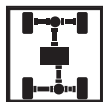




**Automobil
od A do Z**



Servis



Podvozek



**Organizace
práce**



Motor



**Systémy
a příslušenství**



**Bezpečnost
a hygiena práce**



Geometrie



**Nářadí
a vybavení dílen**



**Paliva
a maziva**



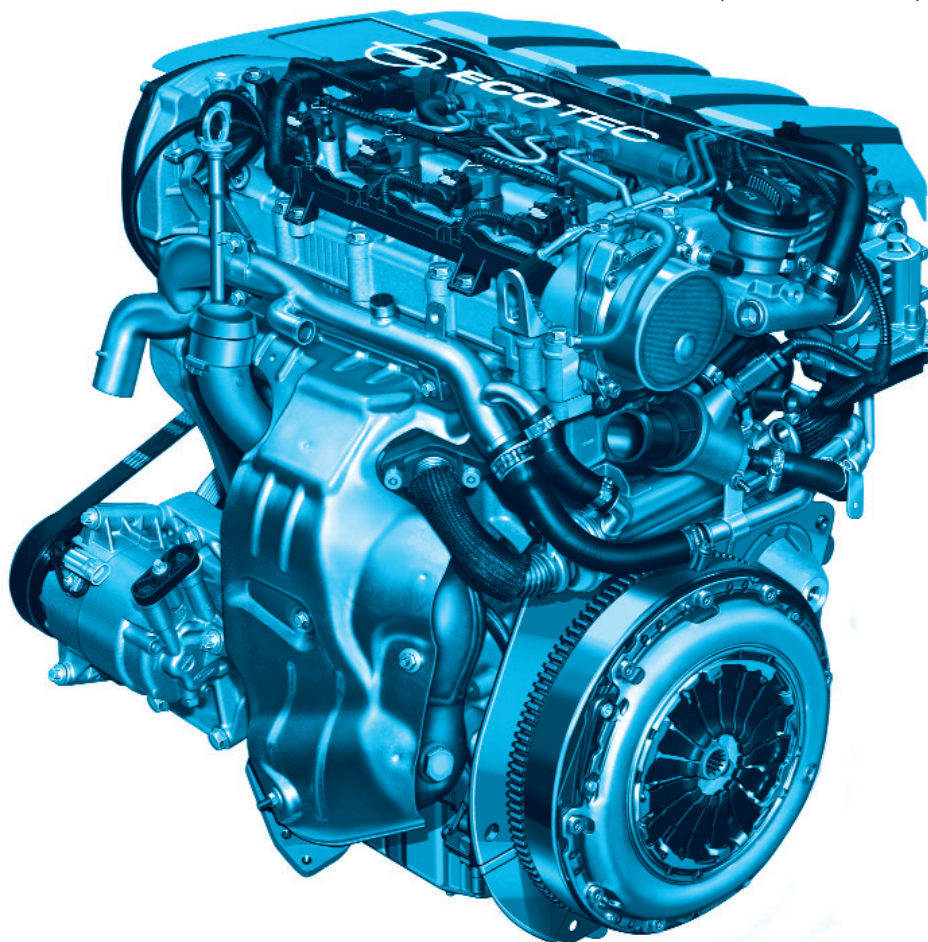
**Diagnostika
a měření**



**Elektr. zařízení,
elektronika**

Praktická dílna

Elektronické řízení vznětového motoru (EDC) IV.





Elektronické řízení vznětového motoru (EDC) IV.

Již počtvrté se budeme v Praktické dílně věnovat v rámci elektronického řízení vznětového motoru vstřikovacím systémům vznětového motoru. Navážeme na poslední kapitolu, ve které byla popsána funkce systému Common Rail. Protože elektronické řízení vznětového motoru se systémem Common Rail má mnoho prvků, jejichž funkční princip je shodný se systémy popsanými v posledních částech Praktické dílny, upozorníme v této kapitole pouze na odlišnosti systému Common Rail. I přesto se však neubráníme v některých případech opakování již uvedených skutečností. V další části dnešní kapitoly pak přejdeme k popisu rozdělovacího vstřikovacího čerpadla s radiálními písty. Celý seriál tvoří řada postupně překládaných kapitol z knihy Meisterwissen im KFZ Handwerk z našeho sesterského vydavatelství Vogel Verlag v Německu.

Elektronické řízení vznětového motoru (EDC) se systémem Common Rail

Stejně jako všechny elektronicky řízené systémy regulace vznětového motoru se skládá z:

- řídicí jednotky motoru,
- snímačů (vysílačů dat) a vysílačů (vysílačů) zadaných hodnot,
- nastavovacích prvků (akčních členů),
- periférií, např. recirkulace výfukových plynů, turbodmychadla výfukových plynů, proměnné délky sacího potrubí.

Řídicí jednotka motoru

Řídicí jednotka zpracovává vstupní signály (informace), které získává od snímačů

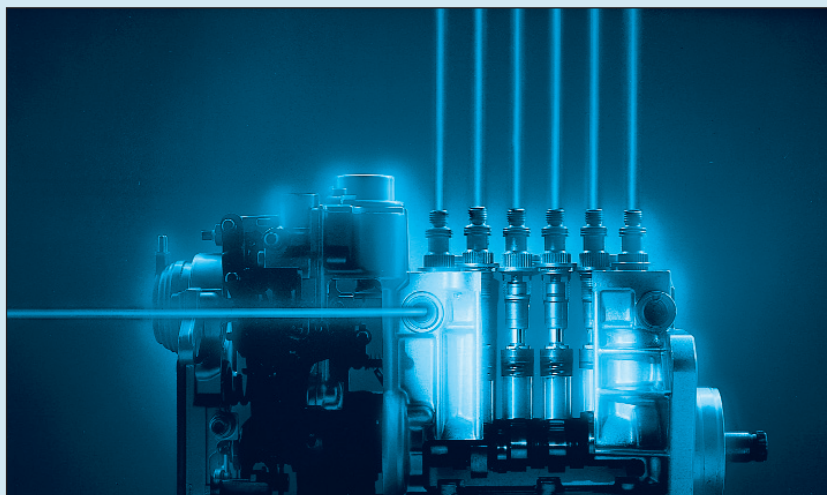
a vysílačů zadaných hodnot. Z nich určuje pracovní režim motoru a v závislosti na nich vypočítává výstupní (řídicí) signály, kterými pak přímo nebo nepřímo (pomocí relé) řídí příslušné akční členy (výkonné prvky).

Elektronická část řídicí jednotky pracuje se stálým napájecím napětím 5 V. Akční členy jsou většinou jednopólově přes záporný pól výstupu řídicí jednotky spojeny s kladným palubním napětím 12 V. Výjimku tvoří elektromagnetické ventily vstřikovačů PDE (Pumpe Düse Einspritzung). Zde bývá navíc kladné připojení pólu k řídicí jednotce s palubním

napětím. U vstřikovacího systému Common Rail jsou na výstupy k akčním členům kladeny zvláštní požadavky; jejich aktivace musí být provedena se strmým nárůstem proudu, aby se dosáhlo přesného dávkování vstřikovaného množství paliva. Tyto požadavky je možné splnit pouze pomocí vysokých napětí prostřednictvím kondenzátoru. Řídicí jednotka kromě toho vytváří i rozhraní (datovou sběrnici CAN) pro řídicí jednotky jiných systémů a pro diagnostiku vozidla. Tím je umožněn přenos dat s elektronickými systémy, jako jsou regulace prokluzu kol poháněné nápravy (ASR), elektronické řízení převodovky (GS) nebo elektronický stabilizační systém (ESP). Každý systém EDC je přitom plně zapojen do diagnostického systému vozidla, a plní tak všechny požadavky palubní diagnostiky (OBD – On Board Diagnose), resp. evropské palubní diagnostiky (EOBD – European On Board Diagnose).

Vlastní diagnostika (vlastní kontrola) vstřikovacího systému

Vlastní kontrolu provádí řídicí jednotka motoru. Jejím úkolem je kontrola všech snímačů (vysílačů dat) i akčních členů.





Při kontrole snímačů se pomocí vlastní diagnostiky testuje, jestli je dostatečně vysoké napájecí napětí nebo je-li jejich signál v přípustném intervalu, resp. je-li hodnověrný. Důležité signály se přivádějí dvěma až třemi cestami. V případě závady se tím umožňuje přepnout na některý z těchto náhradních signálů.

Hlášení závad

Vzniklé závady řídicí jednotka signalizuje pomocí kontrolky a ukládá je do paměti závad, aby mohly být později vyhodnoceny. Při hlášení závady může kontrolka podle typu závady trvale blikat, trvale svítit nebo zůstat zhasnutá. Pokud se ukládá více závad, má „blikání“ přednost před „trvalým rozsvícením“.

Nedůležité závady, které se vyskytují pouze sporadicky, se sice ukládají do paměti, nejsou však signalizovány rozsvícením kontrolky. Poté, co se poprvé ztratí, snižuje se ukazatel četnosti chyby. To znamená, že je nastaven určitý počet režimů spuštění (např. 40), který se při každém režimu spuštění, kdy se závada nevyskytne, sníží o jednu. Pokud se daná závada po 40 spuštěních dále nevyskytuje, je chyba z paměti vymazána.

Kontrola vstřikovacího systému

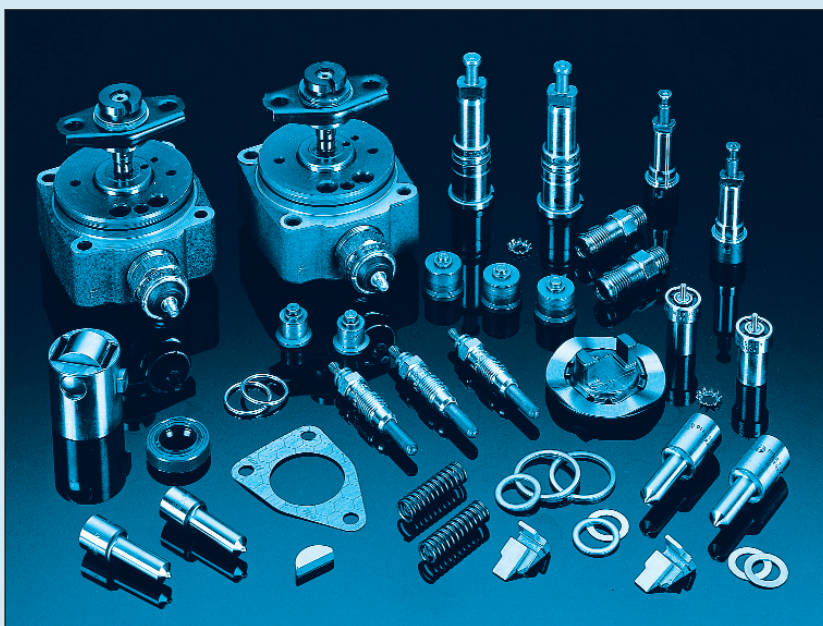
Hledání závad systémovým testerem

Kontrola vstřikovacího systému Common Rail se provádí testerem, který se připojuje k diagnostickému rozhraní nebo na diagnostickou přípojku EOBD. Po zadání identifikačních údajů (typu vozidla, druhu pohonu, značky, modelové řady a typu motoru) může tento tester pomocí speciálního zkušebního programu provádět následující funkce:

- přečtení paměti závad,
- kontrolu akčních členů,
- snímání skutečných hodnot,
- servisní nastavení.

Čtení paměti závad

Přečtením paměti závad se zjistí vadné součásti identifikované pomocí vlastní diagnostiky. Hloubka této diagnózy, tzn. jak přesně je závada identifikována, závisí u různých výrobců automobilů vždy na zkušebním programu (zkušebním softwaru) v jejich systémových testech.



