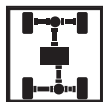




Automobil
od A do Z



Servis



Podvozek



Organizace
práce



Motor



Systémy
a příslušenství



Bezpečnost
a hygiena práce



Geometrie



Nářadí
a vybavení dílen



Paliva
a maziva



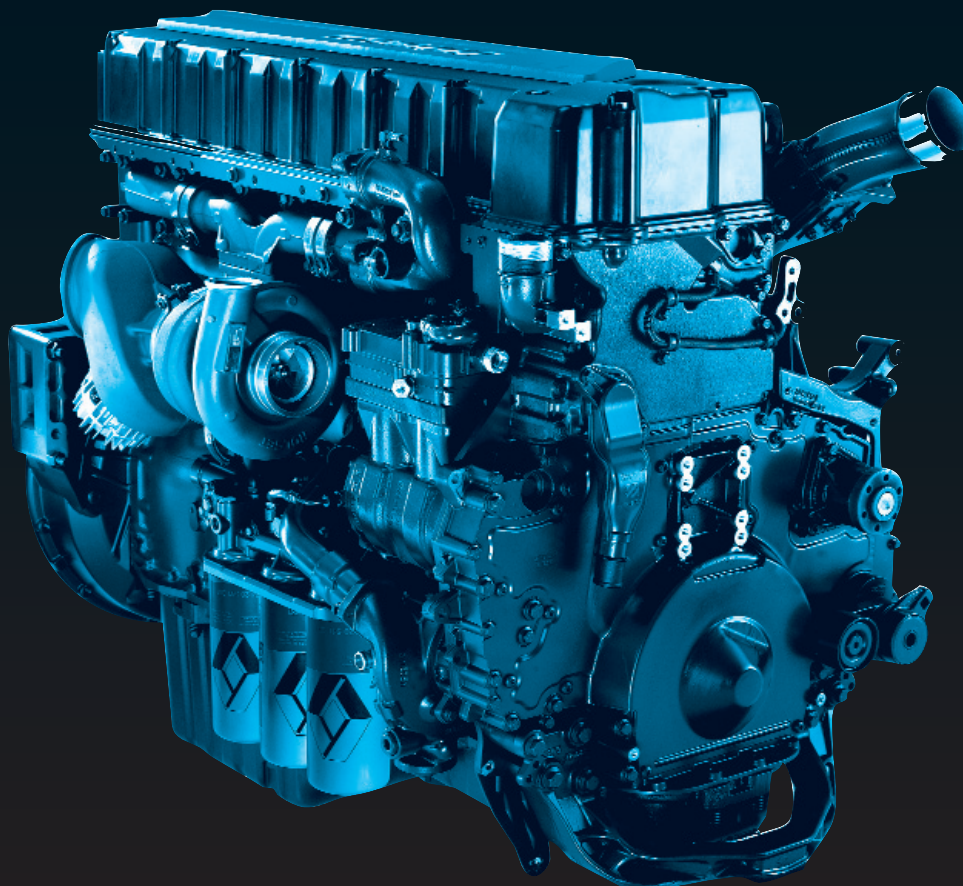
Diagnostika
a měření



Elektr. zařízení,
elektronika

Praktická dílna

Elektronické řízení vznětového motoru V.





Elektronické řízení vznětového motoru V.

V Praktické dílně se budeme v již pátém, předposledním dílu zabývat elektronickou regulací vznětového motoru (EDC). Dokončíme výklad o systému s rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písky. Další část bude věnována popisu systému s rotačním vstřikovacím čerpadlem s axiálním pístem. Stejně jako v minulém vydání praktické dílny se v některých případech, zejména při popisu čidel a snímačů, omezíme pouze na stručný výklad, protože jsme se této problematice podrobně věnovali v minulých vydáních. V příští Praktické dílně zakončíme celý seriál o elektronické regulaci vznětového motoru. Náplň Praktické dílny tvoří řada postupně překládaných kapitol z knihy Meisterwissen im KFZ Handwerk z našeho sesterského vydavatelství Vogel Verlag v Německu.

Elektronická regulace vznětového motoru (EDC) při použití rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písky

Elektronická regulace vznětového motoru se u vstřikovacího systému s rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písky skládá z:

- řídicí jednotky motoru a řídicí jednotky čerpadla;
- snímačů (vysílačů) dat a vysílačů zadaných hodnot;
- akčních členů (nastavovacích prvků);
- periferií, např. recirkulace výfukových plynů, turbodmychadla výfukových plynů atd.

Řídicí jednotky

Vstřikovací systém s rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písky využívá dvě řídicí jednotky: řídicí jednotku motoru a řídicí jednotku čerpadla.

Řídicí jednotka motoru

Řídicí jednotka motoru je součástí digitální techniky a zpracovává vstupní signály (informace) snímačů a vysílačů zadaných hodnot. Z nich určuje pracovní stav motoru a následně mikroprocesory v závislosti na datech ze snímačů a vysílačů zadaných hodnot vypočítávají výstupní (řídicí) signály, kterými pak přímo nebo nepřímo (pomocí relé) prostřednictvím výstupů ovládají příslušné akční členy (výkonové prvky). Přitom probíhá přenos informací mezi řídicí jednotkou motoru a řídicí jednotkou čerpadla prostřednictvím sběrnice CAN.

Řídicí jednotka motoru předává řídicí jednotce čerpadla tyto údaje:

- otáčky motoru;

- vstřikované množství paliva (požadovaná hodnota);
- začátek vstřiku (v závislosti na poloze klikové a vačkové hřídele).

Elektronická část řídicí jednotky motoru 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. Řídicí jednotka motoru vytváří vedle rozhraní pro řídicí jednotku čerpadla také rozhraní (prostřednictvím datové sběrnice CAN) pro řídicí jednotky jiných systémů a pro diagnostiku vozidla. Tím je umožněn přenos dat mezi elektronickými systémy, jako jsou regulace prokluzu kol poháněné nápravy (ASR), elektronické řízení převodovky (GS) nebo elektronický stabilizační program (ESP). Každý systém EDC je přitom plně zapojen do diagnostického systému automobilu, a plní tak všechny požadavky palubní diagnostiky (OBD – On Board Diagnose), resp. evropské palubní diagnostiky (E-OBD – European On Board Diagnose).

Řídicí jednotka čerpadla

Řídicí jednotka čerpadla pracuje s těmito získanými nebo vypočtenými údaji:

- otáčky motoru;
- vstřikované množství paliva (požadovaná hodnota);
- začátek vstřiku (v závislosti na poloze klikové a vačkové hřídele).





Řídicí jednotka čerpadla je umístěna v horní části skříň čerpadla a s řídicí jednotkou motoru je propojena devítipólovým konektorem. Řídicí jednotka čerpadla je chlazena palivem, které protéká pod krytem řídicí jednotky a vykonává tyto činnosti:

- ❶ slouží jako dávkovací zařízení, tzn. že převádí vstřikované množství paliva vypočtené řídicí jednotkou motoru (požadovanou hodnotu) na příslušnou dobu aktivace dávkovacího (vysokotlakého) elektromagnetického ventilu a při této aktivaci počítá také s tzv. „průtočným množstvím“, což je vstřikované množství paliva na stupeň otčení vačkové hřídele;
- ❷ ovládá elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku pro nastavení začátku čerpání, resp. vstřiku. K tomu řídicí jednotka čerpadla využívá informace snímače otáček, resp. úhlu otočení vačkové hřídele;
- ❸ řídicí jednotce motoru sděluje následující informace:
 - dobu aktivace (dobu průtoku proudu) dávkovacího (vysokotlakého) elektromagnetického ventilu,
 - otáčky vstřikovacího čerpadla (ze snímače úhlu otočení),
 - teplotu vstřikovacího čerpadla (ze snímače teploty paliva),
 - chybová hlášení.

