplněném stavu, a tím se zabránilo tvorbě bublin par paliva.

Napájení elektrického palivového čerpadla

Napájecí napětí k palivovému čerpadlu se přivádí pomocí relé palivového čerpadla. Toto relé připojí napětí na příkaz vydaný přímo řídicí jednotkou.

Při zapnutí zapalování (svorka 15) uvede řídicí jednotka relé čerpadla do činnosti na dobu asi 1,5 s, aby palivové čerpadlo vytlačilo případné bubliny par z palivového systému do nádrže. Při spouštění motoru a po jeho spuštění (svorka 50) zůstává relé čerpadla bez řídicího napětí a palivo se čerpá až do zastavení motoru.



Bezpečnostní obvod palivového čerpadla

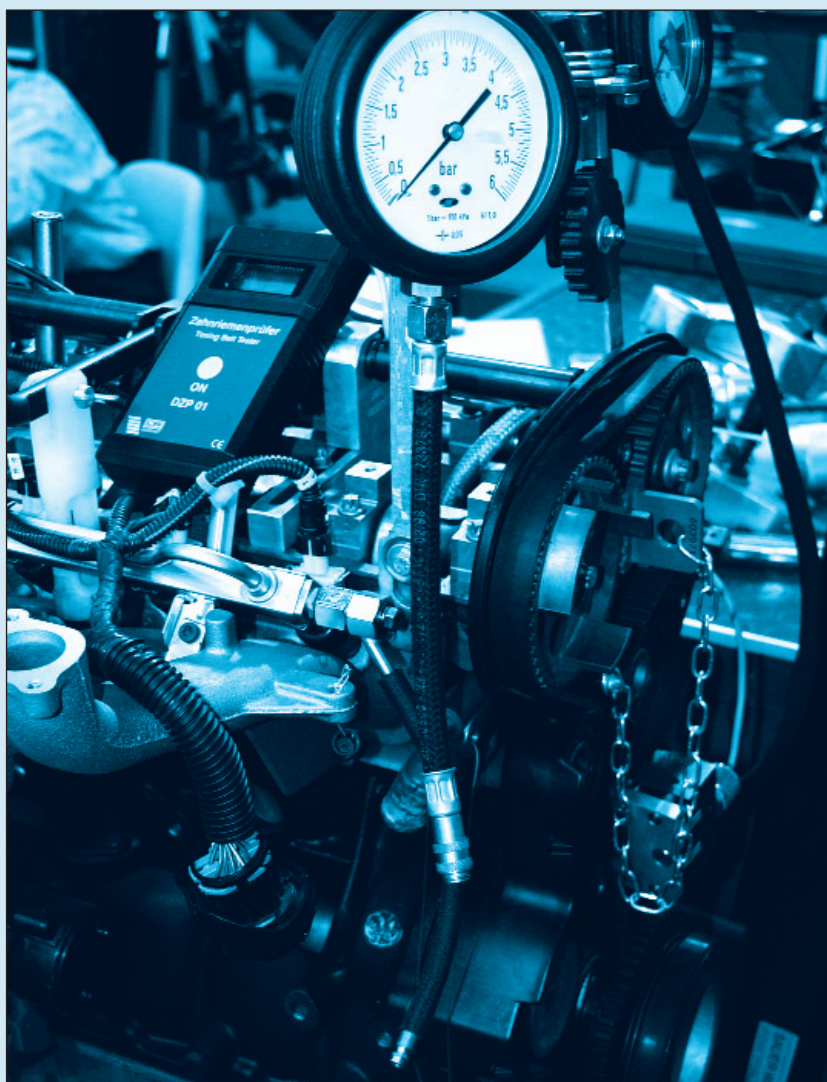
Ovládání relé čerpadla řídicí jednotkou má zabudován i tzv. „bezpečnostní obvod“, který se uvede do činnosti, když se motor, např. při nehodě, zastaví, ale

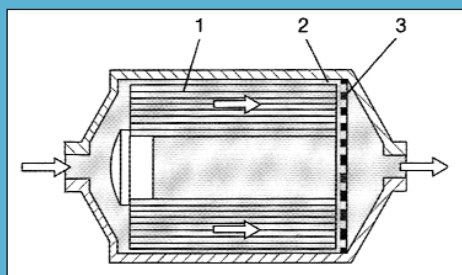
zapalování přitom zůstane zapnuto. V takovém případě řídicí jednotka asi po 1,5 s přeruší napájení relé čerpadla, a tím zastaví čerpání paliva. Tak se zabráňuje tomu, aby se v otevřeném systému čerpal palivo do volného prostoru (nebezpečí vzniku požáru).

Měření množství a kontrola tlaku paliva

Měření množství čerpaného paliva podává informaci o stavu palivového čerpadla. Pokud výrobce automobilu nestanoví jiný předpis, provádí se toto měření vždy na otevřeném zpětném vedení, aby čerpadlo muselo překonávat odpor tlaku v systému (např. 0,3 MPa). V případě, že je toto zpětné vedení příliš krátké, musí se někdy pro čerpání do měřicí nádoby připojit delší pomocné vedení. Kontrola tlaku v systému dává informaci o stavu regulátoru tlaku. Za tím účelem se na vhodném místě, ve kterém je systém pod tlakem, připojí tlakoměr (s rozsahem měření asi do 0,6 MPa [6 barů]), aby se souběžně s měřením čerpaného množství mohl kontrolovat i tlak v systému. Po těchto přípravách se odpojí relé čerpadla a čerpadlo se na 30 s spustí propojením svorek 87 a 30. Množství načerpaného paliva se porovná s údajem výrobce, např. 1000 ml/30 s při tlaku v systému $0,3 \pm 0,02$ MPa. Pokud se ne-načerpá takto stanovené množství paliva, mohou být příčinou následující závady:

- znečištěný palivový filtr,
- příliš nízké napětí na svorkách palivového čerpadla (minimálně 11,5 V),
- příliš velký odpor v sacím potrubí,
- v případě použití pomocného čerpadla v nádrži jeho příliš malý výkon,





Obr. 6.
Palivový filtr (Bosch).
1 – papírový filtr
(filtrační papír)
2 – sítka
3 – nosná destička



- opotřebení palivového čerpadla (velká hlučnost při chodu).

Po opětovném připojení zpětného vedení se čerpadlo spustí ještě jednou a změří se tlak v systému. Ten musí ukazovat stejnou hodnotu jako při předcházejícím měření množství čerpaného paliva, jinak zpětné vedení klade příliš vysoký odpor.

Kontrola těsnosti palivového systému

Po provedení posledního měření tlaku systému se zastaví čerpání paliva a na tlakoměru se sleduje tlak. Vstupní tlak se nesmí snižovat příliš rychle a ještě po jedné hodině musí být minimálně 0,1 MPa (1 bar). Pokud po zastavení čerpadla klesá tlak příliš rychle, může to vést k tvorbě bublin par paliva a tím i k problémům při spouštění zahřátého motoru. Příčinami příliš rychlého poklesu tlaku mohou být např.:

- netěsnící zpětný ventil palivového čerpadla,
- netěsnící regulátor tlaku.