Diagnostika akčních členů

Pomocí diagnostiky regulačních prvků může systémový zkušební přístroj uvádět do činnosti určené akční prvky, např. elektromagnetický ventil regulace plnicího tlaku turbodmychadla, recirkulace výfukových plynů, regulace škrticí klapky a akusticky, resp. elektricky zjišťovat, zda reagují.

Snímání skutečných hodnot

Snímání skutečných hodnot je snímání okamžitých naměřených a vypočtených provozních údajů, jakými jsou např. údaje ze snímače otáček (volnoběžné, resp. přeběhové otáčky), ze snímače polohy pedálu akceleratoru (poloha při volnoběhu a při plném zatížení), ze snímače plnicího tlaku turbodmychadla (při volnoběhu tlaku atmosférického), z čidla atmosférického tlaku, ze snímačů teploty (chladicí kapalina, vzduch, olej a palivo) a počátku vstřikování.

Servisní nastavení

Servisní nastavení je vyžadováno např. po výměně řídicí jednotky. Pak se musí řídicí jednotka znovu nastavit (nakódovat) pro daný vstřikovací systém.

Hledání závad bez použití systémového testeru

V paměti závad vstřikovacího systému se sice ukládají závady, vlastní diagnostikou však není možno vždy určit, ve které části soustavy je příčina této závady.

Aby bylo možno ji najít, musí se provést příslušná měření pomocí multifunkčního měřicího přístroje, resp. osciloskopu a propojovacího pole s piny (pin-boxu) s adaptačním kabelem. Při měření napájecího (palubního) napětí a odporu, resp. přerušení v kabelovém svazku dané součásti, se odpojí konektor řídicí jednotky, a ten se spojí kabelem s propojovacím pinovým polem. Pokud není propojovací pin-box k dispozici, může se u součástí s konektorovou přípojkou použít vhodný adaptační kabel s postranními (paralelními) přípojkami pro měření. Měření napájecího (palubního) napětí by se mělo provádět pokud možno pod zátěží, např. žárovkou (např. 12 V s příkonem alespoň 21 W), aby bylo možné podle poklesu napětí (dovoleno max. 0,5 V) najít případné příliš vysoké přechodové odpory. Kromě toho se může průběh proudu při ovládání elektromagnetických ventilů vstřikovačů snímat a vyhodnocovat pomocí osciloskopu.

Upozornění:

V praxi se musí pro hledání závad bezpodmínečně používat specifická zkušební dokumentace příslušného výrobce a typu automobilu. Schémata elektrického zapojení, diagramy a měřené hodnoty systému EDC je třeba brát jako příklady. Pro hledání závad v praxi se sice nehodí, je však možné ukázat diagnostický postup při zkoušení vstřikovacího systému.



Snímače elektronické regulace přívodu nafty (EDC)

Pomocí snímačů (čidel a vysílačů dat) jsou sledovány provozní podmínky (např. otáčky motoru, atmosférický a plnicí tlak turbodmychadla, teploty). Všechny tyto snímače mění naměřené fyzikální veličiny na elektrické signály a tyto signály předávají řídicí jednotce motoru.

Systém Common Rail využívá tyto snímače:

- snímače teploty
 - snímač teploty v sacím potrubí
 - snímač teploty chladicí kapaliny
 - snímač teploty paliva
- snímače tlaku
 - snímač plnicího tlaku
 - snímač atmosférického tlaku
- indukční snímač otáček/polohy referenční značky
- snímač polohy vačkové hřídele
- snímač rychlosti
- snímač hmotnosti vzduchu s vyhřívaným filmem

Pozn.: Níže uvedený podrobný popis je pouze u těch snímačů, v jejichž funkci je odlišnost od snímačů popsanych u jiných vstřikovacích systémů v předchozích vydáních Praktické dílny.

Snímač teploty paliva

U vstřikovacího systému Common Rail (CR) je v důsledku intenzivního ohřívání paliva rozdíl teploty paliva podstatně větší (40 až +100 °C), než je tomu u běžných vstřikovacích systémů. Při změně teploty paliva se výrazně mění jeho hustota. Při ohřívání paliva řídicí jednotka vypočítává příslušný pokles hustoty a upravuje vstřikované množství paliva tak, aby hmotnost paliva byla konstantní. Při výpadku tohoto signálu počítá řídicí jednotka s náhradní hodnotou vycházející ze signálu snímače chladicí kapaliny. Dochází ke snížení výkonu a regulace začátku vstřiku přechází na náhradní hodnotu.

Snímač polohy vačkové hřídele

U motorů osobních automobilů se vstřikovacím systémem Common Rail je to Hallův snímač. Jeho signál slouží řídicí jednotce motoru k identifikaci jednotlivých válců při spouštění motoru. Poskytuje informace, který válec se právě nachází v kompresním zdvihu, aby byl

aktivován daný elektromagnetický ventil vstřikovače. Vačková hřídel obsahuje segment s jedním zubem z feromagnetického materiálu. Při otáčení vačkové hřídele se při průchodu tohoto zubu kolem Hallova snímače na krátkou dobu vytváří obdélníkový signál (Hallovo napětí), a řídicí jednotce se tak sděluje, že se první válec motoru právě nachází v kompresním zdvihu. Pomocí signálu z Hallova snímače na vačkové hřídeli a snímače referenční značky na klikové hřídeli se synchronizuje počátek vstřiku. Při výpadku signálu pracuje řídicí jednotka se signálem snímače otáček/referenční značky. Motor pracuje dále, protože řídicí jednotka má určeno pořadí zapalování. Po zastavení motoru jej však není možné znovu spustit.

Snímače zadaných (požadovaných) hodnot u EDC se systémem Common Rail

Snímače požadovaných hodnot jako příkazové vysílače podávají řídicí jednotce motoru příslušné příkazy (požadované hodnoty), jako je např. poloha pedálu akcelérátoru nebo nastavení tempomatu, s jejichž pomocí je možné provést akceleraci nebo nastavit požadované otáčky motoru, resp. konstantní rychlost jízdy.

Systém Common Rail využívá tyto snímače zadaných (požadovaných) hodnot:

- polohy pedálu akcelérátoru;
- brzdových světel/brzdového pedálu;
- spojky;
- ovládací prvky pro regulaci rychlosti jízdy (tempomat) a otáček motoru.

Pozn.: Níže uvedený podrobný popis je pouze u těch snímačů, v jejichž funkci je odlišnost od snímačů popsanych u jiných vstřikovacích systémů v předchozích vydáních Praktické dílny.

Snímač polohy pedálu akcelérátoru

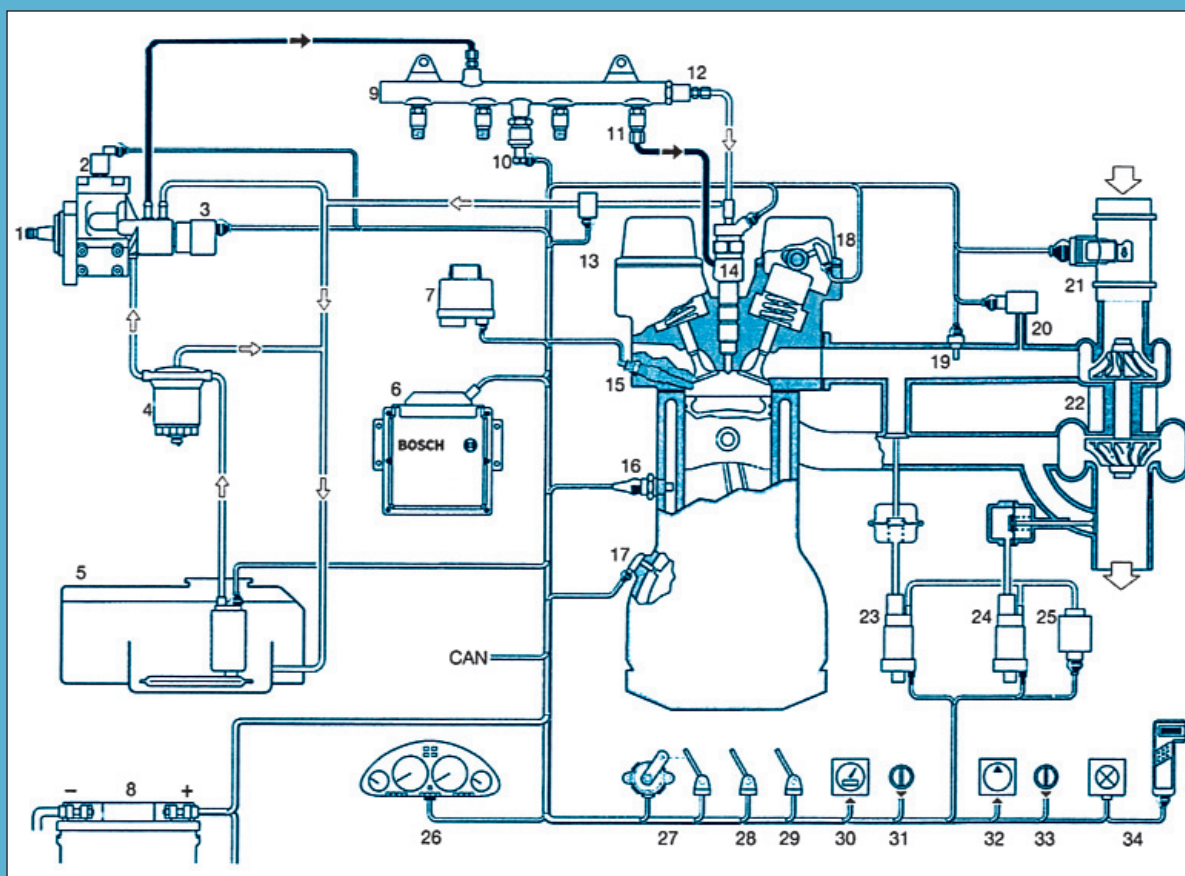
Snímač polohy pedálu akcelérátoru (obr. 1, pozice 27) pro motory se systémem Common Rail se skládá z jednoho potenciometru (měnitelného elektrického odporu), spínače polohy volnoběhu a u automobilů s automatickou převodovkou dále ze spínače polohy plné akcelerace (spínač kick-down). Řídicí jednotka motoru napájí

potenciometr napětím 5 V. Při sešlápnutí pedálu akcelérátoru a otáčením hřídelky potenciometru se rovnoměrně zvyšuje napětí signálu. Z dané hodnoty napětí je tak možno určit polohu pedálu akcelérátoru podle charakteristiky naprogramované v řídicí jednotce motoru. Řidič tak má možnost regulovat rychlost jízdy a točivý moment, resp. výkon motoru. Poloha snímače pedálu akcelérátoru kromě toho (v závislosti na zatížení) určuje i tlak ve společném vysokotlakém potrubí (rail). Spínač polohy pedálu při volnoběhu slouží také pro kontrolu (vlastní diagnostiku). V poloze volnoběhu je kontakt spínače sepnut. Po otočení hřídelky potenciometru o několik stupňů dojde k rozpojení kontaktu. Pokud řídicí jednotka motoru tento proces nezaznamená, ačkoliv se otáčky motoru zvyšují, je tento spínač vadný a systém přechází na nouzový režim. To značí u osobních automobilů s manuální převodovkou otáčky asi 1200 min⁻¹, u těch s automatickou převodovkou asi 1400 min⁻¹. Spínač polohy plné akcelerace (spínač kick-down), který se sepne při sešlápnutí pedálu na plnou akceleraci, zajistí snížení převodového stupně a při akceleraci opět přechází na vyšší převodové stupně.