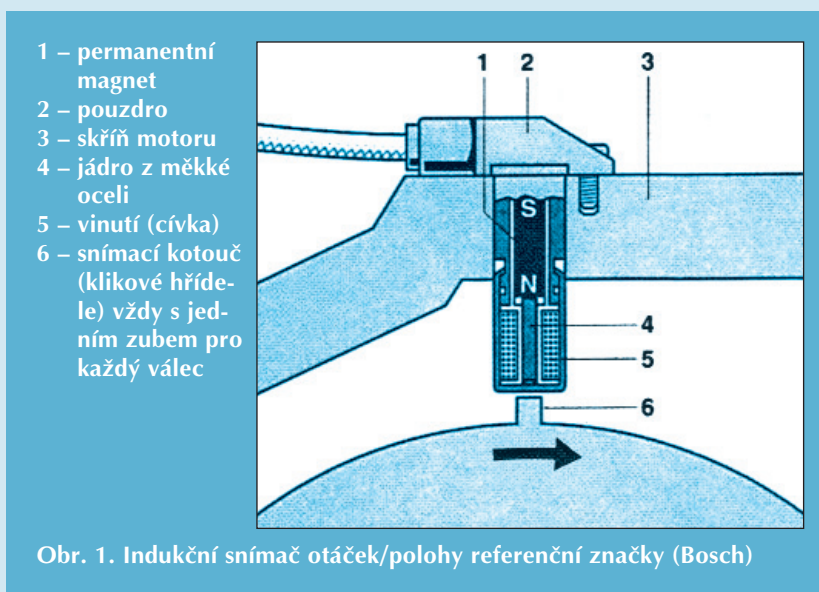
Informace o době aktivace dávkovacího elektromagnetického ventilu a otáčkách čerpadla odesílané řídicí jednotce motoru se využívají jako kontrolní data. Teplotu čerpadla (teplotu paliva) využívá řídicí jednotka motoru jako korekční faktor pro výpočet doby aktivace (vstřikovaného množství) a začátku čerpání.

Vlastní diagnostika (vlastní kontrola) vstřikovacího systému

Vlastní diagnostika a kontrola vstřikovacího systému s rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písty je obdobná jako u systémů, které byly popsány v minulých vydáních Praktické dílny.

Snímače elektronické regulace přívodu nafty

Pomocí různých snímačů jsou sledovány pracovní podmínky (např. otáčky motoru, atmosférický a plnicí tlak, teploty). Všechny tyto snímače přeměňují své na-



Obr. 1. Indukční snímač otáček/polohy referenční značky (Bosch)

měřené hodnoty fyzikálních veličin na elektrické signály a informaci v této formě předávají řídicí jednotce.

Systém s rotačním vstřikovacím čerpadlem využívá tyto snímače:

- **snímače teploty:**
 - snímač teploty v sacím potrubí;
 - snímač teploty chladicí kapaliny;
 - snímač teploty paliva;
 - snímač teploty motorového oleje;
- **snímače tlaku:**
 - snímač plnicího tlaku;
 - snímač atmosférického tlaku;
- **indukční snímač otáček/polohy referenční značky;**
- **snímač úhlu otočení hřídele vstřikovacího čerpadla;**
- **snímač rychlosti;**
- **snímač hmotnosti vzduchu s vyhřívaným filmem;**
- **snímač pohybu jehly vstřikovací trysky.**

Pozn.: Níže uvedený podrobný popis je pouze u snímačů, v jejichž funkci se objevuje odlišnost od snímačů popsaných u jiných vstřikovacích systémů, kterým jsme se věnovali v posledních vydáních Praktické dílny.

Indukční snímač otáček/referenční značky

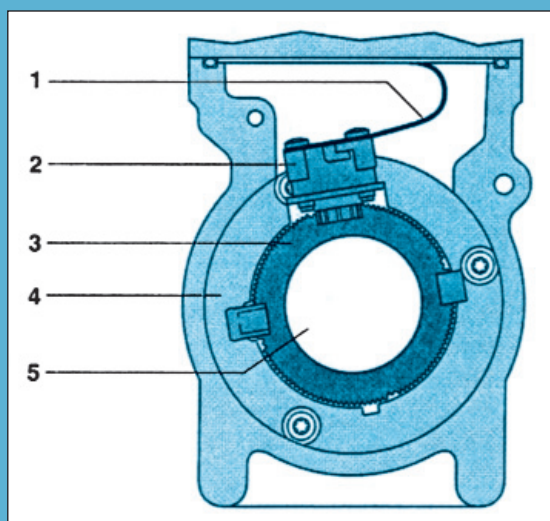
Tento indukční snímač (obr. 1) je umístěn proti kolu setrvačnicku. Bezdotykově snímá otáčky motoru a zároveň jako snímač referenční značky podává informaci o přesné poloze klikové hřídele, resp. o poloze pístů ve válcích před horní úvra-

tí. Tyto informace využívá řídicí jednotka k tomu, aby mohla vypočítávat začátek vstřiku a vstřikované množství paliva. K tomu se např. u čtyřválcového motoru používá snímací kotouč se čtyřmi zuby. To znamená, že snímač otáček/referenční značky vytváří při dvou otáčkách klikové hřídele osm impulsů. Doba mezi dvěma impulsy se nazývá segmentovou dobou a jí příslušný úhel odpovídá polovičnímu intervalu mezi vzněty.

Samotný snímač je tvořen jádrem z měkké oceli, na němž je navinuta cívka. Toto jádro je spojeno s permanentním magnetem. Vytvořené magnetické pole se šíří jádrem až na snímací kotouč. Vysílaný signál závisí na tom, zda se proti snímači nachází mezera nebo zub snímacího kotouče. Účinkem mezery se magnetický tok cívkou zeslabuje, zatímco při průchodu zubu se magnetické toky skládají, což v cívce vyvolává zesílení. Tyto změny magnetického toku při otáčení snímacího kotouče vytvářejí účinkem indukce střídavý napěťový signál. Při výpadku tohoto signálu se využívá signálu otáček snímače úhlu otočení rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty. Motor pracuje dále a je možné jej i znovu spustit.

Snímač úhlu otočení

Snímač úhlu otočení (obr. 2) je umístěn ve skříni rotačního čerpadla. Na hnací hřídeli čerpadla je nasazen snímací kotouč s jemným ozubením. Tento kotouč má na svém obvodu rovnoměrně rozmístěné zuby, jejichž počet odpovídá počtu válců.



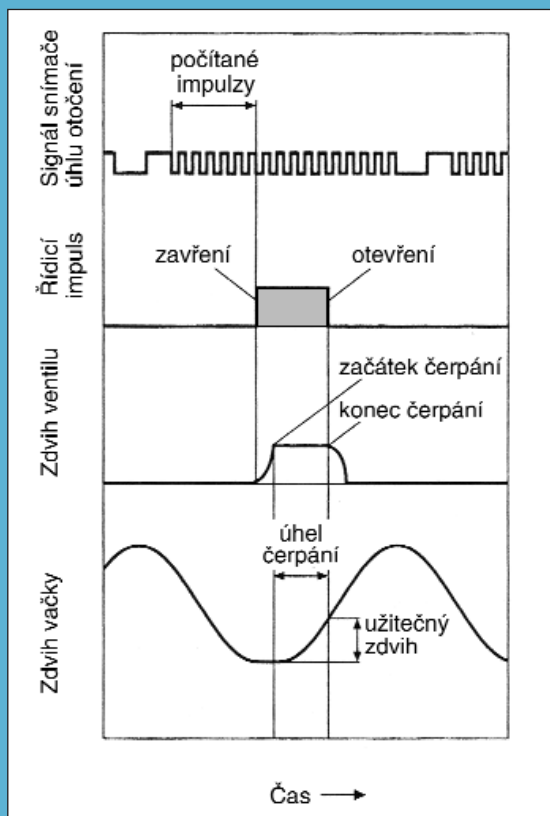
- 1 – pružný vodivý pásek
- 2 – snímač úhlu otočení
- 3 – snímací kotouč
- 4 – ložiskový kroužek (otočný)
- 5 – hnací hřídel čerpadla

Obr. 2. Snímač úhlu otočení na hnací hřídeli čerpadla (Bosch)

Snímač úhlu otočení musí snímat pořadí zubů a mezer a vytvářet svůj signál s ohledem na úhlovou polohu hnacího unašeče s vnitřními vačkami, ke kterému je upevněn a se kterým se otáčí při pohybu přesuvníku vstřiku. Toto uspořádání se označuje jako systém s přírůstkovým měřením úhlu otočení (IWZ). Tento sní-

mač úhlu otočení přenáší svůj signál pružným vodivým páskem do řídicí jednotky čerpadla. Řídicí jednotka čerpadla tohoto signálu využívá pro:

- stanovení okamžité úhlové polohy hnacího unašeče s vnitřními vačkami;
- měření okamžitých otáček vstřikovacího čerpadla;



Obr. 3. Příklad vytváření ovládacího signálu a určení okamžiku otevření a zavření vysokotlakého (dávkovacího) elektromagnetického ventilu rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty Bosch

- určení polohy přesuvníku vstřiku nastavené v daném okamžiku (skutečná poloha hnacího unašeče s vnitřními vačkami).