Palivový filtr

Palivový filtr (obr. 6) se skládá z kovového pouzdra odolávajícího tlakovému namáhání filtrační vložky, tvořené filtračním papírem s velikostí pórů asi 8 až 10 μm . Za ní je umístěna nosná destička se sítkem. Palivový filtr zachycuje nečistoty přítomné v palivu, sítko zachycuje vlákna uvolněná z filtračního papíru. Palivový filtr se zařazuje do palivového vedení hned za palivové čerpadlo. Směr proudění je přitom vyznačen šipkou nebo různými průměry přípojek. Intervaly výměny filtru se řídí pokyny výrobce vozidla.

Regulátor tlaku paliva

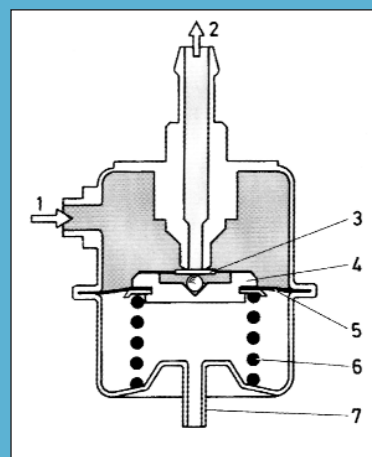
Regulátor tlaku paliva (obr. 7) bývá většinou usazen proti směru proudění paliva

na konci rozdělovacího palivového potrubí (viz obr. 3). Tento membránový regulátor tlaku reguluje vstupní tlak v palivovém systému na hodnotu 0,25 – 0,3 $\pm$ 0,02 MPa (2,5 – 3 $\pm$ 0,2 baru). Kovové pouzdro regulátoru se membránou dělí na dvě komory. V jedné z těchto komor je umístěna pružina, ve druhé se nachází palivo. Tlak

ky do nádrže takové množství paliva, které odpovídá rovnováze sil působících na membránu, tj. hydraulického tlaku paliva a mechanického tlaku pružiny.

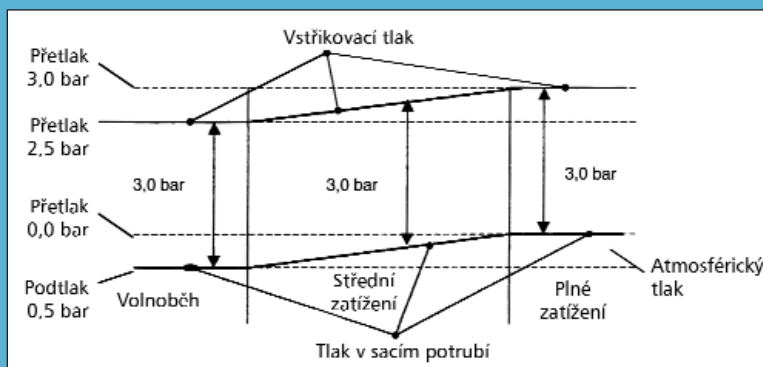
Komora s pružinou je tlustostěnnou hadicí spojena s hlavním sacím potrubím motoru. Tak se i při různých polohách škrtků klapky neustále udržuje konstantní

Obr. 7.
Regulátor tlaku paliva (Bosch).
1 – přívod paliva
2 – přípojka zpětného vedení
3 – ventilová destička
4 – držák ventilové destičky
5 – membrána
6 – pružina regulátoru
7 – přípojka sacího potrubí (motoru)



paliva vyvolávaný palivovým čerpadlem působí na membránu. Tato hydraulická síla překonává sílu pružiny a zvedá ventilovou destičku. Ventilem tak protéká zpát-

rozdíl mezi tlakem paliva před vstřikovacími ventily a tlakem vzduchu v sacím potrubí (obr. 8). To znamená, že když při otáčkách chodu naprázdno v důsledku



Obr. 8. Diagram průběhu vstřikovacího tlaku v závislosti na tlaku v sacím potrubí motoru.

silného sacího účinku motoru poklesne tlak vzduchu v sacím potrubí o 0,05 MPa (0,5 baru), pak o stejnou hodnotu poklesne i tlak v komoře regulátoru s pružinou a tím i tlak paliva v potrubí rozdělovače. Rozdíl tlaků a tím i vstřikovací tlak zůstává jít beze změny – např. 0,3 MPa (3 bary). Díky této konstrukci regulátoru se množství vstřikovaného paliva určuje výhradně dobou otevření vstřikovacího ventilu, vypočtenou řídicí jednotkou.

Přepřlňované zážehové motory s turbodmychadlem mají stejně jako motory s atmosférickým plněním ještě hadicové spojení mezi komorou pružiny regulátoru tlaku a hlavním sacím potrubím. Rozdíl nyní spočívá v tom, že jako přetlak na membránu působí přepřlňovací tlak, kterému odporuje síla pružiny, a tím se vstupní tlak paliva (tlak v systému) příslušně zvýší podle zvýšení přepřlňovacího tlaku. Proto se nemění ani rozdíl mezi přetlakem v sacím potrubí (jako přepřlňovací tlak) a vstřikovacím tlakem.

Někteří výrobci automobilů už u svých systémů Motronic s OBD II (EOBD) nemají regulátor tlaku paliva umístěn

v potrubí rozdělovače paliva, nýbrž v palivovém filtru, který se nachází v blízkosti palivové nádrže. Kromě toho není komora regulátoru s pružinou spojena hadicí se sacím potrubím motoru, nýbrž ventilační (atmosférický tlak) s pouzdem filtru s aktivním uhlím. U těchto vstřikovacích zařízení už vstřikovací tlak není konstantní, nýbrž – v závislosti na tlaku vzduchu v sacím potrubí – je při poloze škrtící klapky odpovídající chodu naprázdno např. 0,3 MPa (3,0 bary) a při jejím nastavení pro plné zatížení např. 0,25 MPa (2,5 baru). Rozdílným vstřikovacím tlakem vyvolaný rozdíl v množství vstřikovaného paliva zapřičiňuje odchylku od $\lambda = 1$. Lambda-sonda tuto odchylku zaregistruje a řídicí jednotka ji vyrovná pomocí adaptivní lambda-regulace.

Vstřikování paliva

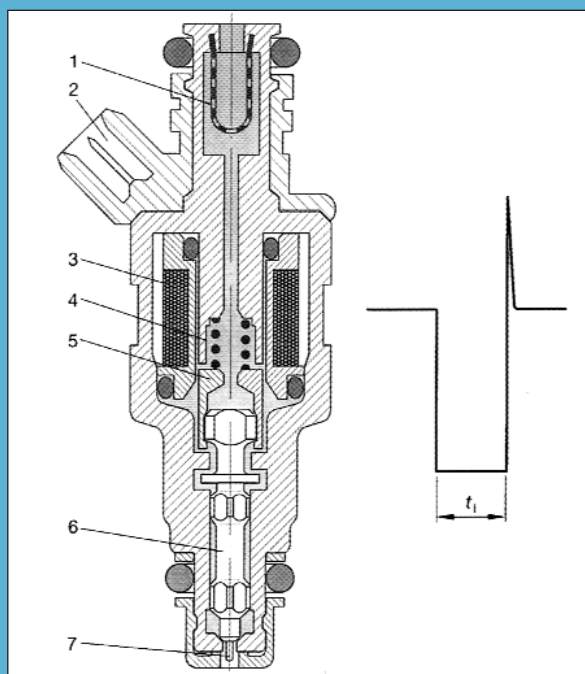
Vstřikovací ventily, řízené řídicí jednotkou Motronic vstřikují sekvenčně (podle pořadí zapalování) přesně odměřené množství paliva ve správném okamžiku sacími kanály na talířky sacích ventilů mo-

toru (vrstvení směsi). Každému válci je přiřazen jeden vstřikovací ventil. Proto se tento systém nazývá také vícebodovým vstřikováním (Multi-Point).