V některých případech je možné se setkat se snímači polohy pedálu akcelérátoru se dvěma potenciometry (měnitelnými elektrickými odpory, bez spínače polohy volnoběhu a bez spínače polohy plné akcelerace (spínač kick-down). I v tomto případě jsou potenciometry napájeny řídicí jednotkou motoru napětím 5 V. Druhý potenciometr ve všech pracovních bodech zajišťuje kontrolu hodnot vždy polovičním napětím hlavního potenciometru. Kromě toho je možno při výpadku prvního potenciometru pokračovat v jízdě (s případným snížením výkonu). Při úplném výpadku snímače polohy plynového pedálu přechází EDC na nouzový režim s konstantními otáčkami, např. 1300 min⁻¹.

Akční členy EDC u systému Common Rail

Akční členy jsou ovládány z výstupů řídicí jednotky, ve většině případů impulzově. Přitom převádějí elektrické výstupní signály na mechanické veličiny, jako např.



Obr. 1. Vstřikovací systém Common Rail (Bosch)

- | | |
|--|---|
| 1 – vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty | 16 – snímač teploty chladicí kapaliny |
| 2 – vypínání prvků při volnoběhu a při neúplném zatížení, pro omezení ohřívání paliva | 17 – snímač otáček klikové hřídele |
| 3 – tlakový regulační ventil, taktovaný řídicí jednotkou | 18 – snímač otáček vačkové hřídele (Hallův snímač), slouží k rozpoznávání válců |
| 4 – palivové čerpadlo | 19 – snímač teploty nasávaného vzduchu |
| 5 – palivová nádrž s předřazeným filtrem a pomocným čerpadlem | 20 – snímač plnicího tlaku turbodmychadla |
| 6 – řídicí jednotka | 21 – snímač hmotnosti vzduchu s topnou tenkou vrstvou |
| 7 – řídicí jednotka doby žhavení | 22 – turbodmychadlo |
| 8 – akumulátor | 23 – regulátor recirkulace výfukových plynů |
| 9 – vysokotlaký zásobník paliva (rail) | 24 – regulátor plnicího tlaku turbodmychadla |
| 10 – snímač tlaku ve vysokotlakém zásobníku paliva (railu) | 25 – podtlakové čerpadlo |
| 11 – omezovač průtoku, v případě vadného vstřikovače blokuje průtok paliva, aby nedošlo k poškození motoru | 26 – přístrojová deska s výstupem signálu o spotřebě paliva, otáčkách atd. |
| 12 – omezovací tlakový ventil, zabraňuje zvýšení tlaku nad 180 MPa | 27 – snímač polohy pedálu akceleratoru |
| 13 – snímač teploty paliva | 28 – snímač polohy brzdového pedálu |
| 14 – vstřikovač | 29 – spínač spojky |
| 15 – žhavicí svíčka | 30 – snímač rychlosti jízdy |
| | 31 – ovládací prvek regulace rychlosti jízdy (tempomat) |
| | 32 – kompresor klimatizace |
| | 33 – ovládací prvky klimatizace |
| | 34 – přípojka pro diagnostický přístroj |

nastavení přepouštěcího ventilu obtoku výfukových plynů u turbodmychadla, nastavení polohy lopatek v turbodmychadle výfukových plynů nebo ventilu recirkulace výfukových plynů atd.

Recirkulace výfukových plynů (AGR)

Recirkulace výfukových plynů se uvádí do činnosti až při teplotě chladicí kapaliny vyšší než +60 °C, vždy v pracovním režimu neúplného zatížení v rozmezí otáček

1000 až 3500 min⁻¹ (ne při volnoběhu). Pracuje společně s elektronickou regulací vstřikování nafty (EDC). V řídicí jednotce je stupeň recirkulace výfukových plynů (tzn. otevření recirkulačního ventilu)



uložen v příslušném poli charakteristik. V tomto paměťovém poli charakteristik je pro každý pracovní bod uloženo potřebné množství nasávaného vzduchu, jaké je zapotřebí v závislosti na otáčkách motoru, vstřikovaném množství paliva (odpovídajícímu stavu zatížení) a teplotě motoru. Řídicí jednotka dostává ze snímače hmotnosti vzduchu informaci o momentálně nasávané hmotnosti vzduchu, porovnává ji s uloženou požadovanou veličinou a podle toho dává množství zpětně přiváděných plynů. Kromě toho řídicí jednotka ovládá elektropneumatický ventil (obr. 1, pozice 23), který vytváří spojení mezi podtlakovým čerpadlem a ventilem recirkulace výfukových plynů (ventil AGR), a to prostřednictvím obdélníkového signálu s modulovanou šířkou impulsu. Ventil AGR nastavuje podle pracovního podtlaku velikost průtočného průřezu. Pokud dojde k výpadku recirkulace výfukových plynů, nasává motor větší množství vzduchu. Snímač hmotnosti nasávaného vzduchu o tom podá informaci řídicí jednotce (vlastní diagnostika), která podle toho sníží otáčky (deregulace), čímž se sníží i výkon motoru.

Regulace plnicího tlaku turbodmychadla

U vznětových motorů osobních automobilů se používá buď turbodmychadlo s obtokem a regulačním ventilem (obr. 1, pozice 24) nebo turbodmychadlo VTG s nastavitelnými lopatkami. Pomocí regulace plnicího tlaku turbodmychadla se už při nízkých otáčkách motoru a malém množství výfukových plynů mohou nastavit poměrně vysoké otáčky turbíny výfukových plynů a vysoký plnicí tlak. Přitom u turbodmychadla s obtokem se tento obtok uzavře pomocí regulačního ventilu a u turbodmychadla VTG se příslušným nastavením vodicích lopatek nastaví malý vstupní průřez. Pomocí těchto nastavení se už při nízkých otáčkách motoru (1800 až 2000 min⁻¹), zejména při použití turbodmychadla VTG, zvýší otáčky turbíny, vzroste plnicí tlak i točivý moment motoru na své nejvyšší hodnoty. Aby se při vysokých otáčkách a vysokém zatížení s velkým množstvím výfukových plynů tlak nezvýšil příliš, musí se v této oblasti část výfukových plynů u turbodmychadla s obtokem vypouštět aktivo-



vaným a příslušně otevřeným regulačním obtokovým ventilem na turbíně pryč do výfuku. U turbodmychadla VTG se naopak tomu musí změnit nastavení vodicích lopatek a zvětšit tak vstupní průřez, čímž se otáčky turbíny téměř nezmění a plnicí tlak se už nezvýší. Celé zařízení je navrženo tak, že je vždy zachována dostatečná rezerva do tzv. meze čerpání. Regulaci plnicího tlaku provádí řídicí jednotka na základě uloženého pole charakteristik, které pro každý pracovní bod motoru obsahuje požadovanou (zadanou) hodnotu plnicího tlaku. Ta se neustále porovnává se vstupující skutečnou hodnotou plnicího tlaku. Dojde-li mezi oběma hodnotami k odchylce, řídicí jednotka motoru uvede do činnosti elektropneumatický ventil ovládající regulátor plnicího tlaku. Elektropneumatický ventil vytváří spojení mezi podtlakovým čerpadlem (obr. 1, pozice 25), které je poháněno motorem a regulátorem plnicího tlaku. Tato aktivace se provádí pomocí obdélníkového širokově modulovaného impulzového signálu do té doby, než se požadovaná a skutečná hodnota plnicího tlaku shodnou. Při výpadku regulace plnicího tlaku nepůsobí na regulátor žádný podtlak. Tím se plnicí tlak sníží a motor má menší výkon.

Odpojování sacího plnicího kanálu

U vznětových motorů s jedním vířivým a jedním sacím plnicím kanálem na válec se v dolní oblasti otáček a nižšího zatížení (pro lepší tvorbu směsi) pomocí klapek otvírají vířivé a uzavírají sací plnicí kanály. V horní oblasti otáček a při vyšším zatížení (asi od 2400 min⁻¹) se plnicí kanály bez jakékoli přechodové fáze otvírají, aby se dosáhlo dokonalého

plnění válců a tím i vysokého výkonu. Vzhledem k tomu, že pak už nesmí docházet k víření vzduchu, dosahuje se v tomto případě tvoření směsi jemným rozprašováním paliva pod vysokým vstřikovacím tlakem až 200 MPa.

Ovládání odpojování sacího plnicího kanálu provádí řídicí jednotka. Podle výrobce a typu použitého zařízení se:

- aktivuje elektromagnetický ventil – ten umožní vznik pracovního podtlaku na táhla klapky prostřednictvím podtlakové komory; nebo se
- aktivuje elektromotor, který přímo ovládá táhla klapky.

Ovládání elektromagnetických ventilů vstřikovačů Common Rail

Cívky elektromagnetických ventilů jsou kladným i záporným pólem připojeny k řídicí jednotce motoru. Přes kladný pól řídicí jednotka napájí všechny elektromagnetické ventily napětím 24 V. Prostřednictvím záporného pólu jsou aktivovány elektromagnetické ventily sekvenčně (tj. podle pořadí zapalování). K tomu slouží regulace proudu.

Pilotní vstřík

Pilotního vstříku (někdy se též užívá označení předvstřík) (obr. 2) se využívá při volnoběhu a v dolní oblasti neúplného zatížení. Při pilotním vstříku se elektromagnetické ventily v přitahovací fázi aktivují strmým nárůstem proudu (strmé čelo proudu), kterého se dosahuje výbojem kondenzátoru (při napětí přibližně 80 V a proudu asi 20 A). Ještě před začátkem omezení proudu se z výboje kondenzátoru přepne na palubní napětí a přidržovací proud je omezen taktováním asi na 8 A. Po vstříku v trvání přibližně půl milisekundy řídicí jednotka přeruší napájení a předvstřík se ukončí. Při této krátké taktované aktivaci elektromagnetického ventilu jehla neotvírá trysku úplně, ale pouze částečně, takže se nevstříkuje více paliva než 1,5 až 2,0 mm³. Po přerušení proudu procházejícího elektromagnetickým ventilem dochází k nabíjení kondenzátoru. U některých systémů Common Rail probíhá dvojitý pilotní vstřík. Tento „dvojitý předvstřík“ se používá pro snížení hluchosti spalova-



vání, snížení vibrací („klepání“) a dosahuje se tak klidnějšího chodu motoru.

Hlavní vstřík

Ovládání elektromagnetických ventilů při hlavním vstřiku se dělí na fázi přitahovací a na fázi přidržovací proudu (obr. 2). Ve fázi přitahování se na elektromagnetické ventily přivede strmě narůstající přitahovací proud (strmé čelo proudu) s výbojem kondenzátoru (až 80 V a proud asi 20 A). Ještě během přitahovací fáze dochází k přepnutí na palubní napětí. Jakmile tento přitahovací proud dosáhne hodnoty 8 A, omezuje se taktováním. Po zavření elektromagnetického ventilu se přitahovací proud snižuje na přidržovací proud asi 5,5 A. Po snížení proudu se už znovu nabíjí kondenzátor. V přidržovací fázi se pak pomocí taktování příkládaného napětí (trvalého zapínání a vypínání) proud stále reguluje na hodnotu přibližně 5,5 A. Po vypnutí přidržovacího proudu se elektromagnetický ventil silou pružiny uzavře a proces vstřikování je ukončen. Jehla rázem uzavře trysku buď účinkem své pružiny nebo pomocí hydraulicky ovládaného pístu ventilu. Po vypnutí přidržovacího proudu se kondenzátor znovu

nabíjí pro urychlení otevření ventilu v dalším procesu jeho aktivace.

Kontrola elektromagnetických ventilů vstřikovačů Common Rail

➤ **Funkce tohoto vstřikovacího systému, který je vybaven vstřikovací ovládanými pomocí elektromagnetických ventilů, je nutné bezpodmínečně kontrolovat ještě v namontovaném stavu. Jejich funkční kontrola po demontáži již není pomocí dílenských prostředků možná. Tato kontrola se může provádět elektricky, hydraulicky, akusticky nebo pomocí měření opacity výfukových plynů.**

Elektrická kontrola

- Proměření průchodnosti a odporu kabelových vedení a elektromagnetických ventilů, kontrola případných zkratů;
- měření napájecího napětí;
- posouzení průběhu ovládacího proudu pomocí osciloskopu.