Okamžitá úhlová poloha určuje ovládací signál pro dávkovací (vysokotlaký) elektromagnetický ventil (obr. 3). Tato regulace přitom musí vždy probíhat tak, aby čerpání vycházelo ze základní kružnice vačky. Jen tak je možno zaručit, že okamžik zavření a otevření dávkovacího elektromagnetického ventilu nastává i při větších čerpaných množstvích vždy, když se opěrné válečky pohybují na náběžích vnitřních vaček. Při výpadku tohoto signálu řídicí jednotka není schopna rozpoznat jednotlivé válce a otáčky čerpadla. Nedochází proto ke vstřikování paliva, motor se zastaví a není možné jej znovu spustit.

Snímač pohybu jehly vstřikovací trysky

Vznětové motory s přímým vstřikováním paliva a rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písty mají pro optimální pracovní režim – namísto řízení začátku vstřiku bez zpětného hlášení – regulaci vstřiku v závislosti na zatížení a otáčkách se zpětnou vazbou. Pro tuto zpětnou vazbu je na jednom z držáků trysky umístěn snímač pohybu jehly (obr. 4), který vysílá svůj signál při nadzvednutí jehly z jejího sedla. Přitom se používají držáky trysek se dvěma pružinami a vícestupňovým vstřikem.

Princip funkce: V průběhu vstřikování nadzvedává otevírací tlak jehlu trysky z jejího sedla. V důsledku pohybu jehly se tím změnou magnetického toku v cívice indukuje napěťový signál, který je úměrný rychlosti jehly (nikoliv jejímu zdvihu) (obr. 5). Tento signál je okamžitě zpracován vyhodnocovacím obvodem. Když se přitom překročí určené prahové napětí, vyhodnocovací obvod toto zaznamená jako signál skutečného začátku vstřiku (zpětné hlášení). Při setrvání tohoto signálu přemění deregulace začátku vstřiku nastavení začátku vstřiku, tzn. odpadne ovládání elektromagnetického ventilu přesuvníku vstřiku. Začátek vstřiku určuje tlak ve vnitřním prostoru čerpadla, který je závislý na otáčkách. Snížil-li se množství paliva při plném zatížení, rozsvítí se varovná kontrolka.



Snímače zadaných (požadovaných) hodnot u EDC při použití rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty

Snímače zadaných hodnot jako příkazové vysílače podávají řídicí jednotce motoru příslušné příkazy (požadované hodnoty), jako je např. řidičem nastavená poloha pedálu akcelérátoru nebo nastavení tempomatu, s jejichž pomocí je možné provést akceleraci nebo nastavit požadované otáčky, resp. rychlost jízdy. U systému EDC se zabudovaným rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písty se používají tyto snímače zadaných hodnot:

- snímač polohy pedálu akcelérátoru;
- snímač sepnutí brzdového a spojkového pedálu (spínač);
- ovládání tempomatu.

Akční členy EDC při použití rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty

Akční členy vstřikovacího systému s rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písty jsou ovládány prostřednictvím výstupů řídicí jednotky motoru a čerpadla, ve většině případů impulzově. Přitom převádějí elektrické výstupní signály na mechanické veličiny, jako např. nastavení ventilu obtoku, nastavení polohy lopatek v turbodmychadle výfukových plynů nebo ventilu recirkulace výfukových plynů, dávkovacího (vysokotlakého) elektromagnetického ventilu a automatického přesuvníku vstřiku.

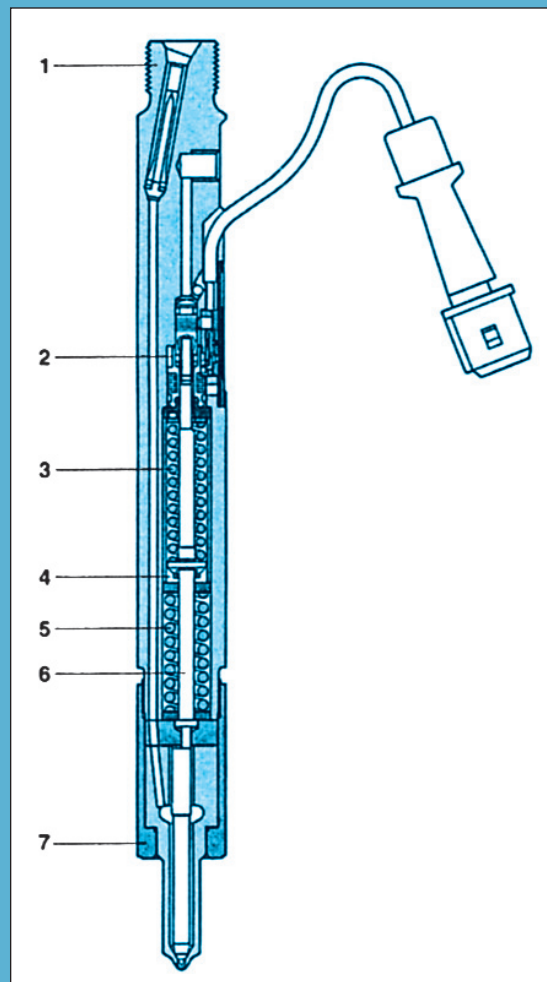
Akční členy systému jsou tyto:

- recirkulace výfukových plynů AGR;
- regulace plnicího tlaku turbodmychadla;
- klapka sacího potrubí (uzavírací klapka);
- uzavírání sacího plnicího kanálu.

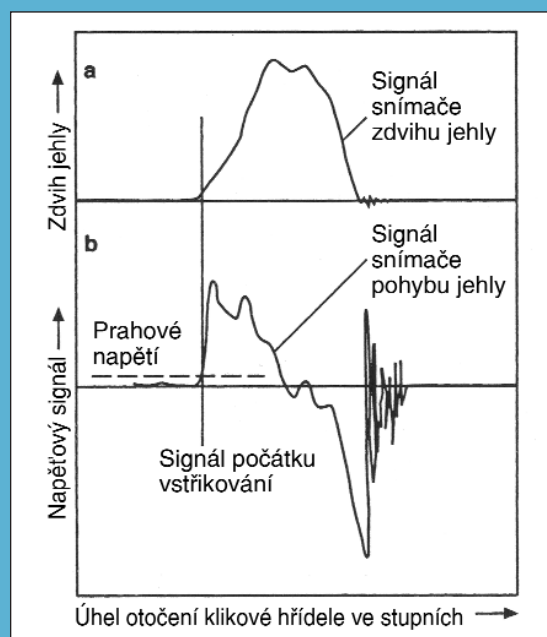
Uzavírání sacího plnicího kanálu

U vznětových motorů s jedním vřívým a jedním sacím plnicím kanálem na válec se používají klapky pro otevírání a uzavírání vřívých a plnicích kanálů. V dolní oblasti otáček a zatížení tyto klapky otevírají vřívé kanály a zavírají plnicí kanály. Je tak dosaženo lepší tvorby

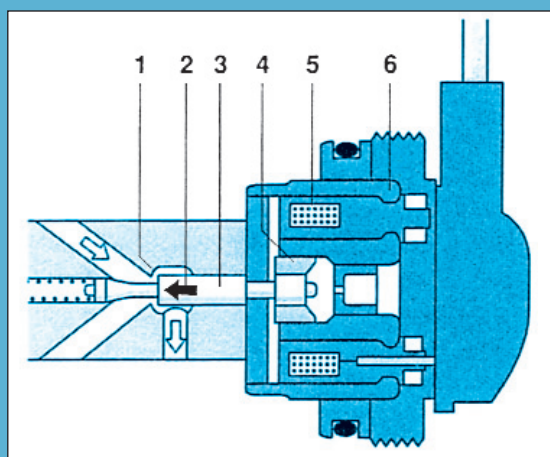
- 1 – těleso držáku
- 2 – snímač pohybu jehly
- 3 – tlačná pružina 1. stupně
- 4 – vodící kroužek
- 5 – tlačná pružina 2. stupně
- 6 – přitlačný kolík
- 7 – upínací matice trysky



Obr. 4. Držák trysky se dvěma pružinami s víceotvorovou vstřikovací tryskou a snímačem pohybu jehly vstřikovací trysky pro vznětové motory DI (Bosch)



Obr. 5. Křivka zdvihu trysky v porovnání s křivkou napětového signálu snímače pohybu jehly (Bosch)



- 1 – sedlo ventilu
- 2 – směr zavírání
- 3 – jehla ventilu
- 4 – kotva magnetu
- 5 – cívka
- 6 – magnet

Obr. 6. Vysokotlaký (dávkovací) elektromagnetický ventil rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty (Bosch)

směsi v této oblasti zatížení. V horním pásmu otáček a při vyšším zatížení (asi od 2400 min⁻¹) jsou plnicí kanály otevřeny bez přechodové fáze. Zlepšuje se tak plnění válců a tím se i zvyšuje výkon. Protože v této oblasti nesmí docházet k víření vzduchu, dosahuje se v tomto případě tvoření směsi jemným rozprašováním paliva vysokým tlakem až 160 MPa (1600 bar).