Vstřikovací ventily jsou namontovány pomocí tepelně izolujících držáků, čímž se zabráňuje tvorbě bublin par paliva ve ventilu. Vstřikovací ventily se ovládají elektromagneticky. Otevřené zůstávají různě dlouho podle doby protékání proudu, určené řídicí jednotkou. Napájecí napětí je dodáváno pomocí hlavního relé. Vinutí elektromagnetů všech vstřikovacích ventilů jsou připojena na kladný pól palubní sítě a kostra na řídicí jednotku. To znamená, že ovládání se provádí napětím na kostře prostřednictvím koncových (výkonových) stupňů řídicí jednotky.

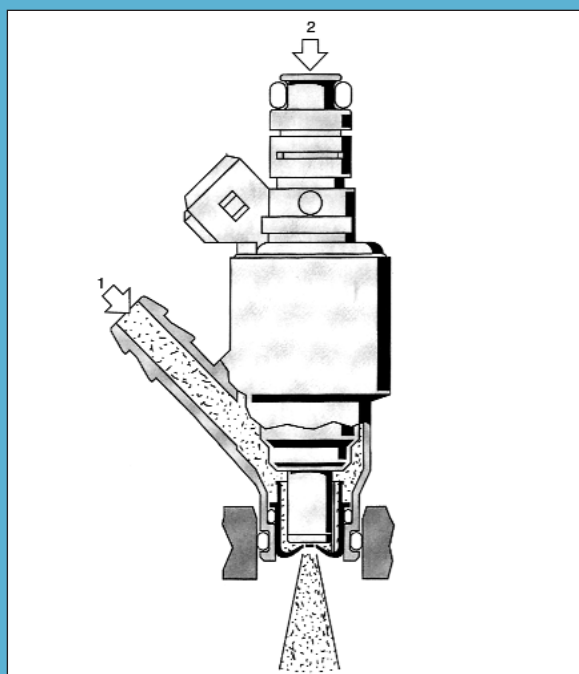
Elektromagnetický vstřikovací ventil

Standardní provedení vstřikovacího ventilu s regulací otevřením prstencové šterbiny (obr. 9) se skládá z tělesa ventilu a jehly ventilu s magnetickou kotvou. V tělese ventilu je umístěno elektromagnetické vinutí, které zároveň tvoří vedení jehly. Neprotéká-li vinutím proud, tzn. že řídicí



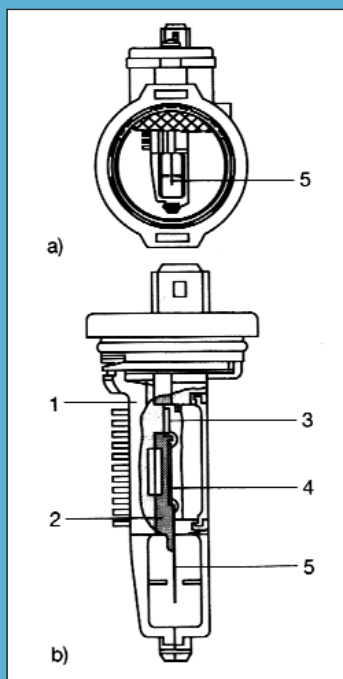
Obr. 9. Elektromagnetický vstřikovací ventil se signálem vstřiku (Bosch).

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1 – sítka přívodu paliva | 5 – kotva magnetu |
| 2 – přívod napájení | 6 – jehla ventilu |
| 3 – cívka elektromagnetu | 7 – čep jehly ventilu |
| 4 – závratná pružina | t_1 – doba vstřiku |



Obr. 10. Vstřikovací ventil s pomocným přívodem vzduchu (Bosch).

- | |
|---|
| 1 – přívod vzduchu (přesně dimenzovaný) |
| 2 – přívod paliva |



Obr. 11. Měřič množství vzduchu s topným filmem (Bosch).

a) pouzdro

b) snímač s topným filmem (umístěno ve středu pouzdra)

1 – chladič

2 – mezičlen

3 – topný člen

4 – vyhodnocovací elektronika (hybridní obvod)

5 – snímač

jednotka ventil neaktivuje, tlačí tlačná pružina jehlu ventilu do jejího kuželového sedla. Když řídicí jednotka začne dodávat proud a vybudí tím elektromagnet, jehla ventilu se asi o 0,1 mm nadzvedne ze svého sedla. Palivo se pak pod tlakem v systému (např. 0,3 MPa) vstřikuje přesně nastavenou prstencovou šterbinou do sacího kanálu. U motorů se dvěma sacími ventily na válec se používají vstřikovací ventily se dvěma otvory. Při této konstrukci se může palivo rozdělovat optimálně do obou sacích kanálů.

Elektromagnetický vstřikovací ventil s pomocným přívodem vzduchu

Pro lepší přípravu směsi při chodu na prázdno a v režimu neúplného zatížení používají někteří výrobci automobilů také vstřikovací ventily se zabudovaným přívodem pomocného vzduchu

(obr. 10). V tomto případě si motor nasává vzduch pro spalování z hlavního sacího potrubí před škrticí klapkou, a ten pak proudí rychlostí zvuku malou, přesně dimenzovanou šterbinou tvořenou kotoučkem ve středu vstřikovacího otvoru dál. Palivo, které vystupuje z takového vstřikovacího ventilu, je proudícím vzduchem strháváno, a tím dochází k jeho jemnějšímu rozptýlení.

Elektronické řízení vstřikovacího systému

Různými datovými snímači se sleduje okamžitý provozní stav motoru, a tyto údaje se ve formě elektrických signálů přivádějí na řídicí jednotku systému Motronic. Tyto snímače spolu s řídicí jednotkou tvoří řídicí systém vstřikovacího zařízení.

Základními veličinami pro výpočet odpovídající doby vstřikování (množství vstřikovaného paliva) a úhlu zapálení (předstih) jsou zatížení motoru (snímání zatížení) a otáčky motoru. Pro stanovení okamžitého zatížení motoru, resp. plnění válců, se u systému Motronic mohou využívat různé snímače zatížení, např.:

- měřič množství vzduchu s topným filmem (HFM);
- snímač tlaku v sacím potrubí;
- snímač natočení škrticí klapky (DKG) jako potenciometr škrticí klapky.

➡ **Snímač škrticí klapky slouží jako pomocný snímač zatížení a používá**

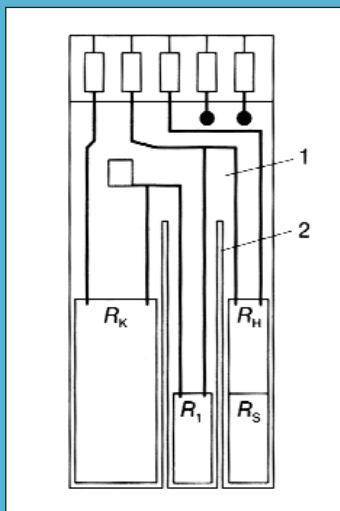
se jako podpora obou výše uvedených hlavních snímačů zatížení. V případě závady na hlavním snímači dodává náhradní signál, aby mohlo řízení vstřikování fungovat bez poruchy.