Hydraulická kontrola

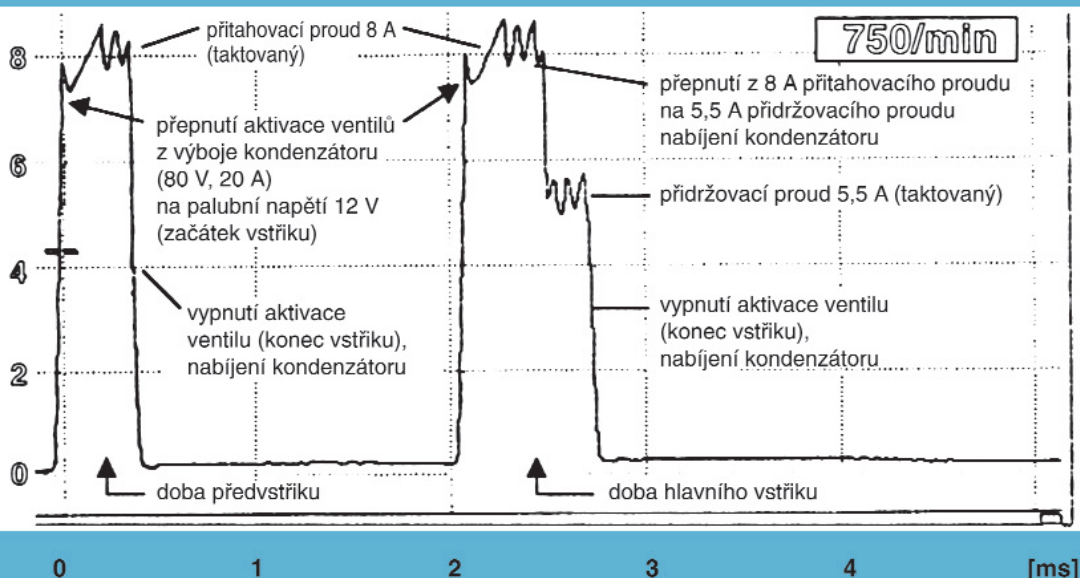
- Posouzení korekce dávkování u jednotlivých válců při regulaci během cho-

du naprázdno pomocí systémového zkušebního přístroje (při překročení definovaného korekčního množství [mm³/zdvih] je vstřikovací jednotka vadná).

Akustická kontrola

- Posouzení hlučnosti spalování (klepající spalování) u jednotlivých válců motoru. Lze tak lokalizovat vadnou vstřikovací trysku. Kontrolu je možno provést:
 - pomocí systémového zkušebního přístroje a příslušného zkušebního softwaru, kdy se postupně zapíná ovládání jednotlivých elektromagnetických ventilů,
 - bez zkušebního přístroje, kdy se postupně z každé jednotky vytáhne konektor elektromagnetického ventilu a připojí se na elektrickou přípojku jiné, nenamontované jednotky. Po odpojení konektoru se toto uloží do paměti jako závada, kterou je po dokončení kontroly nutné vymazat. Při odpojování jednotlivých konektorů za běhu motoru je sledován hluk, zda nedochází k tvrdému spalování. Je-li motor (podle předpokladu) mechanicky v pořádku, pak u válce, kde

[A] Kleštiny pro měření proudu 20 A



Obr. 2. Průběh proudu při ovládání elektromagnetického ventilu s výbojem kondenzátoru při volnoběhu (Common Rail), zaznamenaný systémovým zkušebním přístrojem Bosch FSA 560.



není po vypnutí vstřikování paliva slyšet žádné klepání při spalování, může být vadná pouze vstřikovací tryska.

Měření opacity výfukových plynů (měření kouřivosti)

- Pro lokalizaci vadné vstřikovací trysky je možné použít metodu posouzení stupně opacity u jednotlivých válců motoru. U motoru v bezvadném stavu je hodnota opacity při volnoběhu téměř neměřitelná, resp. je velice nízká, při poruše spalování se odpovídajícím způsobem zvýší. Aby byl nalezen válec se špatným spalováním, odpojí se postupně z každého vstřikovače Common Rail konektor elektromagnetického ventilu a připojí se na elektrickou přípojku jiného, nenamontovaného vstřikovače. Po odpojení konektoru se toto uloží do paměti jako závada, kterou je po dokončení kontroly nutné vymazat. Po každém odpojení konektoru se při běhu motoru provede měření opacity. Je-li motor (podle předpokladu) mechanicky v pořádku, pak u válce, u něhož se po deaktivaci vstřikování paliva hodnota opacity výrazně sníží, může být vadná pouze vstřikovací tryska.

Je-li nutná výměna vstřikovačů Common Rail, musí se z důvodu zabránění vadného namontování (např. deformace vstřikovacích trysek při upínání) bezpodmínečně dbát předpisů výrobce a používat předepsané speciální nářadí.

Ovládání ventilu pro regulaci tlaku

Ovládání elektromagnetů provádí řídicí jednotka motoru pomocí taktování modulovaným obdélníkovým signálem (změnou střídly). Pružina ventilu pro regulaci tlaku je navržena tak, že sama může udržovat tlak nejvýše 10 MPa. Proto se jí musí pomoci působením elektromagnetu, takže při spouštění motoru je hodnota tlaku nejméně 12 MPa, při volnoběhu alespoň 20 až 25 MPa a při sešlápnutí pedálu akcelérátoru na plný výkon s rostoucími otáčkami činí až 135 MPa (u současných motorů i více). Při této regulaci se kulička regulačního tlakového ventilu tlačí do svého sedla tak dlouho, než je tlak paliva větší než společná síla vyvozená pružinou a elektromagnetem. Průřez otevření se přitom nastavuje tak velký, aby byla vytvořena rovnováha sil mezi tlakem paliva na straně jedné a silou pružiny a elektromagnetu na straně druhé. Řídicí jednotka motoru aktivuje elektromagnet klíčovacím poměrem, dokud se požadovaná hodnota tlaku v railu odečtená z pole charakteristik neshoduje se skutečnou hodnotou, hlášenou snímačem tlaku v railu.

Řízení doby žhavení

U dnešních moderních vznětových motorů se systémem Common Rail přebírá řízení žhavicích svíček řídicí jednotka motoru a provádí jej prostřednictvím výkonového relé. V tomto případě řídicí jednotka pro optimální ovládání žhavicích

svíček v různých pracovních režimech využívá dostupných informací o teplotě chladicí kapaliny, spouštěcích otáčkách a zatížení motoru. Řídicí jednotka motoru řídí doby žhavení a přebírá i úlohy jištění a kontroly. Přitom se registrují výpadky jednotlivých žhavicích svíček a jsou signalizovány na přístrojovém panelu prostřednictvím trvale svítící kontrolky žhavení.

Předžhavování je aktivováno v poloze klíčku „zapalování zapnuto“ a proces spouštění je možno zahájit po zhasnutí kontrolky žhavení. V průběhu spouštění jsou žhavicí svíčky stále aktivní pro urychlení vypařování paliva, čímž usnadňují jeho vznícení. Po každém spuštění následuje vždy ještě dodatečné žhavení – nezávisle na tom, zda bylo aktivní i předžhavování. Toto dodatečné žhavení vede ke snížení kouřivosti motoru při jeho rozběhu a při volnoběhu se tak snižuje hluchost spalování (klepání) a jeho kouřivost. Dodatečné žhavení může trvat až čtyři minuty a vypíná se při otáčkách motoru nad 2500 min⁻¹. Pokud po zapnutí zapalování nedojde ke spouštění, zabrání jisticí obvod (po určité době) dalšímu žhavení a tím i vybíjení akumulátoru.

Regulační funkce EDC u vstřikovacího systému Common Rail

Aby se u vznětového motoru dosahovalo optimálního spalování ve všech pracovních režimech, musí řídicí jednotka vždy vypočítat přesnou dávku vstřikovaného paliva. Má proto v sobě pro všechny pra-





covní režimy motoru naprogramována příslušná pole charakteristik.

Dávkování

vstřikovaného paliva při jízdě

Při jízdě se vstřikované množství paliva vypočítává z polohy pedálu akcelérátoru a otáček motoru z pole charakteristik pro jízdní vlastnosti. U vstřikovacího systému Common Rail s elektromagneticky ovládanými ventily je množství paliva vstřikovaného ze vstřikovací trysky stanoveno z těchto faktorů:

- tlak paliva v tlakovém zásobníku paliva (railu) mezi 25 a 160 MPa (resp. 200 MPa);
- doba protékání proudu mezi počátkem a koncem aktivace;
- celkový průřez vstřikovacích otvorů v trysce.

Dobu průchodu proudu elektromagnetickými ventily Common Rail vypočítává řídicí jednotka na základě skutečných hodnot zjišťovaných snímači (tlak v railu, otáčky motoru, teplota chladicí kapaliny) a požadovaných hodnot (např. snímač polohy pedálu akcelérátoru, snímač jízdní rychlosti). Kratší dobou protékání proudu elektromagnetickým ventilem je dávkováno menší vstřikované množství paliva a delší dobou protékání proudu větší vstřikované množství. Doba protékání proudu, resp. vstřikované množství paliva se přitom mění tak dlouho, dokud skutečné otáčky (skutečná rychlost vozidla) neodpovídají požadovaným otáčkám (požadované rychlosti) předem stanoveným z pole charakteristik.

Dávkování vstřikovaného množství při spouštění motoru

Při spouštění se vstřikované množství paliva (doba průtoku proudu elektromagnetickými ventily) vypočítává v závislosti na teplotě chladicí kapaliny, tlaku v railu a spouštěcích otáčkách motoru. Určené množství paliva při spouštění se bez sešlápnutí pedálu akcelérátoru vstřikuje až do dosažení minimálních otáček při spouštění, které jsou závislé na teplotě. U nezahřátého motoru se těchto nejmenších otáček dosahuje později. Po překročení těchto minimálních otáček se vstřikuje normální dávka paliva. Protože jsou tyto procesy probíhající během spouštění naprogramovány v ří-

dicí jednotce, nemá řidič při spouštění na dávkování paliva žádný vliv.

Regulace začátku vstřiku

Okamžik vstřiku má vliv na spouštění motoru, hlučnost spalování, spotřebu paliva a emise škodlivin ve výfukových plynech. Z těchto důvodů je nezbytné jej upravovat podle pracovních podmínek. Zadaná požadovaná hodnota je vždy uložena v polích charakteristik v řídicí jednotce. Zvětšení předstihu vznětu motor při rostoucích otáčkách a při plném zatížení optimálně využívá a kromě toho udržuje i emise škodlivin ve výfukových plynech. Při vyšších otáčkách a menším zatížení motoru, resp. menším vstřikovaném množství paliva (nastaví se při uvolnění plynového pedálu do polohy neúplného zatížení) se naproti tomu musí okamžik vstřiku i přes vysoké otáčky nastavit snížením předstihu, aby spalování probíhalo měkčeji (bez klepání). Mimoto se při snížení maximální teploty spalování snižuje i podíl oxidů dusíku NO_x ve výfukových plynech.

Začátek vstřiku u systému Common Rail je okamžik, kdy se elektromagnetický ventil vstřikovače začíná otvírat, jehla trysky se zdvihá ze svého sedla a palivo se vstřikuje do spalovacího prostoru. U tohoto vstřikovacího systému neprobíhá regulace se zpětnou vazbou, nýbrž pouze vlastní řízení vstřiku. Každá požadovaná hodnota je uložena v poli charakteristik v řídicí jednotce. Okamžik vstřiku (začátek vstřiku) se mění dřívejším nebo pozdějším otevřením elektromagnetického ventilu.