Řídicí jednotka motoru ovládá zavírání sacího plnicího kanálu. Podle výrobce a použitého zařízení se přitom

- uvede do činnosti elektropneumatický přepouštěcí ventil, přes který působí pracovní podtlak na táhlo klapky prostřednictvím podtlakové komory, nebo
- aktivuje elektrický servomotor, který ovládá přímo táhlo klapky.

Ovládání dávkovacího elektromagnetického ventilu rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty Bosch

Cívka dávkovacího (vysokotlakého) elektromagnetického ventilu je kladným i záporným pólem spojena s řídicí jednotkou čerpadla (obr. 6). Na kladný pól dávkovacího elektromagnetického ventilu je přivedeno palubní napětí 12 V. Pomocí regulace proudu přes záporný pól je elektromagnetický ventil ovládán. Aktivaci tohoto ventilu je možno rozdělit na fázi protékání přitahovacího proudu a fá-

zi protékání přidržovacího proudu. Ve fázi přitahování je na elektromagnetické ventily přiveden strmě narůstající přitahovací proud. Jakmile tento přitahovací proud dosáhne hodnoty 15 A, je omezen taktováním. Mezi fází přitahovacího a přidržovacího proudu už taktování neprobíhá, regulace se provádí pomocí konstantního napětí. Přitom se proud krátkodobě zvýší na 16 až 17 A. Okamžik uzavření elektromagnetického ventilu se projeví malým zlomem v nárůstu proudu, vyvolaným indukčním jevem. Tento zlom, malý pokles proudu protékajícího cívku, zaznamenaná řídicí jednotka jako okamžik zavření elektromagnetického ventilu „BIP“ (Begin of Injection Period). Dostává tak zpětné hlášení o skutečném začátku čerpání. Tuto informaci bere v úvahu při výpočtu příštího procesu vstřiku (regulace začátku čerpání, resp. začátku vstřiku) a kromě toho slouží také pro určení případných poruch ve funkci elektromagnetického ventilu. Po uzavření elektromagnetického ventilu se ve fázi přidržování pomocí taktování přiváděného palubního napětí napájecí proud reguluje na hodnotu asi 10 A (neustálým zapínáním a vypínáním). Jakmile jehla ventilu dosedne do svého sedla, nemůže žádné palivo odtékat, čímž se rychle zvyšuje tlak paliva ve vysokotlakém prostoru až na hodnotu otevíracího tlaku (např. 19 MPa) prvního stupně vstřikovací trysky se dvěma pružinami. Tento pohyb jehly v trysce při otevírání zaznamená snímač jejího pohybu jako začátek vstřiku

a informuje o tom řídicí jednotku motoru. Po vypnutí přidržovacího proudu se elektromagnetický ventil účinkem pružiny otevře a proces vstřiku končí.

Pilotní vstřík: U současných konstrukcí rotačních vstřikovacích čerpadel s radiálními písty (řídicí jednotky motoru i čerpadla v jedné skříni) se za účelem snížení hluchosti spalování při volnoběžných otáčkách a v dolní oblasti neúplného zatížení zavádí tzv. pilotní vstřík paliva. Dávkovací (vysokotlaký) elektromagnetický ventil se přitom uvede do činnosti ve fázi přitahovacího proudu jeho prudkým zvýšením (strmé stoupání proudu) a přitahovací proud se taktováním omezí asi na 15 A (podobně jako u systému Common Rail). Ve velmi krátké době (asi půl milisekundy), kdy ventilem prochází proud, je vysokotlaký elektromagnetický ventil uzavřen. Tím se tlak paliva ve vysokotlakém prostoru prudce zvýší až na hodnotu otevíracího tlaku (např. 19 MPa) prvního stupně vstřikovací trysky se dvěma pružinami. Při této krátké aktivaci elektromagnetického ventilu se jehla trysky ze svého sedla nezvedne zcela, ale pouze nepatrně a propustí v prvním stupni malé množství paliva (pilotní vstřík); objem vstříknutého paliva není větší než 1,5 až 2 mm³. Řídicí jednotka čerpadla poté vypne přitahovací proud, dávkovací elektromagnetický ventil se silou pružiny otevře a proces vstřiku je tak ukončen.

Elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku

Elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku (obr. 7) je taktován řídicí jednotkou čerpadla, která tento ventil také ovládá a určuje tak příslušnou polohu pístu přesuvníku. V průběhu aktivace je stanoven poměr doby aktivace k době klidu, tzv. klíčování poměr. Průtočné množství ve ventilu je tak možné pomocí klíčovacího poměru měnit tak, že píst přesuvníku vstřiku, resp. vačkový unašeč může zaujmout svou požadovanou polohu.

Regulační funkce EDC u vstřikovacího čerpadla s radiálními písty

Aby se u vznětového motoru dosáhlo optimálního spalování ve všech pracovních



režimech, musí řídicí jednotka vždy vypočítat přesnou dávku vstřikovaného paliva a jako zadanou veličinu ji odeslat řídicí jednotce čerpadla. Ta pak navíc musí určit správný okamžik vstřiku. Jak již bylo připomenuto, jsou v řídicí jednotce motoru naprogramována příslušná pole charakteristik pro všechny pracovní režimy motoru.

Dávkování vstřikovaného paliva při jízdě

Při běžné jízdě se vstřikované množství paliva vypočítává v závislosti na hlavních charakteristických veličinách, tzn. podle polohy pedálu akcelérátoru (snímač polohy pedálu) a otáček motoru z pole charakteristik pro jízdní vlastnosti. U rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písky se správného dávkování paliva dosahuje různou dobou průchodu proudu dávkovacím (vysokotlakým) elektromagnetickým ventilem mezi začátkem čerpání (BIP) a koncem aktivace. To znamená: krátká doba protékání proudu dávkovacím elektromagnetickým ventilem = malé vstřikované množství paliva, delší doba protékání proudu = větší vstřikované množství. Řídicí jednotka motoru v závislosti na skutečných vstupních hodnotách, které získá od příslušných snímačů, stanovuje požadovanou hodnotu vstřikovaného množství paliva a tuto informaci předává řídicí jednotce čerpadla. Řídicí jednotka čerpadla mění tyto hodnoty množství vstřikovaného paliva, zadané řídicí jednotkou motoru, na odpovídající doby aktivace (doby průchodu proudu) dávkovacího elektromagnetického ventilu. Doba protékání proudu, resp. vstřikované množství paliva se přitom mění tak dlouho, dokud skutečné otáčky (skutečná rychlost) neodpovídají předem stanoveným požadovaným otáčkám (požadované rychlosti).

Dávkování vstřikovaného množství při spouštění

Při spouštění motoru se vstřikované množství paliva (doba protékání proudu elektromagnetickým ventilem) vypočítává v závislosti na teplotě chladicí kapaliny a spouštěcích otáčkách motoru. Určené množství paliva při spouštění se bez sešlápnutí pedálu akcelérátoru vstřikuje až do dosažení minimálních otáček při spou-

štění, které jsou závislé na teplotě. U nezahřátého motoru se těchto minimálních otáček dosahuje později a u zahřátého dříve. Po překročení těchto minimálních otáček se už vstřikuje normální dávka paliva. Protože jsou tyto procesy probíhající během spouštění motoru naprogramovány v řídicí jednotce motoru, nemá řidič na dávkování paliva při spouštění žádný vliv.