Měřič množství vzduchu

U měřiče množství vzduchu s topným filmem jde o tepelný snímač zatížení. Starší konstrukce nemají funkci zohlednění zpětného proudění, která již bývá u novějších provedení. Měřič množství vzduchu se vždy zařazuje mezi vzduchový filtr a hrdlo tělesa škrticí klapky (viz obr. 2). Snímá hmotnost vzduchu nasávaného motorem (v $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$). Elektricky vytápěné těleso je obtékáno proudem nasávaného vzduchu, který ho ochlazuje. Regulační obvod reguluje topný proud tak, aby ohřívání tělesa mělo určenou teplotu, a to vždy vyšší, než je teplota nasávaného vzduchu. Odpovídající topný proud je přitom mírou pro hodnocení proudu vzdušné masy. Při tomto postupu měření se bere v úvahu i hustota vzduchu, protože ta ovlivňuje ochlazování ohřívání tělesa. Vzduch s vyšší hustotou (u hladiny moře) znamená větší hmotnost vzduchu a intenzivnější ochlazování než vzduchová masa s menší hustotou (např. v nadmořské výšce 2000 m).

U měřiče množství vzduchu s topným filmem (obr. 11) je ohříváným tělesem tenká odporová vrstva platiny (topný prvek). Ten je spolu s ostatními odpory s tenkými vrstvami můstkového obvodu umístěn na keramické destičce

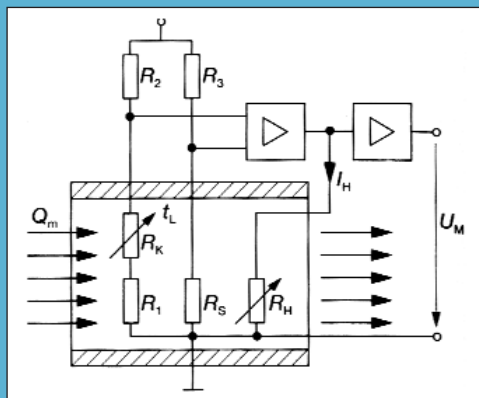




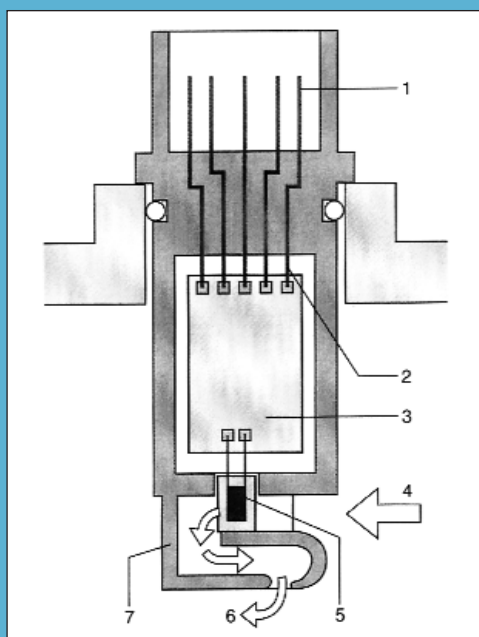
Obr. 12. Snímač s tenkými topnými vrstvami (Bosch).
1 – keramická nosná destička
2 – zářez
 R_K – snímač kompenzace teploty
 R_1 – můstkový odpor
 R_H – topný odpor
 R_S – odpor snímače

(obr. 12). Můstkový kompenzační obvod je těmito odpory vyrovnáván tak, aby teplotně závislý topný film s odporem R_H měl neustále teplotu např. o 180 °C vyšší, než je teplota nasávaného vzduchu (obr. 13).

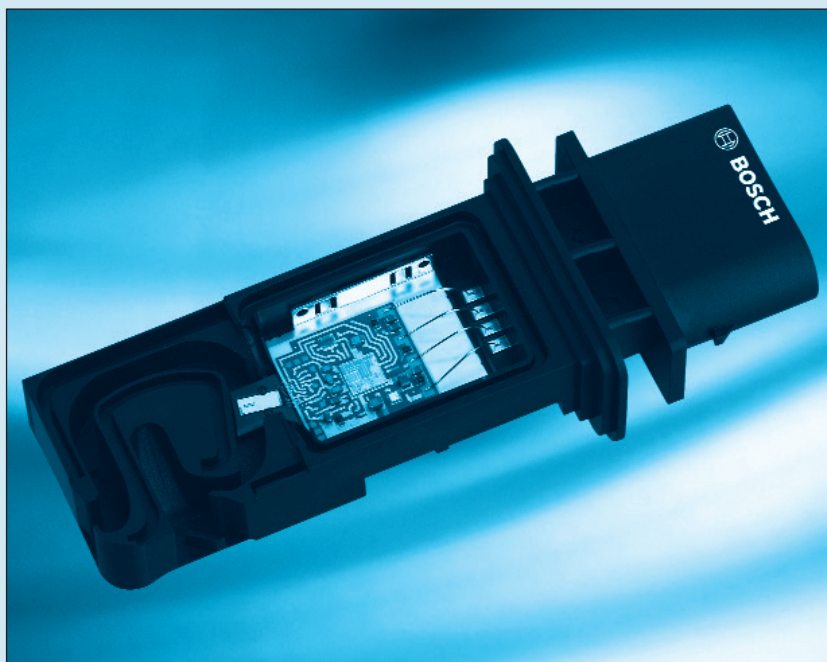
V závislosti na množství vzduchu protékajícího měřičem s topnou vrstvou se topný film ochlazuje o určitou hodnotu.



Obr. 13. Zapojení měřiče hmotnosti vzduchu s topným filmem (Bosch).
 R_K – snímač kompenzace teploty
 R_H – topný odpor
 R_1, R_2, R_3 – můstkové odpory
 U_M – měřicí napětí
 I_H – topný proud
 t_L – teplota vzduchu
 Q_M – množství vzduchu protékající za jednotku času



Obr. 14. Měřič množství vzduchu s topným filmem a zohledněním zpětného proudění (Bosch).
1 – přívod elektrického proudu
2 – vodiče
3 – vyhodnocovací elektronika (hybridní obvod)
4 – přívod vzduchu
5 – snímací prvek
6 – výstup vzduchu
7 – pouzdro



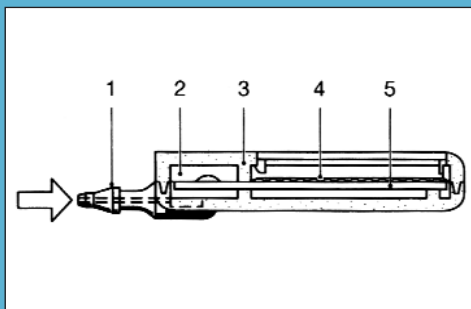
tu. Regulační obvod na to reaguje zvýšením topného proudu I_H . Napětí U_M přivedené k topné vrstvě je mírou proudění vzduchu. Toto napětí se elektronikou měřiče množství vzduchu příslušně zesílí a přenesení do řídicí jednotky Motronic jako informace o množství nasávaného vzduchu. Při výpadku tohoto signálu, např. v důsledku zkratu nebo přerušení, pracuje řídicí jednotka s náhradním signálem snímače úhlu otevření škrticí klapky.