Odůvodnění regulace začátku vstřiku:

U vstřikovacího systému Common Rail musí vstřikovací zařízení při rostoucích otáčkách a při plném zatížení prodloužit začátek čerpání, resp. vstřiku – tzn. dále od horní úvratí vznětu motoru, protože se:

- zvětšuje zpoždění vznětu (u zahřátého motoru trávající 1 ms) ve stupních otočení klikové hřídele. Zpoždění vznětu ve stupních otočení klikové hřídele se zvětšuje, protože ojnicí čep klikové hřídele při vyšších otáčkách uběhne za jednu milisekundu větší úhlovou vzdálenost než při otáčkách nižších;
- doba, která je k dispozici pro spálení vstřikované dávky paliva pro plné zatížení v oblasti vznětu na horní úvra-

ti se postupně zkracuje. Bez posunutí začátku čerpání, resp. vstřiku na dřívější okamžik by při vysokých otáčkách a plném zatížení začínalo spalování příliš pozdě a během pracovního taktu by se přenášelo příliš dovnitř. Klesal by tak spalovací tlak, točivý moment a výkon a motor by nebylo možné využívat optimálně. Kromě toho by se i zhoršily emisní hodnoty výfukových plynů a zvýšil by se podíl nespálených uhlovodíků.

Regulace otáček

Regulační odezva elektronického řízení vznětového motoru (EDC) je u nezatíženého motoru srovnatelná s variabilním regulátorem otáček (vícerozsahovým výkonostním regulátorem otáček). Otáčky nastavené polohou pedálu akcelérátoru jsou udržovány na stejné úrovni. Naopak při jízdě má EDC charakteristiku regulátoru otáčekového, tzn. že mezi volnoběžnými a přeběhovými otáčkami neexistuje žádná regulace. Regulace se znovu nastaví, pokud je nutné maximální – přeběhové otáčky omezit, aby bylo zamezeno přetočení a poškození motoru. V oblasti neregulovaných otáček přebírá regulaci řidič, který prostřednictvím pedálu akcelérátoru určuje otáčky, resp. rychlost jízdy. Tak např. při částečně sešlápnutém pedálu akcelérátoru (na polovičním zatížení) vozidlo na rovné silnici zrychluje jen na odpovídající střední rychlost, protože točivý moment odevzdávaný motorem nestačí v důsledku malých dávek vstřikovaného paliva už pro další zvyšování rychlosti. Jede-li vozidlo v této situaci do kopce, znamená to zvýšení zatížení a tím i snížení otáček motoru a rychlosti. Pro udržení rychlosti vozidla při jízdě do kopce musí řidič více sešlápnout pedál akcelérátoru, aby motor dostával větší množství vstřikovaného paliva a dodával tak vyšší točivý moment. U variabilního regulátoru otáček by si EDC sám od sebe určil větší dávky vstřikovaného paliva na základě svých charakteristik.

Regulace otáček při volnoběhu

Volnoběžné otáčky nejsou závislé na zatížení motoru, tzn. že u nezahřátého i zahřátého motoru, s malým nebo poněkud vyšším zatížením se vždy nastaví naprogramovaná požadovaná hodnota otá-



ček. Zatížení přichází pouze od palubní sítě (např. pomocné elektrické zahřívání motoru, dožhávování svíček atd.), zapnuté klimatizace, zařazení rychlostního stupně u automobilů s automatickou převodovkou, aktivace posilovače řízení atd. Pro zachování požadovaných otáček při volnoběhu mění regulátor volnoběhu vstřikované množství (dobu procházení proudu elektromagnetickými ventily), dokud se měřené skutečné otáčky nerovnájí požadovaným otáčkám, naprogramovaným v poli charakteristik.

Regulace přeběhových otáček

Regulace přeběhových otáček (omezovač otáček) se u vznětových motorů pro osobní automobily aktivuje vždy po překročení nejvyšších otáček při plném zatížení. Nejvyšší dovolené otáčky (preběhové), které se nastavují u nezatíženého motoru při plném sešlápnutí pedálu akceleračního, jsou naprogramovány v řídicí jednotce a nesmí být překročeny. Zvýšení otáček nad maximální otáčky při plném zatížení a otáčky přeběhové bez zatížení sděluje řídicí jednotka motoru snímač otáček. Ta podle toho zkrátí dobu protékání proudu elektromagnetickými ventily, a tím také sníží vstřikované množství paliva, dokud neklesnou otáčky motoru pro nedostatek paliva.

Jízda s uvolněným pedálem akceleračního (brzdění motorem)

Při jízdě s uvolněným pedálem akceleračního a v poloze pedálu akceleračního pro volnoběh je motor poháněn vozidlem a běží s vyššími otáčkami. Na základě informací od snímače polohy pedálu akceleračního, snímače otáček a rychloměru, řídicí jednotka vypne ovládání elektromagnetických ventilů vstřikovačů a nevstřikuje se žádné palivo („nulová dávka“).

Regulace klidného volnoběhu

Pomocí regulace volnoběhu se zabráňuje cukání motoru v důsledku kolísání otáček. Působí při nesešlápnutém pedálu akceleračního, při sepnutém spínači pedálu pro volnoběh a sepnutém spínači spojky. Kolísání otáček (jejich nerovnoměrnost) je při volnoběhu vyvoláváno rozdílnými silami působícími na písty, a tím vznikají i rozdíly točivých momentů od jednotlivých válců motoru. Řídicí jednotka za-

znamená toto kolísání a dle potřeby jej reguluje. Regulace volnoběhu sděluje změny otáček po každém procesu spalování a porovnává je mezi sebou. Potom se vstřikované množství (korekce dávky) pro každý válec mění podle rozdílu otáček tak, aby všechny válce předávaly klikové hřídeli stejný točivý moment.

Regulace rychlosti jízdy (tempomat)

Regulátor rychlosti jízdy (tempomat) zabezpečuje v řídicí jednotce udržování konstantní rychlosti jízdy. Nastavení požadované rychlosti provádí řidič pomocí ovládací páčky. Vstřikované množství paliva se přitom mění – zvětšuje nebo zmenšuje – tak, aby skutečná rychlost sdělovaná snímačem rychlosti jízdy byla shodná s nastavenou požadovanou rychlostí. Regulace rychlosti jízdy se deaktivuje sešlápnutím spojkového nebo brzdového pedálu nebo pomocí ovládací páčky. V jiném případě je možné pomocí pedálu akceleračního zrychlit nad okamžitě nastavenou požadovanou rychlost, při jeho uvolnění se znovu nastaví dříve nastavená rychlost. Po vypnutí regulátoru rychlosti jízdy je možné přesunutím ovládací páčky do polohy opětovného nastavení znovu zvolit poslední platnou požadovanou rychlost. Přidržením obslužné páčky v poloze „zrychlení, resp. zpomalení“ je možné požadovanou rychlost měnit.

Aktivní tlumení cukání během jízdy

Při rázové změně zatížení (při brzdění motorem a akceleraci nebo naopak) dochází k velkým změnám v dávkování vstřikovaného množství paliva a tím i rázové změně točivého momentu motoru. V důsledku silného střídavého zatížení elastického uložení motoru, hnacího ústrojí a pneumatik se vyvolávají podélné kmity vozidla (cukavé kmitání). Tlumení cukavého kmitání naprogramované v řídicí jednotce na základě porovnání okamžitých otáček s referenčními otáčkami odpovídajícími požadavku řidiče tyto kmity znamená a reaguje tak, že se vstřikované množství mění podle periody kmitání. Při zvyšování otáček se vstřikované množství snižuje, v opačném případě zvyšuje.

Vypínání válců

U deseti- a dvanáctiválcových motorů se vstřikovacím systémem Common Rail

je v některých případech používáno vypínání válců. Pokud je při vysokých otáčkách motoru třeba pouze nízký točivý moment a je proto třeba jen malé množství vstřikovaného paliva, polovina vstřikovačů se vypne, tzn. že jejich elektromagnetické ventily nejsou aktivovány. Ostatními vstřikovači se pak vstřikuje větší množství paliva. Výhodou je, že toto větší vstřikované množství paliva je možné dávkovat s větší přesností a s jemnějším rozprašováním.

Regulace točivého momentu motoru při brzdění motorem (MSR)

Regulace točivého momentu motoru při prudké změně zatížení se používá v kombinaci s regulací prokluzu pohonu kol (ASR). Působí v případech, kdy je při řazení nižších převodových stupňů nebo při prudkém ubrání plynu brzdový účinek motoru příliš velký, takže za zhoršených adhezních podmínek dochází k prokluzování poháněných kol. V takové situaci proto řídicí jednotka mírným přidáním plynu poněkud zvýší otáčky motoru a tím i točivý moment motoru, aby nedocházelo ke zpětnému prokluzu kol.

Zastavení motoru

Při zastavení motoru řídicí jednotka přestane ovládat elektromagnetické ventily vstřikovačů Common Rail a ty zůstávají otevřené. To znamená, že se trysky vstřikovačů neotvírají a vstřikované množství je „nulové“.

Elektromagnetický odpojovací ventil ELAB

V případě použití palivového zubového čerpadla je mezi zubové a vysokotlaké čerpadlo zařazen elektromagnetický odpojovací ventil (ELAB). Tento ventil je aktivován řídicí jednotkou motoru a slouží k zastavení (také nouzovému) motoru. Ve stavu, kdy jím neprotéká proud, je otevřen přívod paliva do přívodního kanálu vysokotlakého čerpadla. Jakmile je zaplavení vypnuto, začne elektromagnetickým ventilem asi po třech sekundách protékat proud. Při průchodu proudu kotvou je odpojovací ventil uzavřen. Palivo, čerpané palivovým (zubovým) čerpadlem, už neprotéká do vysokotlakého čerpadla, ale přetlakovým ventilem protéká zpět na stranu sání zubového čerpadla.



Rotační rozdělovací vstřikovací čerpadlo s radiálními písty (VR) Bosch

Rotační rozdělovací vstřikovací čerpadlo s radiálními písty (obr. 3) se používá u vznětových motorů s přímým vstřikováním paliva vyšších výkonů. Specialitou tohoto čerpadla je schopnost rychle a přesně dávkovat vstřikované množství paliva (u nových, v současnosti montovaných zařízení i s předvstřikem) a regulovat začátek vstřiku. Jeho další výhodou je dosahování vysokého tlaku až 140 MPa, na vstřikovacích tryskách tlak až 200 MPa.

Čerpadlo se skládá z těchto součástí:

- lamelové (křídlové) čerpadlo (1) s ovládacím tlakovým ventilem a přepouštěcím škrticím ventilem;
- vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty (4) s rozdělovací hřídelí a tlakovým ventilem zpětného vedení paliva;
- dávkovací elektromagnetický ventil (vysokotlaký elektromagnetický ventil) (6);
- hydraulický přesuvník vstřiku (5) s vlastním elektromagnetickým ventilem;
- snímač úhlu otáčení (2);
- řídicí jednotka čerpadla.

Poznámka:

Vstřikovací systém s rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písty VR (známé též pod označením VP 44) popsaný v této kapitole se skládá dále z řídicí jednotky motoru, která doplňuje řídicí jednotka čerpadla. Zařízení, která se montují v současné době, mají obě tyto řídicí jednotky sloučené do řídicí jednotky motoru.

Daný vstřikovací systém (obr. 4) lze rozdělit na:

- přívod paliva – nízkotlaká část;
- vysokotlakou část s čerpadlem s radiálními písty pro dosažení vysokého tlaku a čerpání paliva, rozdělovacím pístem pro dávkování paliva na jednotlivé výstupy;
- elektronickou regulaci přívodu nafty (EDC) s řídicí jednotkou motoru, snímači a vysílači požadovaných hodnot a akčními členy;
- periferní zařízení, jako např. recirkulaci výfukových plynů, turbodmychadlo atd.