Regulace začátku vstřiku

Protože má okamžik vstřiku vliv na spouštění, hlučnost, kvalitu spalování, spotřebu paliva a emisní hodnoty výfukových plynů, musí se upravovat podle pracovních podmínek motoru. Posunutím okamžiku vstřiku ve směru zvětšení předstihu vznícení se výkon motoru při rostoucích otáčkách a plném zatížení optimálně využívá a kromě toho se udržují i emise ve výfukových plynech v nízkých mezích. Při vyšších otáčkách a menším zatížení motoru, resp. menším vstřikovaném množství (které se nastaví při uvolnění pedálu akcelérátoru do polohy neúplného zatížení) se naproti tomu musí bod vstřiku i přes vysoké otáčky nastavit opět ve směru zmenšení předstihu, aby spalování probíhalo měkčeji (bez klepání) a aby se při snížení maximální teploty spalování snížil i podíl NO_x ve výfukových plynech. Začátek vstřiku proto vždy určuje řídicí jednotka motoru v závislosti na jeho pracovním režimu, tzn. na jeho zatížení, otáčkách a teplotě chladicí kapaliny, jako požadovanou hodnotu začátku vstřiku. Tato požadovaná (zadávaná) hodnota je uložena v poli charakteristik začátku vstřiku a je sdělována

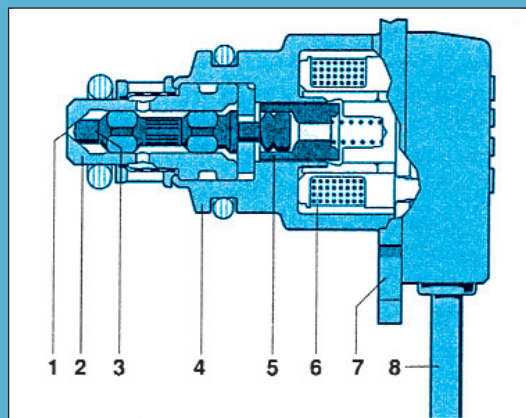
řídicí jednotce čerpadla. Regulátor začátku vstřiku v řídicí jednotce čerpadla nyní neustále porovnává skutečný začátek vstřiku s požadovaným (tzn. vypočteným řídicí jednotkou motoru). Pokud spolu nesouhlasí, pak se ovládací signál elektromagnetického ventilu přesuvníku vstřiku, tzn. klíčovací poměr, mění tak dlouho, dokud nejsou obě tyto hodnoty stejné. Informaci o skutečném začátku vstřiku (zpětné hlášení) dostává řídicí jednotka motoru buď ze snímače úhlu otočení klikové hřídele nebo ze snímače pohybu jehly (v jedné ze vstřikovacích trysek). Je-li na snímači pohybu jehly závada nebo není-li v systému zabudován, může rotační vstřikovací čerpadlo s radiálními písky i přesto pracovat (avšak s většími tolerancemi začátku vstřiku).

Další regulační funkce systému EDC s rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písky

Jejich popis byl vyčerpávajícím způsobem popsán v minulých vydáních Praktické dílny u popisu jiných palivových systémů vznětových motorů, proto se zde uvádí pouze jejich stručný přehled:

- regulace otáček:
 - regulace otáček při volnoběhu;
 - regulace maximálních otáček;
 - jízda s uvolněným akceleračním pedálem (brzdění motorem);
- regulace volnoběhu;
- regulace rychlosti jízdy (tempomat);
- aktivní tlumení cukání během jízdy;
- regulace momentu motoru při brzdění motorem (MSR);
- zastavení motoru.

- 1 – škrťací otvor
- 2 – těleso ventilu
- 3 – jehla ventilu
- 4 – pouzdro ventilu
- 5 – kotva magnetu
- 6 – cívka magnetu
- 7 – příruba pro upevnění
- 8 – elektrická přípojka



Obr. 7. Elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku (Bosch)

Zastavení motoru

Při zastavení motoru přestane řídicí jednotka motoru, resp. čerpadla ovládat elektromagnetický ventil rotačního vstřik-

ovacího čerpadla s radiálními písty a ten zůstává otevřený. Pokud se motor ještě otáčí, čerpá se celé množství paliva vytlačované z vysokotlakého prostoru ka-

nálem zpětného vedení do palivové nádrže. Protože se nedosahuje otvíracího tlaku vstřikovací trysky, nedochází ani ke vstřikování.

Rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem firmy Bosch

Rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem a elektronickou regulací (EDC) se používá zejména u motorů pro osobní automobily. Celý systém s rotačním vstřikovacím čerpadlem s axiálním pístem se skládá z:

- nízkotlaké části – přívod paliva;
- vysokotlaké části s čerpadlem s axiálním pístem pro čerpání a vstřikování paliva;
- elektronické regulace vznětového motoru (EDC) s řídicí jednotkou motoru, snímači a vysílači požadovaných hodnot a akčními členy (nastavovacími prvky);
- periferních zařízení, jako např. recirkulace výfukových plynů a turbodmychadla.

Nízkotlaká část – přívod paliva

Palivo je nasáváno z palivové nádrže mechanicky poháněným lamelovým čerpad-

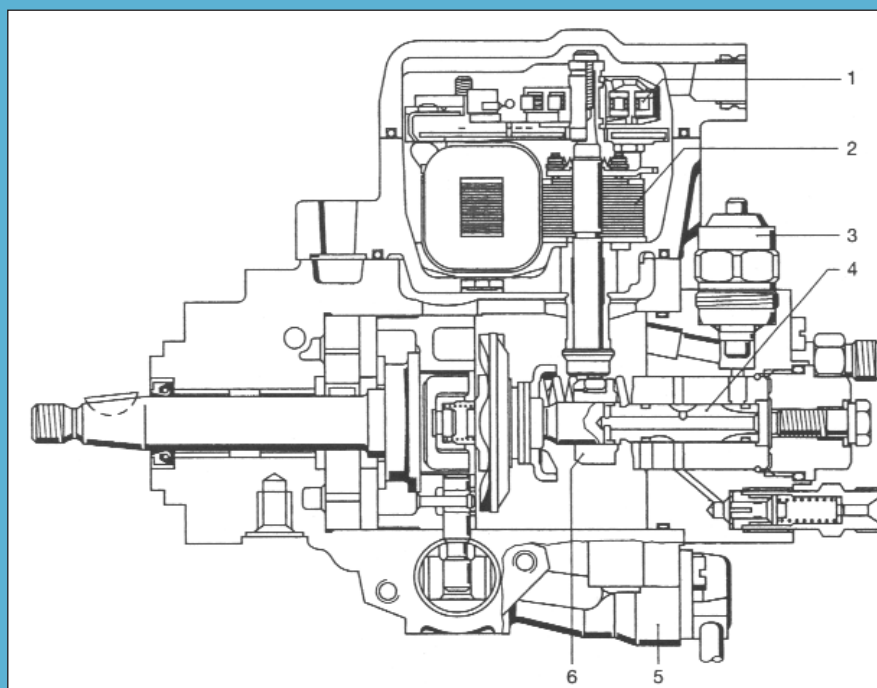
lem přes palivový filtr. Toto mechanicky poháněné lamelové čerpadlo je zabudováno do skříně čerpadla. Palivo je dále čerpáno do vnitřního prostoru vstřikovacího čerpadla. Z vnitřního prostoru čerpadla se palivo dostává plnicím kanálem (přívodním otvorem) a otevřeným elektromagnetickým uzavíracím ventilem (ELAB) do vysokotlakého prostoru čerpadla a zároveň tlakového prostoru přesuvníku vstřiku. Chlazení čerpadla a nepřetržité odvětrávání je zajištěno proudícím palivem, které protéká z vnitřního prostoru čerpadla přepouštěcím škrtkicím ventilem zpět do palivové nádrže.

Vstupní tlak vytvářený lamelovým čerpadlem je závislý na otáčkách. Při volnoběžných otáčkách dosahuje hodnoty 0,45 – 0,55 MPa, při vysokých otáčkách je omezen na 0,85 – 1 MPa. Tyto tlaky jsou určovány tlakovým ventilem, který zajišťuje odtok přebytečného paliva dopraveného lamelovým čerpadlem zpět na stranu sání paliva. Čerpací tlak čerpad-

la, který se plynule zvyšuje s rostoucími otáčkami, zároveň působí na pístek automatického hydraulického přesuvníku vstřiku.