Měřič množství vzduchu s topným filmem a zohledněním zpětného proudění (obr. 14) bere v úvahu i případně se vyskytující pulzace a zpětné proudění v sání, které je vyvoláváno otevíráním a zavíráním sacích a výfukových ventilů motoru. Pomocí tohoto započtení zpětného proudění se dosahuje ještě větší přesnosti měření.



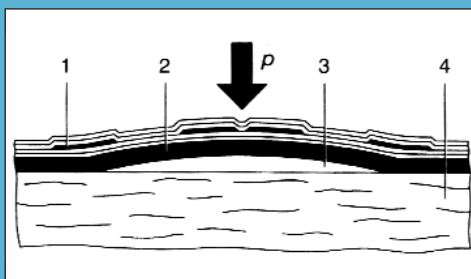
Obr. 15. Snímač tlaku pro zabudování do řídicí jednotky (Bosch).

- 1 – přípojka k sacímu potrubí
- 2 – komora se snímačem pro měření tlaku
- 3 – těsnící lamela
- 4 – vyhodnocovací obvod
- 5 – keramická podložka obvodů snímače



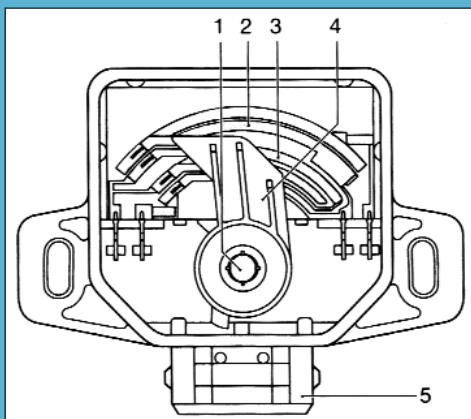
Obr. 16. Tlustá membrána ve snímači tlaku (Bosch).

- 1 – piezoelektrické odpory
- 2 – nosná membrána
- 3 – komora s referenčním tlakem
- 4 – keramická nosná destička



Obr. 17. Snímač polohy škrtké klapky (Bosch).

- 1 – hřídel škrtké klapky
- 2 – odporová dráha 1
- 3 – odporová dráha 2
- 4 – raménko jezdce s jezdce
- 5 – přívod elektrického proudu



Snímač tlaku v sacím potrubí

Snímač tlaku v sacím potrubí (obr. 15) je pneumaticky spojen se sacím potrubím motoru, ve kterém měří absolutní tlak, tzn. že snímá různé velké hodnoty tlaku vzduchu, který se mění v závislosti na činnosti škrtké klapky. Může být umístěn v řídicí jednotce Motronic nebo v blízkosti sacího potrubí. Zřídka se montuje přímo do sacího potrubí. Jeho pneumatické spojení se sacím potrubím obstarává příslušná hadicová přípojka.

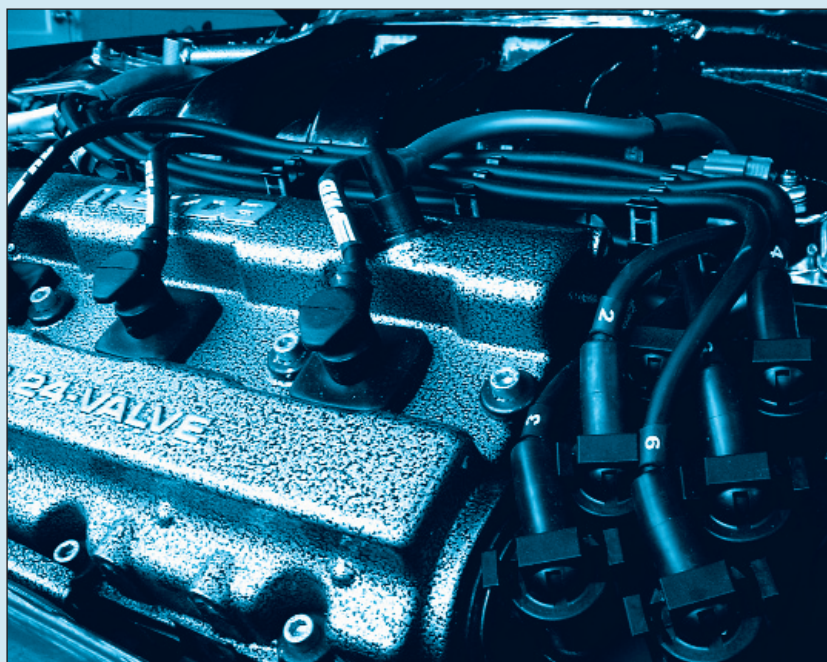
Tento snímač se skládá z prohnuté tlusté membrány (obr. 16), pod níž je prostor s definovaným vnitřním tlakem, který působí proti ní. V závislosti na tlaku v sacím potrubí se tato membrána méně nebo více prohýbá. V membráně jsou zabudovány piezoelektrické odpory, jejichž vodivost se mění v závislosti na

mechanických pnutí vyvolávaných jejím prohýbáním. Tyto odpory jsou zapojeny do můstkového obvodu tak, aby pohyb membrány vyvolával změnu kompenzačního napětí můstku. Tyto změny můstkového napětí jsou pak měrou okamžitého tlaku v sacím potrubí a tím i plnění válců.

Úkolem vyhodnocovacího obvodu je zesílit toto příliš nízké můstkové napětí jako signál a kompenzovat případné teplotní vlivy tak, aby charakteristika tlaku byla lineární. Takto zpracovaný výstupní signál se přenáší do řídicí jednotky, která na jeho základě vypočítává dobu vstřikování (dávku vstřikovaného paliva).

Snímač polohy škrtké klapky

Snímač škrtké klapky (obr. 17) je svou konstrukcí vlastně potenciometrem a slouží jako pomocný zdroj informací o zatížení motoru. Vlastní snímač je upevněn na tělese hřídele škrtké klapky a je ovládán pomocí hřídele škrtké klapky. Prostřednictvím potenciometru registruje úhlovou polohu škrtké klapky v různých pracovních režimech od chodu naprázdno až po plné zatížení motoru. Příslušné poměry napětí v odporovém obvodu (obr. 18) přenáší do řídicí jednotky Motronic. Údaje snímače polohy škrtké klapky jsou potřebné pro regulaci otáček při chodu naprázdno, výběr vhodné charakteristiky úhlů zapalování a pro výpočet doby vstřikování. Signál tohoto snímače kromě ří-



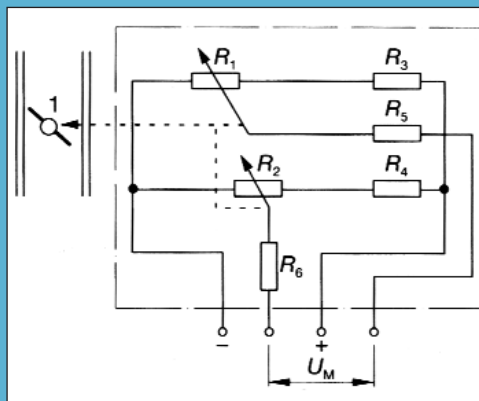


dicí jednotky vstřikování paliva využívají i jiné systémy, např. řídicí jednotka elektronického řízení automatické převodovky.