Přívod paliva – nízkotlaká část

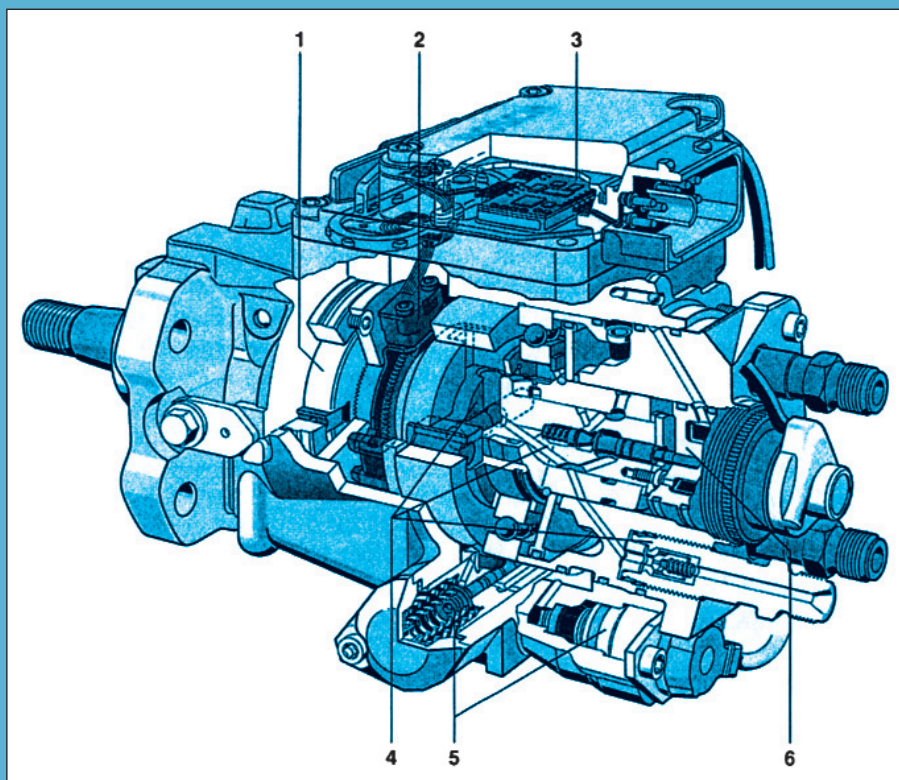
Pro přívod paliva se u tohoto systému nejčastěji používá lamelové čerpadlo (obr. 4 a 5). Palivo je vedeno z palivové nádrže přes palivový filtr do vnitřního prostoru rotačního vstřikovacího čerpadla (v některých případech se používá podávací elektrické palivové čerpadlo v nádrži). Z lamelového čerpadla se palivo dostává k dávkovacímu elektromagnetickému ventilu (vysokotlakého elektromagnetického ventilu) a současně do hydraulického přesuvníku vstřiku.

Ovládací tlakový ventil

Jde o tlakový pístový ventil ovládaný pružinou. Umístěn je v blízkosti lamelového čerpadla (obr. 5, pozice 2). Reguluje tlak paliva ve vnitřním prostoru čerpadla. Tlak vytvářený lamelovým čerpadlem závisí na množství čerpaného paliva a na otáčkách čerpadla. Pokud během čerpání dojde k překročení nejvyš-

Obr. 3.
Rotační rozdělovací vstřikovací čerpadlo s radiálními písty (VR) Bosch

- 1 – lamelové čerpadlo s regulačním tlakovým ventilem
- 2 – snímač úhlu pootáčení
- 3 – řídicí jednotka čerpadla
- 4 – vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty spojené s rozdělovací hřídelí a ventilem (tlakový ventil)
- 5 – přesuvník vstřiku a jeho elektromagnetický ventil (taktovací ventil)
- 6 – vysokotlaký elektromagnetický ventil („dávkovací elektromagnetický ventil“)



šího nastaveného tlaku, píst ventilu se nadzdvihne proti síle pružiny a otevře se tak odtokový otvor. Přebytečné palivo tímto otvorem odtéká na stranu sání lamelového čerpadla. Vstupní tlak ve vnitřním prostoru čerpadla nastavený ovládaným tlakovým ventilem je při volnoběžných otáčkách motoru asi 1 MPa, plynule se zvyšuje a při vysokých otáčkách je omezen hodnotou přibližně 2,5 MPa.

Přepouštěcí škrticí ventil

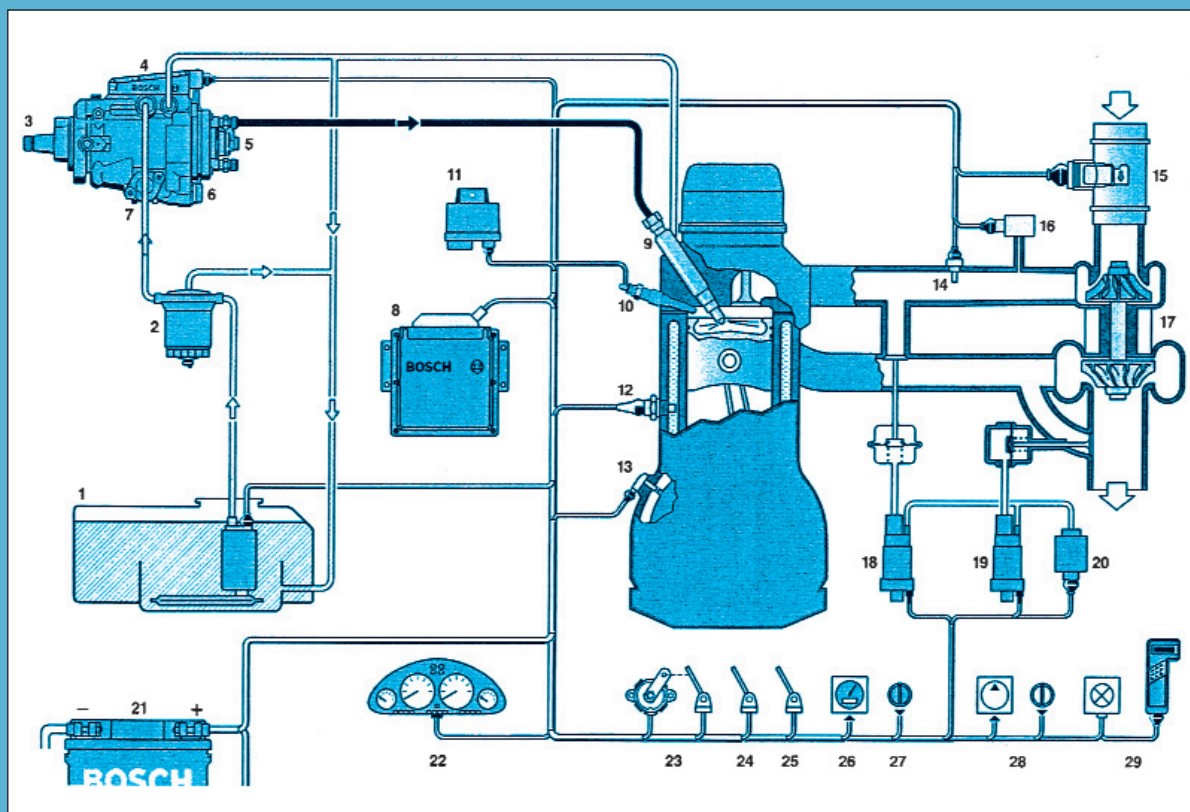
Přepouštěcí škrticí ventil (obr. 5, pozice 3) je upevněn spolu se zpětným odvodem paliva na skříni rozdělovacího čerpadla. Zajišťuje chlazení a odvětrávání rozdělovacího vstřikovacího čerpadla s radiálními písty. Přitom také spojuje odtok vysokotlakého prostoru v tělese rozdělovače čerpadla s palivovou nádrží. Ventil s kuličkou ovládanou pružinou umožňuje odtékání paliva z prostoru čer-

padla za účelem chlazení teprve po dosažení stanoveného otevíracího tlaku.

Malý otvor v tělese ventilu, umístěný pod kuličkovým ventilem, umožňuje trvalé odtékání malého množství paliva a slouží pro samostatné odvětrávání vnitřního prostoru čerpadla.

Palivový filtr

Palivový filtr (obr. 4, pozice 2) se nachází v uzavřeném pouzdru a jde o papírovou

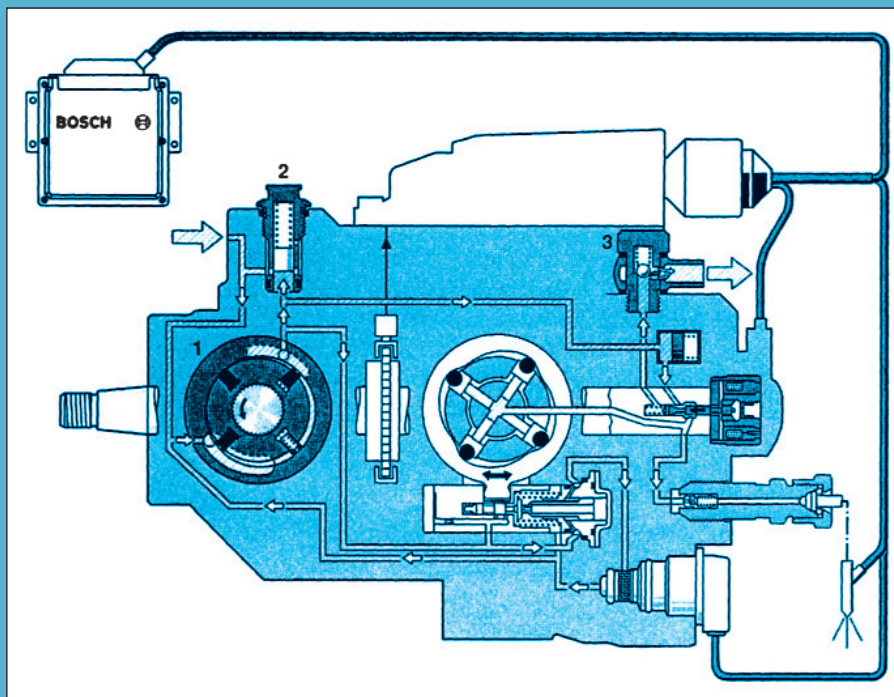


Obr. 4. Vstřikovací systém s rozdělovacím vstřikovacím čerpadlem s radiálními písty Bosch

- | | |
|--|--|
| 1 – palivová nádrž | 16 – snímač plnicího tlaku |
| 2 – palivový filtr | 17 – turbodmychadlo |
| 3 – vstřikovací čerpadlo | 18 – regulátor recirkulace výfukových plynů |
| 4 – řídicí jednotka čerpadla | 19 – regulátor plnicího tlaku |
| 5 – vysokotlaký elektromagnetický ventil | 20 – podtlakové čerpadlo |
| 6 – elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku | 21 – akumulátor |
| 7 – přesuvník vstřiku | 22 – přístrojová deska s výstupem signálu o spotřebě paliva, otáčkách atd. |
| 8 – řídicí jednotka motoru | 23 – snímač polohy pedálu akceleratoru |
| 9 – kombinovaný držák trysky se snímačem pohybu jehly | 24 – spínač spojky |
| 10 – žhavicí svíčka | 25 – kontakty brzd |
| 11 – řídicí jednotka doby žhavení | 26 – snímač rychlosti jízdy |
| 12 – snímač teploty chladicí kapaliny | 27 – ovládací prvky pro regulaci rychlosti jízdy |
| 13 – snímač otáček klikové hřídele/referenční značky | 28 – kompresor klimatizace s vypínačem |
| 14 – snímač teploty nasávaného vzduchu | 29 – kontrolka diagnostiky, přípojka pro diagnostický přístroj |
| 15 – snímač hmotnosti vzduchu s tenkým vyhřívaným filmem | |