Vysokotlaká část

Rotační vstřikovací čerpadlo obsahuje pouze jeden čerpací prvek (axiální píst) a zajišťuje tak zásobování palivem pro všechny válce motoru (obr. 8). Rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem slouží zároveň jako rozdělovač. Palivo čerpané vstřikovacím čerpadlem se pomocí pístu čerpadla rozděluje na jednotlivé tlakové výstupy v tělese rozdělovače. Píst čerpadla, resp. rozdělovače ovládá kotoučová vačka. Počet vačkových excentrů odpovídá počtu válců motoru. Tato kotoučová vačka je poháněna hnací hřídelí přes křížový unašeč. Na své dráze se vačka odvaluje po radiálně uspořádaných válečcích uložených v otočném válečkovém prstenci, který se však sám



- 1 – snímač polohy regulačního šoupátka
- 2 – elektromagnetický regulační mechanismus pro nastavování čerpaného množství
- 3 – elektromagnetický uzavírací ventil (ELAB)
- 4 – čerpací, resp. rozdělovací píst
- 5 – elektromagnetický ventil pro nastavování začátku vstřiku
- 6 – regulační šoupátko

Obr. 8. Rotační vstřikovací čerpadlo s elektronickým řízením přívodu nafty (EDC) (Bosch)



neotáčí. Píst rozdělovače s kotoučovou vačkou je na tento válečkový prstenec přitlačován dvěma pružinami na pístu ve směru dolní úvrati. Hnací hřídel při svém otáčení unáší vačkový kotouč a ten provádí pohyby rotace a zdvihu, které se nuceně přenáší na píst rozdělovače.

Čerpání paliva (s řízením sání a výtlačky)

Píst rozdělovače má na předním konci axiální plnicí drážku. Jejich počet odpovídá počtu válců motoru. Naproti na pístu rozdělovače ve vysokotlaké části je jen jeden výtlačný kanálek. Otáčí-li se hnací hřídel, otáčí se i axiální píst stejnými otáčkami. Ten současně provádí sací a čerpací zdvihy, vyvolávané účinkem kotoučové vačky a pružin.

Řízení sání s plněním

Pohybem pístu v sacím zdvihu – z horní úvrati do dolní – se sací drážka dostane do polohy proti plnicímu otvoru (obr. 9). Výtlačný kanálek axiálního pístku se nachází mezi dvěma vysokotlakými výstupy ke vstřikovací trysce. Palivo tak může proudit do vysokotlakého prostoru. Proces plnění se ukončí v dolní úvrati.

Výtlačný a čerpání

Po dokončení procesu plnění se píst v oblasti dolní úvrati otáčí dále (obr. 10). Axiální drážka pro sání paliva přitom opouští plnicí kanál. Ten se zavře bokem pístu. Při dalším otáčení se výtlačný kanálek dostane do polohy proti jednomu z vysokotlakých výstupů ke vstřikovací trysce a propojí tak vysokotlaký prostor pístu s jednou ze vstřikovacích trysek. Při začínajícím čerpacím zdvihu – vyvolaným kotoučovou vačkou – se palivo dopravuje výtlačným kanálem, vysokotlakým výstupem s redukčním tlakovým ventilem a vstřikovacím vedením do vstřikovací trysky.

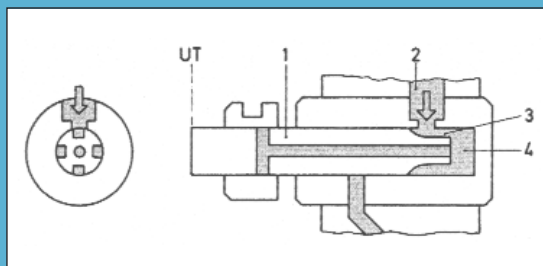
Ukončení čerpání

Konec čerpání nastane, když se odpouštěcí kanál (příčné vrtání) v pístu axiálního čerpadla dostane do pozice proti regulačnímu šoupátku (obr. 11). Natlačené palivo nyní může z vysokotlakého prostoru odtékat axiálním a odpouštěcím kanálkem do vnitřního prostoru čerpadla. Tlak ve vysokotlakém prostoru rychle

klesá. Redukční tlakový ventil ve výtlačném kanálu se dále zavírá a v důsledku zvětšení objemu dojde k prudkému snížení tlaku ve vysokotlakém vedení k vstřikovací trysce. Je tak zajištěno rychlé a přesné uzavření vstřikovací trysky, aniž by došlo k dodatečnému nežádoucímu dovstříku. Po překročení horní úvrati se axiální píst rozdělovače účinkem pružiny

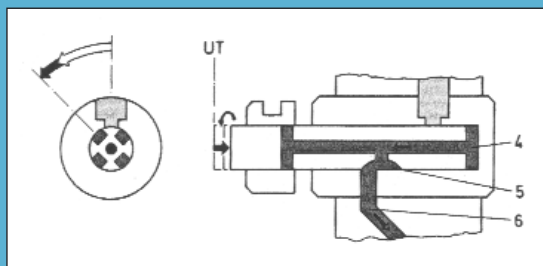
pohybuje zpět do dolní úvrati. V průběhu zpětného pohybu pístu do dolní úvrati se uzavře odpouštěcí kanál nepohyblivým regulačním šoupátkem (obr. 12). Výtlačný kanálek opouští vysokotlaké výstupy ke vstřikovací trysce a další axiální plnicí drážka se nachází proti vstupnímu otvoru, takže se proces plnění může opakovat.

- 1 – rozdělovací píst
- 2 – vstupní (plnicí) otvor
- 3 – axiální plnicí drážka
- 4 – vysokotlaký prostor



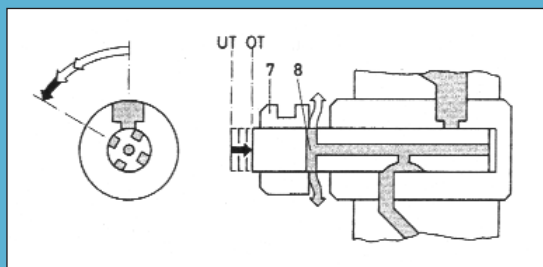
Obr. 9. Rozdělovací píst čerpadla v poloze plnění (Bosch)

- 4 – vysokotlaký prostor
- 5 – výtlačný kanálek
- 6 – vysokotlaký kanál ke vstřikovací trysce některého válce motoru

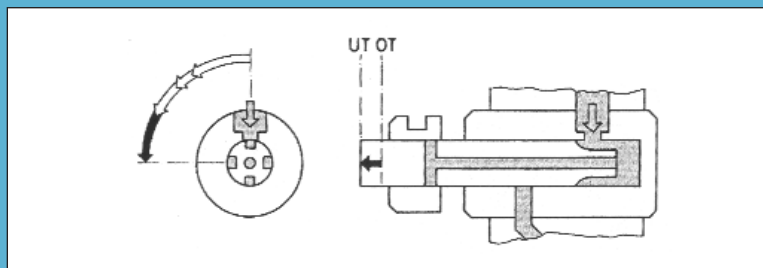


Obr. 10. Rozdělovací píst čerpadla v poloze čerpání (Bosch)

- 7 – regulační šoupátko
- 8 – odpouštěcí (příčný) kanálek



Obr. 11. Ukončení čerpání (přetékání) (Bosch)



Obr. 12. Proces plnění v průběhu pohybu pístu zpět do dolní úvrati (Bosch)

Elektronická regulace vznětového motoru (EDC) v kombinaci se vstřikovacím čerpadlem s axiálním pístem

Elektronickou regulaci (EDC) lze podle blokového schématu (obr. 13) rozdělit do tří systémových bloků (obr. 14).

- Systémový blok 1:** je tvořen snímači pro shromažďování pracovních parametrů (skutečných hodnot) a vysíláči požadovaných hodnot. Tyto snímače přeměňují nejrůznější naměřené fyzikální veličiny na elektrické signály.
- Systémový blok 2:** tvoří jej řídicí jednotka s mikroprocesorem pro zpracování vstupních signálů a vysílání elektrických výstupních signálů.
- Systémový blok 3:** obsahuje akční členy, které elektrické výstupní signály vysílané řídicí jednotkou přeměňují na mechanické regulované veličiny, např. dráhu regulačního šoupátka.

Systémový blok 1

Snímače teploty

Tyto snímače měří teplotu nasávaného, resp. plnicího vzduchu, chladicí kapaliny a paliva a tyto informace předávají řídicí jednotce motoru.