Indukční snímač otáček motoru a polohy referenční značky

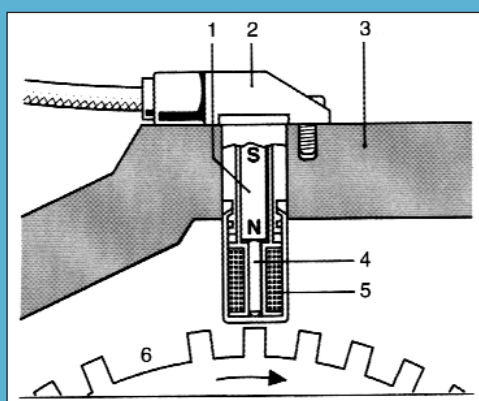
Tento indukční snímač (obr. 19) je umístěn v blízkosti setrvačnicku. Snímač otáček bezdotykově sleduje otáčky motoru a zároveň jako snímač referenční značky informuje o poloze klikové hřídele. Tyto informace jsou zapotřebí k tomu, aby řídicí jednotka Motronic mohla vypočítat přesný okamžik zapálení směsi a určit vstřikované množství paliva. Většinou se k tomu používá snímací kolo se 60 zubů, na kterém jsou dva zuby vynechány. Kolo snímače má tedy $60 - 2 = 58$ zubů. Velká mezera mezi zuby vytvořená vynecháním těchto dvou zubů je pro lepší detekci řídicí jednotkou Motronic přiřazena zcela přesně určené poloze klikové hřídele před horní úvratí prvního válce.

Vlastní snímač představuje jádro z magneticky měkkého železa, na němž je nasunuta cívka. Toto jádro je spojeno s permanentním magnetem. Vyvolané



Obr. 18. Zapojení odporů ve snímači škrticí klapky (Bosch).

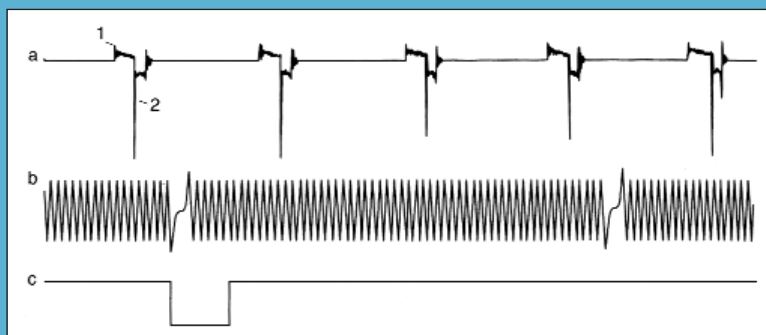
1 – hřídel škrticí klapky
 R_1 – odporová dráha 1
 R_2 – odporová dráha 2
 R_3, R_4, R_5 – kompenzační odpory
 U_M – měřicí napětí



Obr. 19. Indukční snímač otáček a polohy referenční značky (Bosch).

1 – permanentní magnet
2 – pouzdro
3 – skříň motoru
4 – jádro z magneticky měkkého železa
5 – vinutí (cívka)
6 – kolo snímače s referenční značkou





Obr. 20. Průběh signálů v zapalování na klikové a vačkové hřídeli (Bosch).

- a) sekundární napětí v cívice zapalování
- b) signál otáček klikové hřídele (referenční značky)
- c) signál Hallova snímače vačkové hřídele
- 1 – zavření vstřikovacího ventilu (sepnutí primáru)
- 2 – přeskok jiskry na svíčke

magnetické pole se šíří železným jádrem až do ozubeného kola snímače. Hodnota vznikajícího signálu závisí na tom, zda se proti snímači nachází mezera nebo zub kola. Mezera tento magnetický tok cívkou zeslabuje, zatímco zub ho sdružuje a tím zesiluje. Na základě těchto změn magnetického toku se při otáčení kola snímače v cívice indukce vytváří střídavý napěťový signál (obr. 20). Při výpadku tohoto signálu se motor zastaví a nelze jej ani opětovně spustit.

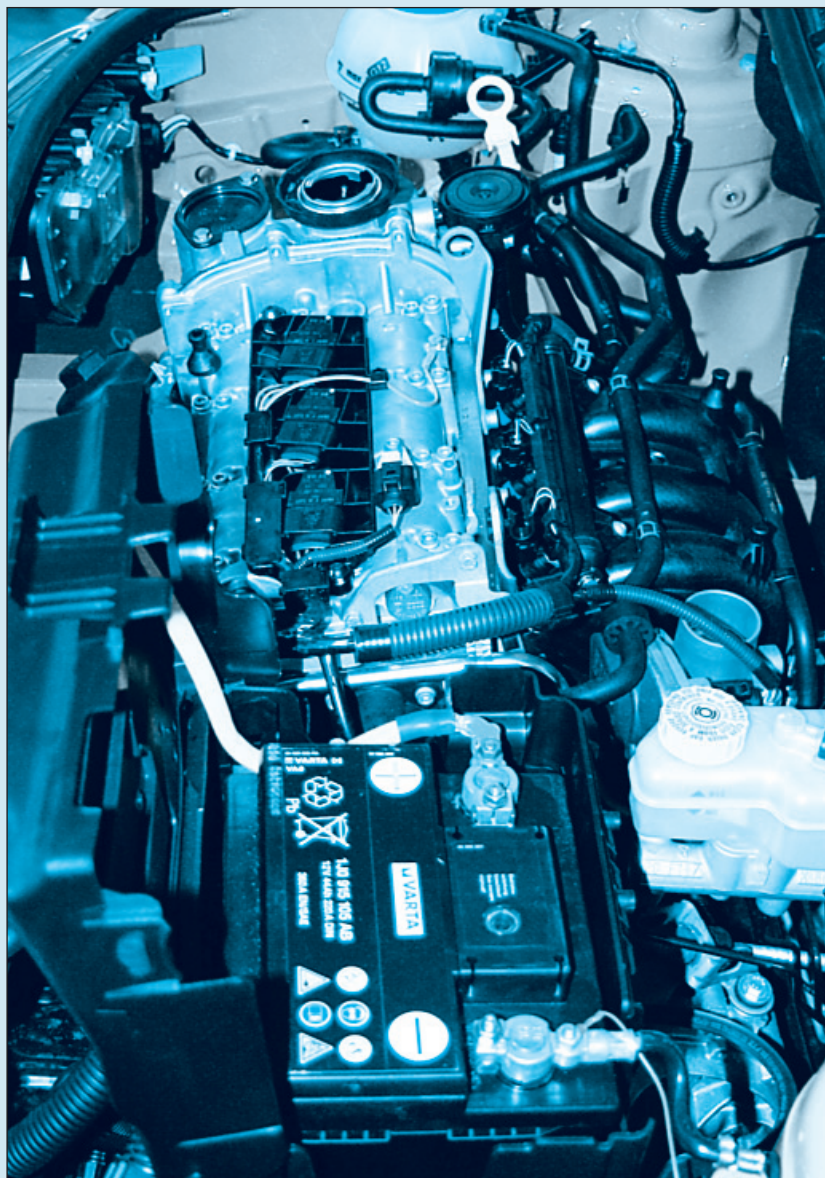
Snímač polohy vačkové hřídele

U zážehových motorů s klidovým vysokonapěťovým rozdělováním (RUV), jednotlivými cívkami zapalování a sekvenčním vstřikováním bývá snímačem polohy vačkové hřídele Hallův snímač (viz obr. 2, poz. 8). Jeho signál slouží řídicí jednotce Motronic pro identifikaci válců při spuštění motoru. V tomto režimu musí být známo, kdy se první válec nachází právě v taktu komprese, aby se mohla aktivovat příslušná cívka zapalování se svou svíčkou a příslušný vstřikovací ventil (okamžik vstřiku nastává krátce před otevřením sacího ventilu motoru). Na vačkové hřídeli je proto umístěn segment se zubem z feromagnetického materiálu. Při otáčení vačkové hřídele se při průchodu tohoto segmentu Hallovým snímačem generuje krátký obdélníkový signál (Hallůvo napětí) (viz obr. 20), kterým řídicí jednotka Motronic dostává informaci, že se první válec motoru právě nachází v taktu komprese. Pomocí tohoto

signálu z Hallova snímače a signálu referenční značky na klikové hřídeli se synchronizuje okamžik vstřiku a začátek vstřikování daného vstřikovacího ventilu.