Obr. 5.
Nízkotlaká část systému
s rozdělovacím
vstřikovacím čerpadlem
s radiálními písty Bosch
(pro lepší znázornění
jsou některé součásti ve
své poloze pootočeny)
1 – lamelové čerpadlo
(pootočeno o 90°)
2 – regulační tlakový
ventil
3 – přepouštěcí škrticí
ventil



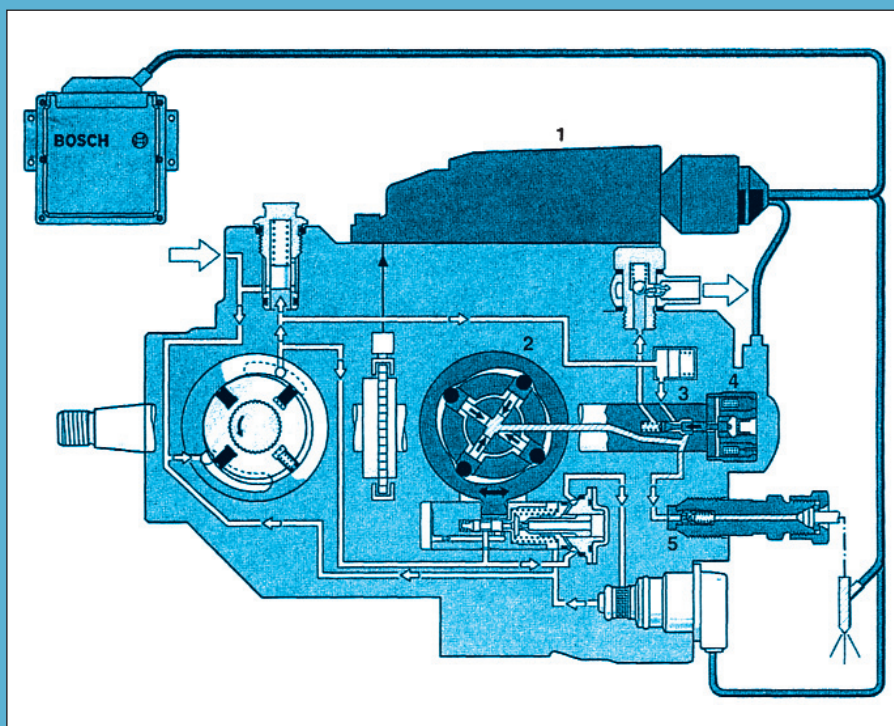
filtrační vložku. Ta splňuje předpoklady, které zaručují bezporuchový provoz rotačního rozdělovacího vstřikovacího čerpadla s radiálními písty. Pod touto vložkou se nachází dostatečný prostor pro zachycování z kondenzované vody. Tato voda se nesmí v žádném případě dostat

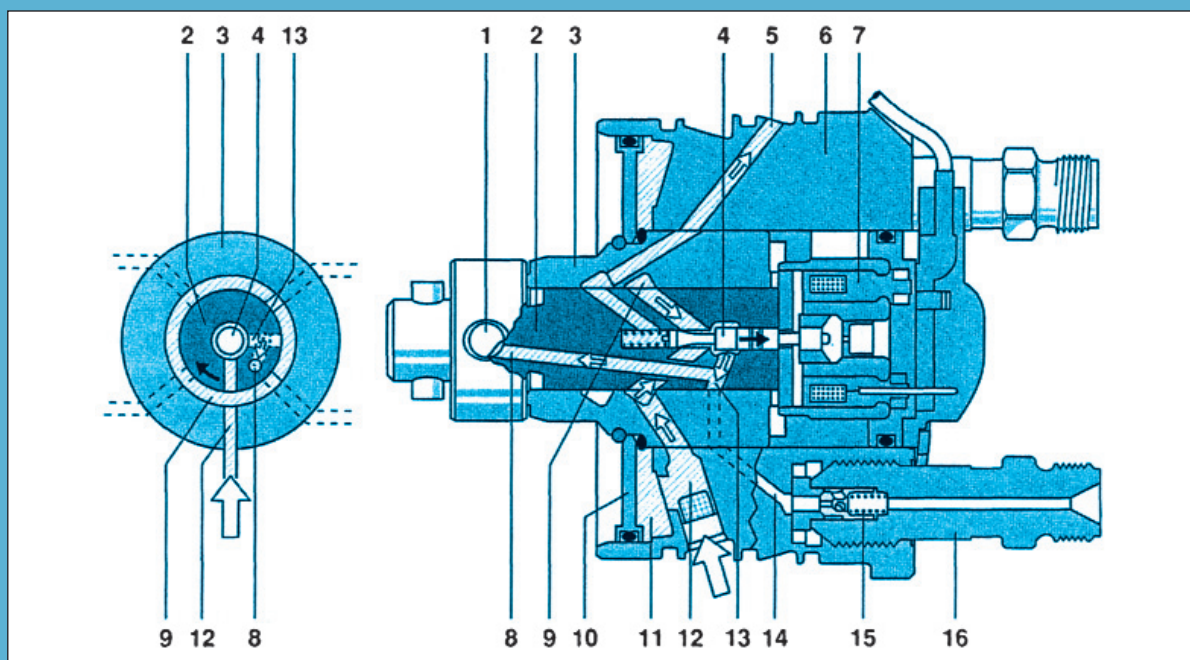
dovnitř čerpadla, kde by mohlo dojít ke korozi a ve větším množství i k „zadírání“ pístu rozdělovače a vysokotlakého pístu. Z těchto důvodů je ve spodní části pouzdra filtru výpustný šroub, který se musí v příslušných intervalech údržby otevřít a z kondenzovanou vodu vypustit.

Vysokotlaká část palivového zařízení

Pro dosažení vysokého tlaku se u rotačního rozdělovacího vstřikovacího čerpadla s radiálními písty (obr. 6) přenáší otáčivý pohyb hnací hřídele na vysokotlaké čer-

Obr. 6.
Vysokotlaká část rozdělovacího vstřikovacího čerpadla s radiálními písty Bosch (pro lepší znázornění jsou některé součásti ve své poloze otočeny)
1 – řídicí jednotka čerpadla
2 – vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty (otočeno o 90°)
3 – těleso rozdělovače;
4 – vysokotlaký elektromagnetický ventil (dávkovací magnetický ventil)
5 – připojení tlakového potrubí





Obr. 7. Rozdělovací hlava rozdělovacího vstřikovacího čerpadla s radiálními písty (proces plnění)

- | | | |
|-------------------------------|--|---|
| 1 – píst čerpání | 7 – vysokotlaký (dávkovací) elektromagnetický ventil | 13 – drážka rozdělovače |
| 2 – rozdělovací hřídel | 8 – prostor vysokého tlaku | 14 – vysokotlaký výstup |
| 3 – ovládání (ovládací válec) | 9 – prstencový kanálek | 15 – výstup se škrticím ventilem zpětného odvádění paliva |
| 4 – jehla ventilu | 10 – membrána zásobníku paliva | 16 – přípojka vysokotlakého potrubí |
| 5 – zpětný odvod paliva | 11 – prostor za membránou | |
| 6 – příruba | 12 – nízkotlaký přívod | |

padlo s radiálními písty (2) a na rozdělovací hřídel v tělese rozdělovače (3). Vysokotlaké čerpadlo má tři, čtyři nebo také jen dva radiálně se pohybující písty. Ty se uvádějí do činnosti pomocí opěrných válečků. Tyto válečky se pohybují po vnitřní straně vačkového prstence. Počet vnitřních váček na tomto prstenci závisí na počtu válců motoru. Vysoký tlak se vytváří tak, že radiální písty se opírají o tyto opěrné válečky, a když váleček najede na náběh vačky, pohybují se dovnitř a vytlačují palivo z prostoru vysokého tlaku vždy k jedné vstřikovací trysce.

Rozdělovací hlava rotačního rozdělovacího vstřikovacího čerpadla s radiálními písty

Rozdělovací hlava čerpadla s radiálními písty (obr. 7) je uložena v pouzdrů čerpadla a skládá se z:

- rozdělovací hlavy s přírubou (6);
- ovládacího válečku (3);
- rozdělovací hřídele (2) vsazené do ovládacího válce;

- dávkovacího (vysokotlakého) elektromagnetického ventilu (7) s jehlou (4);
- membrány zásobníku paliva (10);
- přípojky tlakového potrubí (16);
- zabudovaného vypouštěcího ventilu se škrticím ventilem zpětného vedení (15).

Čerpání paliva

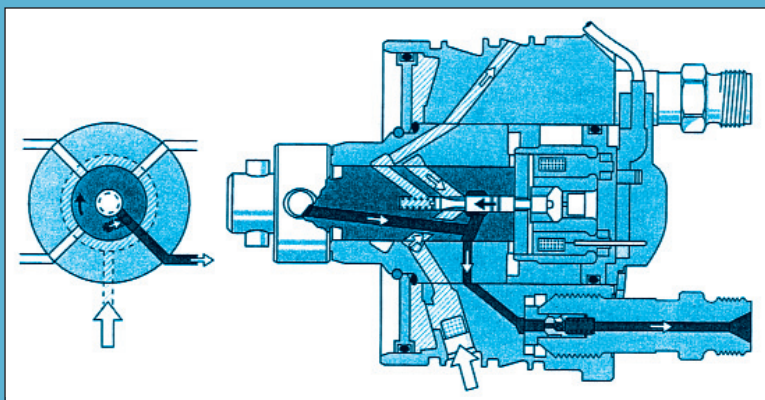
Proces čerpání paliva je možné rozdělit na fázi plnění, čerpání a ukončení čerpání.

Plnění (obr. 7)

Po přechodu vnitřní vačky vytlačuje přitékající palivo vysokotlaké písty (1) i s jejich valivým uložením ven (tlakem max. 2,5 MPa). Palivo po otevření jehly (4) dávkovacího (vysokotlakého) ventilu (7) proudí nízkotlakým přívodem (12) a kanálkem (9) z vnitřního prostoru čerpadla do vysokotlakého prostoru. Přebytkové palivo odtéká zpětným vedením paliva (5).

Čerpání (obr. 8)

Otáčivým pohybem hnací a rozdělovací hřídele obíhají opěrné válečky po vnitřní straně vačkového prstence a vytlačují vysokotlaké čerpací písty (1) dovnitř. Impulz z řídicí jednotky čerpadla uvede do činnosti dávkovací (vysokotlaký) elektromagnetický ventil a uzavře jej. Okamžik jeho uzavření se vždy nachází na vnitřní základní kružnici vačkového prstence (obr. 6), tzn. vždy, když se opěrné válečky nacházejí na náběžích vaček. Tímto okamžikem uzavření je definován začátek čerpání, který je (BIP = Begin of Injection Period) sdělen řídicím jednotkám čerpadla a motoru. Jediným otvorem rozdělovače (výstup) (13) v rozdělovací hřídeli (2), který se při jejím otáčení spojuje s jedním z vysokotlakých výstupů (14), se palivo pod vstřikovacím tlakem (až asi 200 MPa) dostává vypouštěcím ventilem se škrticím ventilem zpětného vedení (15) a tlakovým vedením do vstřikovací trysky. Počet vysokotlakých výstupů odpovídá počtu válců motoru a aktivují se po řadě. To znamená,



Obr. 8. Rozdělovací hlava rozdělovacího vstřikovacího čerpadla s radiálními písty (čerpání)

že vstřikovací vedení se musí spojovat se vstřikovacími tryskami podle pořadí zapalování.