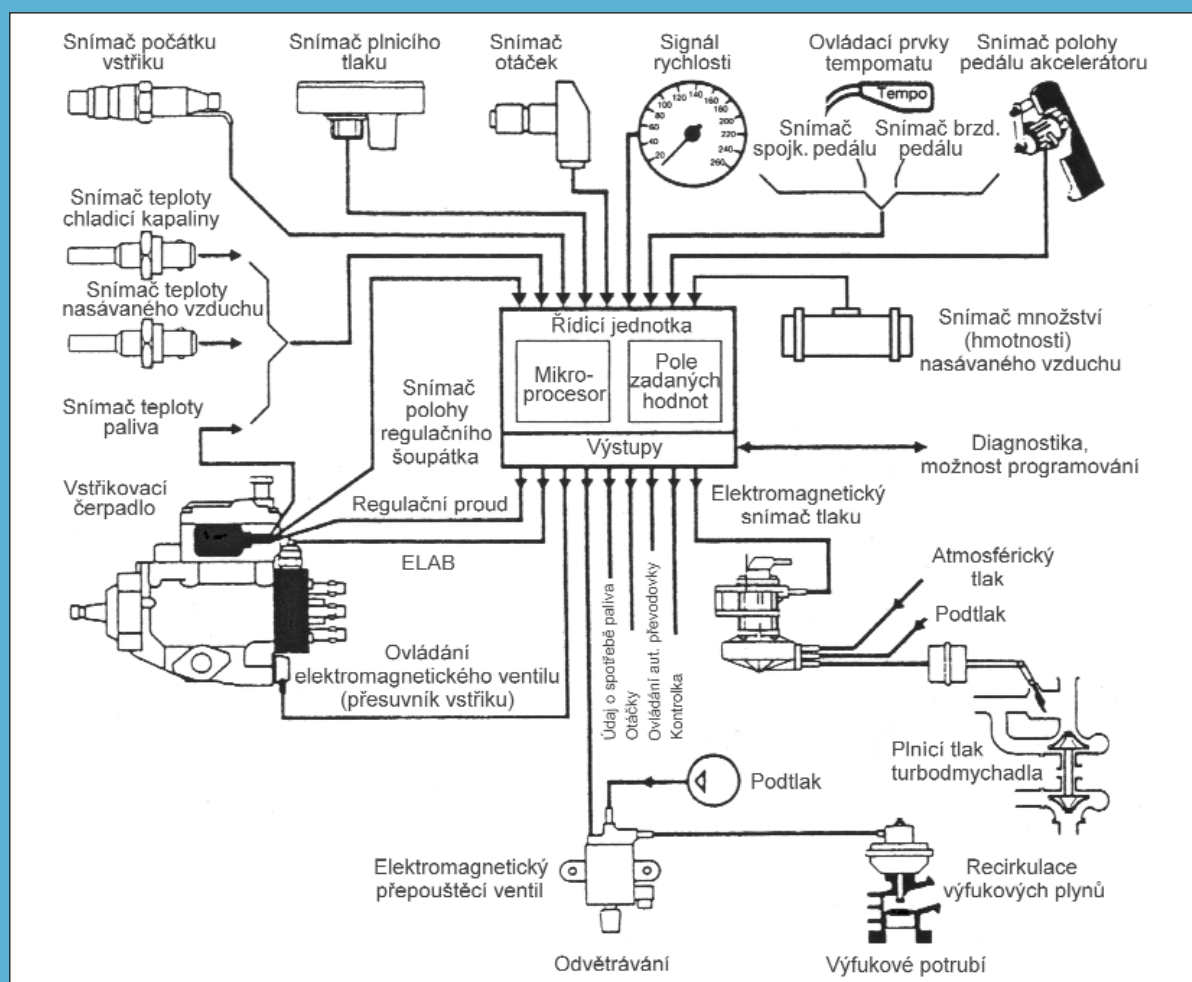
Snímač teploty v sacím potrubí

Měřením teploty vzduchu v sacím potrubí se zajišťuje vliv změny množství (hmotnosti) vzduchu při plnění válce prostřednictvím závislosti hustoty vzduchu na jeho teplotě. Vyšší teplota vzduchu znamená menší množství vzduchu, kterým jsou válce plněny. Aby se zabránilo zvýšení obsahu škodlivin ve výfukových plynech, sníží řídicí jednotka motoru vstřikované množství paliva.

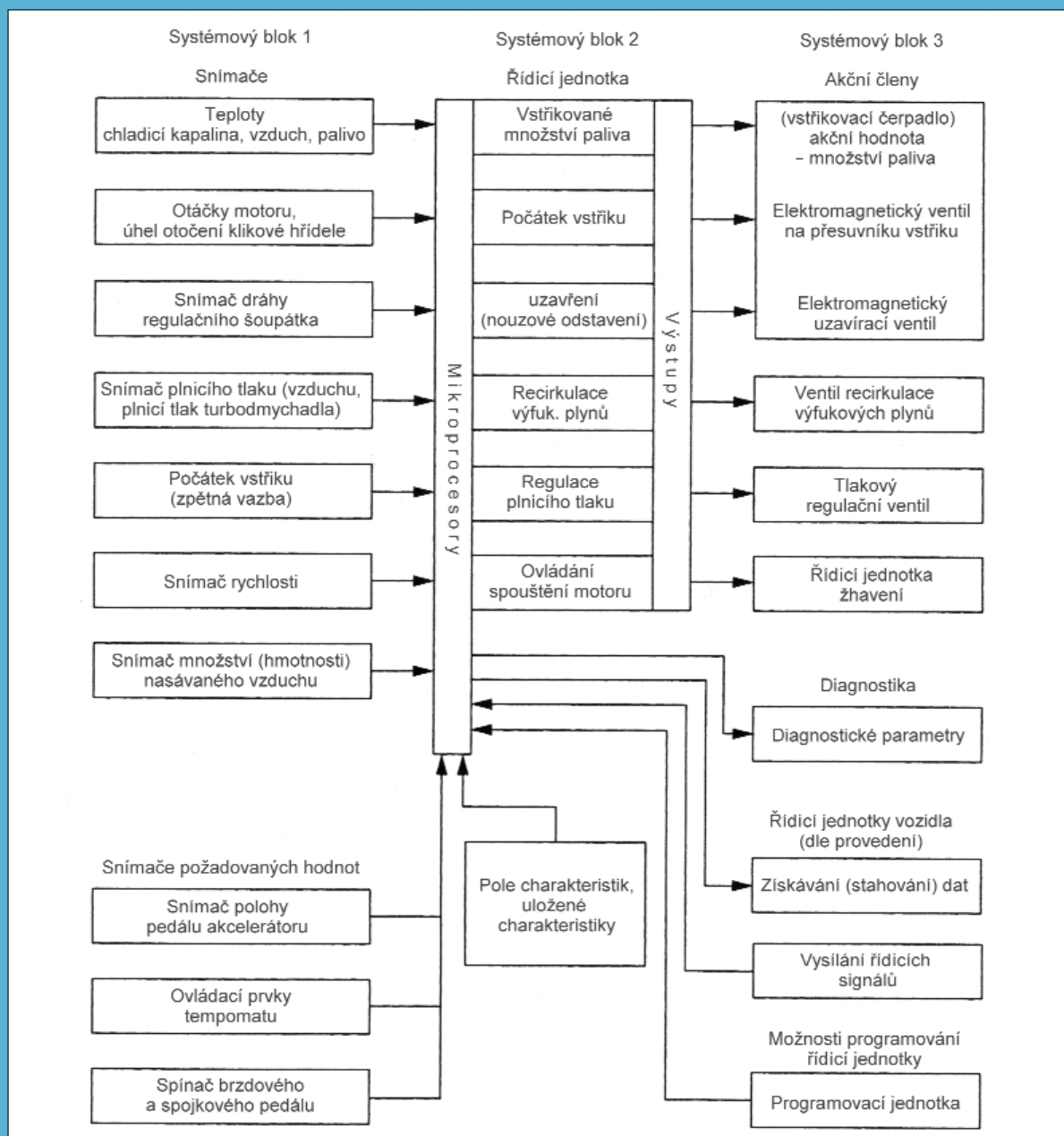
Snímač teploty

chladicí kapaliny v hlavě válců

Teplota chladicí kapaliny ovlivňuje dávkování vstřikovaného množství paliva, časování vstřiku a volnoběžné otáčky u studeného i zahřátého motoru. Při spouštění nezahřátého motoru je tak vstřikované množství paliva stanoveno v závislosti na teplotě z příslušného pole charakteristik, což umožňuje snadné spouštění motoru bez jeho nadměrného kouření. Rovněž je tak zajištěno zvýšení volnoběžných otáček u nezahřátého motoru na hodnotu odpovídající zahřátému. Hodnota teploty chladicí kapaliny je rovněž využívána ke stanovení okamžiku recirkulace výfukových plynů.