Při výpadku signálu snímače vačkové hřídele se v případě klidového vysokonapěťového rozdělování se zapalovacími cívkami a jednou svíčkou na válec přechází na simultánní vstřikování a na zapalování dvěma jiskrami. Motor zůstává v chodu a je možné ho i spustit. Jeho výkon se však sníží.

➡ U motorů se sekvenčním vstřikováním se během spuštění motoru při prvních otáčkách klikové hřídele až do okamžiku rozpoznání válců snímačem vačkové hřídele provádí vstřikování simultánní.

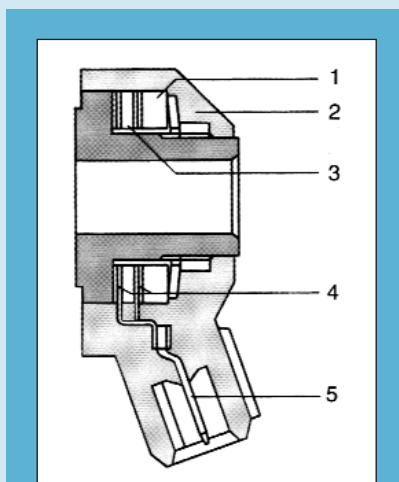


Snímače teploty

Snímače teploty chladicí kapaliny a nasávaného vzduchu, resp. vzduchu pro přeplňování, mají stejnou konstrukci i princip funkce. Jde o termistory – většinou se montují odpory typu NTC (se záporným teplotním součinitelem), zřídka i odpory PTC (s kladným teplotním součinitelem). U odporů NTC hodnota odporu s rostoucí teplotou klesá (negistor). Odpory PTC se chovají opačně (pozistor). Řídicí jednotka dodává všem snímačům teploty napájecí napětí 5 V (4,6 až 5,2 V) a měří úbytek napětí na daném odporu, který se mění s teplotou.

Snímač teploty chladicí kapaliny

Snímač teploty chladicí kapaliny (viz obr. 2) podává řídicí jednotce Motronic informaci o teplotě chladicí kapaliny. To má vliv na stanovení doby vstřikování (vstřikované množství paliva), okamžik vstřiku, okamžik zapnutí recirkulace (zpětného přivádění výfukových plynů), jakož i na otáčky při chodu motoru na prázdno za studena i v zahřátém stavu. Otáčky při chodu na prázdno se při studeném motoru zvyšují na otáčky při zahřátém motoru. Při výpadku tohoto signálu počítá řídicí jednotka s pevnou náhradní hodnotou. Výkon motoru se tak sníží a zastaví se i zpětné přivádění



Obr. 21. Snímač klepání motoru (Bosch).

- 1 – seismická kostra
- 2 – zalévací hmota
- 3 – piezokeramika
- 4 – kontakty
- 5 – přívod elektrického napětí

ní výfukových plynů (je-li jím motor vybaven).

Snímač teploty vzduchu

Měřením teploty vzduchu v sacím potrubí motoru (viz obr. 2) se bere v úvahu i příslušná hustota vzduchu, která se rovněž mění s teplotou vzduchu a ovlivňuje tak plnění válců. Při větší teplotě

vzduchu se snižuje a při ochlazování se naopak zvyšuje stupeň plnění válců. Řídicí jednotka na to reaguje a příslušně přizpůsobuje vstřikované množství paliva. Při výpadku tohoto signálu řídicí jednotka Motronic počítá s pevnou náhradní hodnotou. Přitom může dojít k poklesu výkonu motoru.

Snímač vnějšího (atmosférického) tlaku

Snímač atmosférického tlaku je umístěn v řídicí jednotce Motronic. Měří okamžitý tlak vzduchu (absolutní tlak). Tento signál slouží:

- k diagnostice (u přeplňovaných motorů se porovnávají údaje snímačů přeplňovacího a atmosférického tlaku);
- ke korekci na nadmořskou výšku, tzn. když se s rostoucí nadmořskou výškou a klesajícím tlakem vzduchu zmenšuje plnění válců (klesá hustota vzduchu), mění se odpovídajícím způsobem i vstřikované množství paliva a okamžik vstřiku. Snímač atmosférického tlaku není možné vyměňovat. V případě jeho závady se musí vyměnit celá řídicí jednotka.

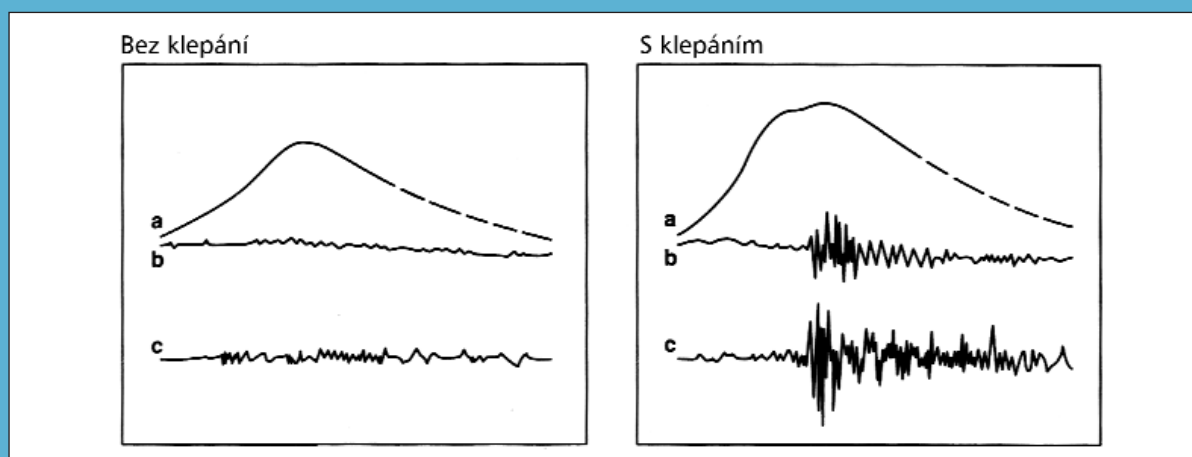
Napětí akumulátoru

Napětí akumulátoru má vliv na doby otevření vstřikovacích ventilů a tím i na dobu spojení okruhu zapalování. Pokud dochází při provozu motoru ke kolísání palubního napětí, pak řídicí jednotka Motronic koriguje vyvolávané zpoždění otevření vstřikovacích ventilů změnou doby vstřikování. Je-li palubní napětí příliš nízké (mezní hodnota je asi 9 V), musí se příslušně prodloužit doba spojení zapalovacího obvodu, aby cívka zapalování měla dostatek času k dodání energie zapalovací svíče.