Ukončení čerpání

Jakmile řídicí jednotka čerpadla vypne napájení dávkovacího (vysokotlakého) ventilu, začne na jeho jehlu působit síla pružiny (4) a ventil se otevře. Otevřením dávkovacího ventilu čerpání končí. Palivo, které se před dosažením horní úvrati vačky ještě stále vytlačuje, se dostává do prostoru za membránou (11) – využívá se také jako zásobník paliva – a potom do zpětného vedení paliva. Membrána tlumí špičky tlaku, které vznikají v okamžiku deaktivace ventilu.

Škrticí ventil zpětného proudění ve výtlačném ventilu

Úlohou zmíněného škrticího ventilu ve výtlačném (vypouštěcím) ventilu (obr. 9) je tlumit tlakové vlny vznikající při zavření vstřikovací trysky a zabránit tomu, aby vyvolaly ještě další krátké otevření trysky s hrubším rozprašováním paliva. Následkem by bylo zhoršení emisí škodlivin ve výfukových plynech s případnou tvorbou pevných částic (vznik sazí).

Princip funkce

Na začátku čerpání se kuželka ventilu (3) tlakem paliva zvedá ze svého sedla (1) proti síle pružiny, aniž dochází k zaškrcení paliva. Na konci čerpání se tlak paliva ve vstřikovacím vedení prudce snižuje. Pružina ventilu (4) tlačí kuželku výtlačného ventilu do jejího sedla. Tlakové vlny

přicházející ze vstřikovací trysky se dostávají otvorem škrticího ventilu (2) do vysokotlakého výstupu (14), a přitom se zeslabují. Tlakové vlny odražené od kuželky ventilu už nejsou schopny ještě jednou nadzvednout jehlu ventilu z jejího sedla.

Hydraulický přesuvník vstřiku

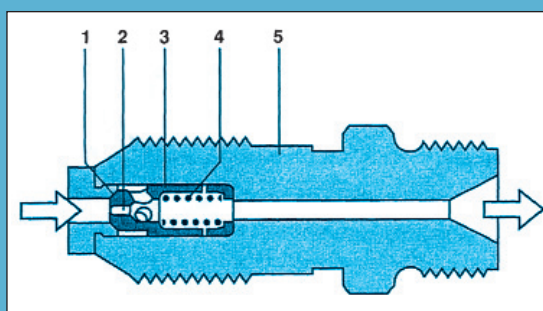
Hydraulicky ovládaný přesuvník vstřiku rozdělovacího vstřikovacího čerpadla s radiálními písty se nachází pod pouzdrem čerpadla. Je umístěn příčně k podélné ose čerpadla (obr. 10). Kulový čep (2) vnitřního vačkového prstence (1) zasahuje do otvoru pístu přesuvníku vstřiku (3). Tímto způsobem se axiální pohyb pístu přesuvníku vstřiku přenáší na prstenec s vnitřními vačkami a mění se na pohyb rotační. Ve středu pístu se nachází regulační šoupátko (5), které může otvírat či zavírat řídicí otvory v pístu přesuvníku vstřiku. Ve stejné přímce leží hydraulický ovládací píst (12) ovládaný pružinou, který vždy určuje požado-

vanou polohu regulačního šoupátka. V blízkosti přesuvníku vstřiku a podélně k pouzdru čerpadla (obr. 3) se nachází elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku (pozice 15., vychýleno o 90° do roviny pístu přesuvníku). Tento elektromagnetický ventil je ovládán (taktován) řídicí jednotkou čerpadla pomocí obdélníkového signálu s modulovanou šířkou impulsu a ovlivňuje tlak na ovládacím pístu (12).

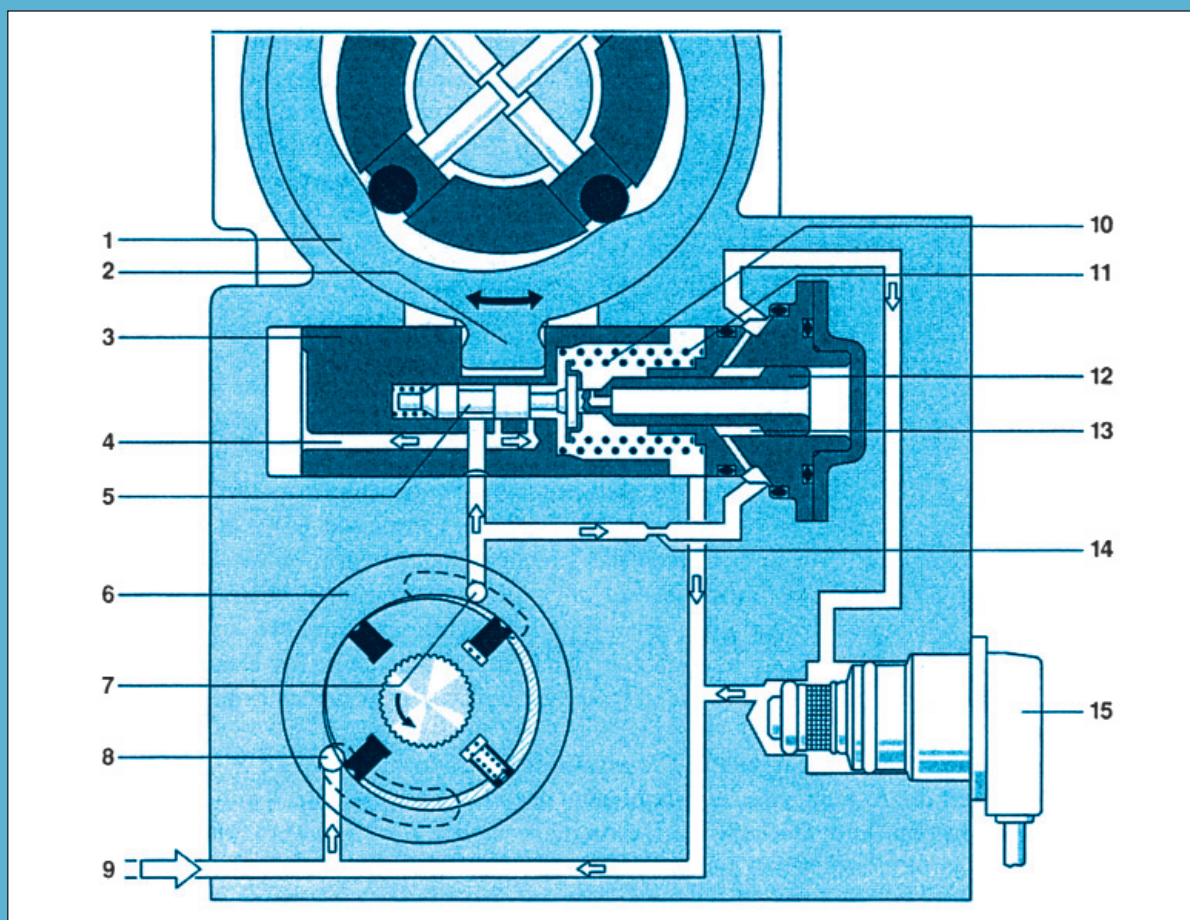
Princip funkce přesuvníku ve směru „zvětšení předstihu“

V klidové poloze působí vratná pružina (11) a tlačí píst přesuvníku vstřiku (3) doleva ve směru „zpoždění vznětu“. Tlak paliva ve vnitřním prostoru čerpadla působí jako řídicí tlak na prstencový prostor hydraulického dorazu (13) prostřednictvím škrtení (14). Pokud řídicí jednotka čerpadla neaktivuje elektromagnetický ventil přesuvníku (15), který tak zůstává zavřený, vysunuje se ovládací píst (12) proti síle pružiny pístu (10) ve směru „zvětšení předstihu“ (na obr. 10 doprava). Tím se pohybuje ve směru „zvětšení předstihu“ i malé regulační šoupátko (5) a přívodním kanálkem (4) vytváří spojení s tlakovým prostorem za pístem přesuvníku (na obr. 10 doleva). Palivo protékající přívodním kanálkem (4) do tlakového prostoru nyní tlačí píst přesuvníku ve směru „zvětšení předstihu“ doprava. Pohyb pístu přesuvníku se kulovým čepem (2) přenáší na prstenec s vnitřními vačkami (1) a pootáčí jej proti směru otáčení čerpadla (maximálně o 20° úhlu otočení vačkové hřídele, což odpovídá 40° úhlu otočení klikové hřídele). Válečky tak najíždějí na vačkové náběhy dříve a vysokotlaké čerpací pís-

- 1 – sedlo ventilu
- 2 – otvor škrticího ventilu zpětného proudění
- 3 – kuželka ventilu
- 4 – pružina ventilu
- 5 – přípojka tlakového vedení



Obr. 9. Vypouštěcí ventil se škrticím ventilem zpětného proudění v přípoje tlakového potrubí (Bosch)



Obr. 10. Hydraulický přesuvník vstříku s elektromagnetickým ventilem, schematicky zobrazeno v jedné rovině) (Bosch)

1 – vakuový prstenec
2 – kulový čep
3 – píst přesuvníku vstříku
4 – přívodní/odtokový kanálek
5 – regulační šoupátko
6 – lamelové čerpadlo

7 – odtok čerpadla (strana tlaku)
8 – přívod čerpadla (strana sání)
9 – přívod k palivové nádrži
10 – pružina ovládacího pístu
11 – vratná pružina
12 – ovládací píst

13 – prstencový prostor hydraulického dorazu
14 – zaškrcení
15 – elektromagnetický ventil přesuvníku vstříku

ty tak začínají pracovat také dříve, tzn. že se dříve zahajuje i čerpání.

Princip funkce přesuvníku ve směru „zmenšení předstihu vstříku“

Řídící jednotka čerpadla ve formě obdélníkového signálu s modulovanou šířkou impulsu předá pokyn k otevření elektromagnetickému ventilu přesuvníku vstříku (15). Tím začne palivo odtékat z prstencového prostoru hydraulického dorazu (13), čímž se sníží ovládací tlak. Působením síly pružiny (10) se ovládací píst (12) pohybuje ve směru „zmenšení předstihu vstříku“ (na obr. 10 doleva). Svůj pohyb přitom přenáší na regulační šoupátko (5). To otevře ovládací otvor k výtokovému kanálku a umožní odtok

paliva z tlakového prostoru za píst přesuvníku vstříku na stranu sání lamelového čerpadla, čímž dojde ke snížení tlaku. Silou vratné pružiny (11) a vratným momentem, který vychází z prstence s vnitřními váčkami, se píst přesuvníku opět vrací ve směru „zmenšení předstihu vstříku“, tzn. do své výchozí polohy.

Zmíněný ovládací tlak se nastavuje na požadovanou hodnotu elektromagnetickým ventilem přesuvníku vstříku (jako měnitelného škrticího ventilu) jeho rychlým otvíráním a zavíráním (taktováním). Pomocí různě vysokého ovládacího tlaku může ovládací píst zaujímat jakoukoliv polohu mezi polohou většího či menšího předstihu vznětu. Elektromagnetický ventil přesuvníku vstříku ovládá řídicí jed-

notka čerpadla pomocí variabilního klíčovacího poměru. Přitom se periodicky zapíná a vypíná proud (taktování). Doba zapnutí v poměru k délce celé periody (100 %) je různě dlouhá a udává se v procentech. Má-li se např. vstřikování posunout ve směru „zvětšení předstihu“, pak řídicí jednotka čerpadla změní klíčovací poměr tak, že se zkrátí doba aktivace (zapnutí), a tím se zmenší interval otevření ventilu. Elektromagnetický ventil přesuvníku propustí z prstencového prostoru (13) menší množství paliva a tím se zvýší ovládací tlak. Ovládací píst (12) se pak pohne ve směru „zvětšení předstihu“ (na obr. 10 doprava).

PODLE ZAHRANIČNÍCH MATERIÁLŮ
ZPRACOVALI JIŘÍ BROŽ A LUBOŠ TRNKA