Složení směsi

Poměr mezi skutečně nasátým a teoreticky potřebným vzduchem ke spálení vstřikovaného množství paliva (λ – lambda) se měří pomocí lambda-sondy. Hodnota $\lambda = 1$ odpovídá směšovacímu poměru paliva se vzduchem 1 : 14,7. Každá odchylka tohoto ideálního poměru (stechiometrická směs, kdy je dokonale spáleno veškeré dodané palivo) je přenášena na řídicí jednotku Motronic, pomocí níž je příslušně korigováno vstřikované množ-





Obr. 22. Signály snímače klepání motoru (Bosch).

Snímač klepání motoru dodává signál (c), který odpovídá průběhu spalovacího tlaku (a) ve válci. Filtrovaný signál je znázorněn jako průběh (b).

ství paliva. Při tomto poměru směsi optimálně funguje i katalyzátor.

Snímač klepání motoru

Snímač klepání motoru (obr. 21) podává řídicí jednotce Motronic informaci o tom, že spalování má rázový (zvonivý)

charakter, který je vyvoláván samozápalý ještě nespálené směsi. V tomto případě dosahuje rychlost spalování směsi až 300 m.s^{-1} (normální rychlost hoření směsi je asi 30 m.s^{-1}). Při takovémto spalování s rázovým charakterem dochází k prudkým zvýšením tlaků a k šíření tlakových

vln, které působí na stěny spalovacího prostoru a vyvolávají jejich kmitání. Aby se zabránilo poškození motoru, používají se snímače klepání, které tyto kmity stěn válců převádějí na elektrické signály (obr. 22) a hlásí je tak řídicí jednotce Motronic. Čtyřválcové řadové motory bývají vět-





šinou vybaveny jedním snímačem, pěti- a šestiválcové motory dvěma a osmi- a dvánáctiválcové dvěma nebo i více snímači klepání.

Zpracování provozních údajů

Výpočet signálu zatížení

Ze signálů (hlavních veličin) zatížení a otáček motoru se vypočítává signál zatížení, který odpovídá hmotnosti vzduchu nasávaného motorem při jednom zdvihu. Tento signál zatížení je pro mikroprocesor řídicí jednotky základem pro výpočet doby vstřikování (obr. 23) a pro výběr vhodného pole charakteristik úhlu zapálení.

Hmotnost vzduchu se měří přímo pomocí měřiče s vytápěnou tenkou vrstvou a využívá se jako jedna z veličin pro výpočet signálu zatížení.

U systému Motronic se snímačem tlaku jako snímačem zatížení neexistuje žádná přímá závislost mezi měřenými veličinami tlaku v sacím potrubí a hmotností nasávaného vzduchu. V tomto případě se pro výpočet signálu zatížení v řídicí jednotce využívá příslušných charakteristik. Následně se kompenzují změny teploty proti výchozímu stavu.

Výpočet doby vstřikování

U výpočtu doby vstřikování se rozlišuje základní doba vstřikování a účinná doba vstřikování.

Základní doba vstřikování (základní množství paliva) se vypočítává přímo ze signálu zatížení a konstanty vstřikovacího ventilu. Pod pojmem konstanta vstřikovacího ventilu se rozumí vztah mezi dobou vybuzení vstřikovacího ventilu a jím prošlým množstvím paliva. Prošlé

množství paliva zase závisí na konstrukci vstřikovacího ventilu. Když se doba vstřikování vypočtená řídicí jednotkou násobí konstantou vstřikovacího ventilu, dostane se požadovaná hmotnost paliva na zdvih v poměru k hmotnosti nasávaného vzduchu na zdvih. Základem je přitom směšovací poměr paliva se vzduchem 1 : 14,7, což odpovídá $\lambda = 1$, a konstantní rozdíl mezi tlakem paliva a tlakem v sacím potrubí. U zařízení s regulátorem tlaku paliva, jehož komora s pružinou není spojená se sacím potrubím, se místo to-

ho doba vstřikování kompenzuje pomocí korekčních charakteristik λ .

Při kolísání napětí akumulátoru se tím vyvolávané ovlivnění doby otevření a zavření vstřikovacího ventilu kompenzuje pomocí korekce na napětí akumulátoru.

Účinná doba vstřikování se získává ze základní doby vstřikování započtením korekčních veličin (např. teplota motoru a vzduchu, odchylka od $\lambda = 1$, napětí akumulátoru, všechny způsoby obohacování). Tyto korekční hodnoty se vypočítávají příslušnými speciálními procesy v řídicí jednotce a berou v úvahu různé pracovní podmínky a režimy motoru (viz obr. 23).

Charakter vstřikování odpovídá aktivaci vstřikovacích ventilů v závislosti na použitém systému (simultánní, polekvenční (skupinové) a sekvenční).

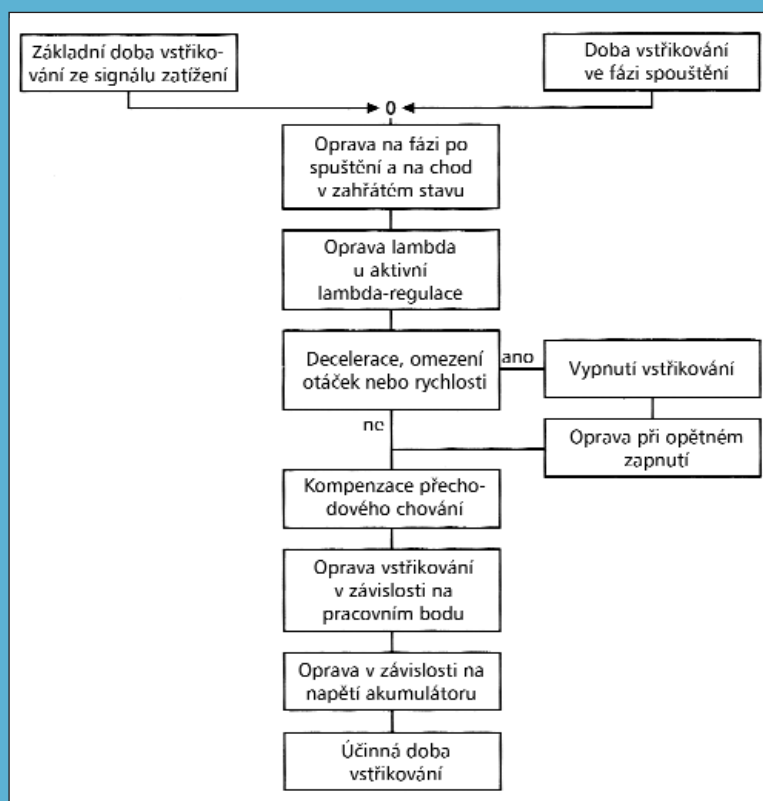
Výpočet okamžiku zapálení s řízením úhlu sepnutí a úhlu zapalování bude rozebrán v některém z dalších pokračování Praktické dílny.

(Pokračování příště)

ZPRACOVÁNO

PODLE ZAHRANIČNÍCH MATERIÁLŮ

JIŘÍ ČUMPELÍK



Obr. 23. Výpočet účinné doby vstřikování (Bosch).