Obr. 13. Vstřikovací systém s elektronicky regulovaným vstřikovacím čerpadlem (BMW)



Obr. 14. Systémové bloky elektronické regulace vznětového motoru (EDC)

Při výpadku snímače teploty chladicí kapaliny přechází regulace vstřikovaného množství paliva na náhradní hodnotu, která odpovídá množství vstřikovaného paliva při teplotě -20°C . I u zahřátého motoru se tak dodává větší množství paliva při spouštění a znamená to také zvýšení volnoběžných otáček. Dochází k zablokování recirkulace výfukových plynů a regulace začátku vstřiku přechází na náhradní hodnotu, odpovídající teplotě $+50^{\circ}\text{C}$. Odpadá tak funkce usnadnění spouštění nezahřátého motoru, tzn.

že u nezahřátého motoru se začátek vstřiku nenastavuje asi o 5° úhlu otočení klikové hřídele dříve. Motor na to reaguje snížením výkonu při rozjezdu a zvýšením kouřivosti (výskyt bílého, resp. modrého kouře).

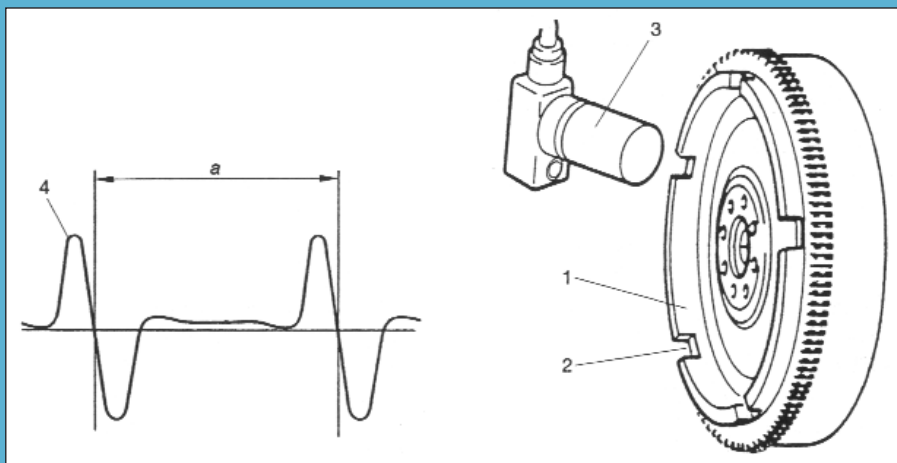
Snímač teploty paliva ve vstřikovacím čerpadle

Měřením teploty paliva se zjišťují změny hustoty paliva, ke kterým dochází při kolísání teploty. Při ohřívání paliva řídicí jednotka zaznamená pokles hustoty pa-

liva, ke kterému při zvyšování teploty dochází, a zvětšuje pak vstřikované množství paliva tak dlouho, dokud hmotnost paliva neodpovídá hmotnosti paliva chladnějšího.

Snímač otáček/polohy referenční značky

Tento indukční snímač je umístěn proti kolu setrvačníku a bezdotykově snímá otáčky motoru a zároveň polohu klikové hřídele. Na setrvačníku (obr. 15) jsou vybrány (otvory), jejichž počet od-



Obr. 15.
Snímač otáček a polohy
klikové hřídele (Bosch)

- 1 – setrvačník
- 2 – vybrání
- 3 – indukční snímač otáček
- 4 – střídavý napěťový signál (u čtyřválců úhlová vzdálenost 90° otočení klikové hřídele, u pětiválců úhlová vzdálenost 72° otočení klikové hřídele)

povídá počtu válců motoru, nebo v některých případech jsou na tomto kole zuby (výstupky). Každé vybrání, resp. každý zub odpovídá horní úvrati jednoho z válců motoru. Při běžícím motoru je přední a zadní hranou těchto vybrání (resp. zubů) indukováno ve snímači střídavé napětí. Řídicí jednotka tento napěťový signál dostává jako informaci o otáčkách. Některá zařízení slouží jen jako snímač otáček. Pak signál pro rozpoznávání válců zajišťuje snímač pohybu jehly ve vstřikovací trysce. Při výpadku snímače otáček se jako náhradní signál využívá signál snímače pohybu jehly v některé ze vstřiko-

vacích trysek (obr. 16). Kromě toho se snižuje dávka paliva při plném zatížení, vyřazuje se funkce regulace začátku vstřiku a rozsvítí se signalizační kontrolka.

Snímač dráhy regulačního šoupátka

Tento snímač se nachází v blízkosti elektromagnetického regulačního ventilu (obr. 8). U starších rotačních vstřikovacích čerpadel je jím potenciometr a u modernějších konstrukcí bezdotykový polodiferenciální snímač (HDK kroužek). Snímač dráhy regulačního šoupátka zaznamenává okamžitou polohu regulačního šoupátka

a hlásí ji řídicí jednotce. V případě jeho poruchy – když řídicí jednotka nedostává žádné zpětné hlášení – se motor zastaví (nouzové zastavení). Řídicí jednotka přeruší napájení elektromagnetického uzavíracího ventilu (ELAB), ten se zavře a zablokuje plnicí kanál do vysokotlakého prostoru čerpadla (obr. 8).

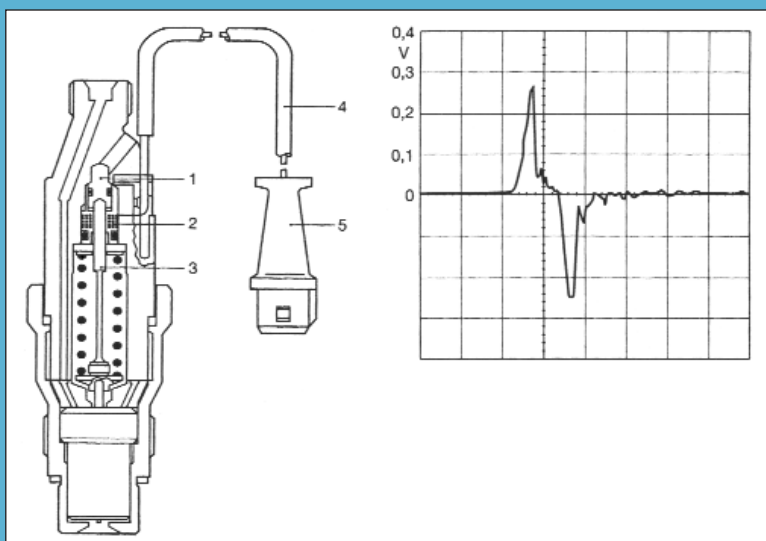
Snímač plnicího tlaku turbodmychadla

Snímač plnicího tlaku (obr. 13 a 17) je propojen s plnicí částí turbodmychadla. Na jeho membráně se nacházejí piezoelektrické odpory, jejichž vodivost se mění při mechanickém napínání. Tyto odpory jsou spojeny do můstku. Můstkové napětí, které se při napínání membrány změní, se zesiluje ve vyhodnocovacím obvodu a jako výstupní signál odchází do řídicí jednotky. Tento výstupní signál je mírou příslušného plnicího tlaku a řídicí jednotka jej využívá pro regulaci plnicího tlaku turbodmychadla.

Snímač začátku vstřiku

Jedna ze vstřikovacích trysek motoru je vybavena snímačem pohybu jehly vstřikovací trysky (obr. 16). Při vstřiku je jehla nadzdvihnuta z jejího sedla otvácím tlakem. Jehla trysky při tomto pohybu zatlačuje horní část vedení jehly do cívy, kterou prochází proud. V cívce se tak indukuje napěťový signál (střídavé napětí). Tento signál se jako informace – zpětné hlášení o skutečném začátku vstřiku – předává do řídicí jednotky.

Při výpadku snímače začátku vstřiku nedochází k aktivaci elektromagnetické-

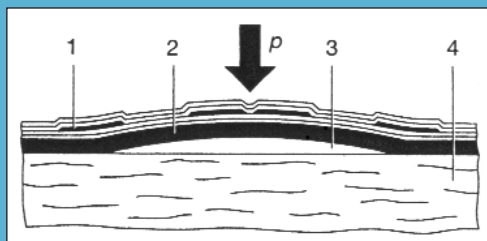


Obr. 16. Snímač začátku vstřiku se střídavým napěťovým signálem (Bosch)

- 1 – ovládací čep
- 2 – cívka snímače
- 3 – vedení jehly trysky
- 4 – kabel
- 5 – spojovací konektor



- 1 – piezoelektrické odpory
 - 2 – základní membrána
 - 3 – komora protitlaku
 - 4 – keramická podložka
- p – plnicí, resp. atmosférický tlak



Obr. 17. Membrána s tlustou vrstvou ve snímači přeplňovacího tlaku

ho ventilu přesuvníku vstřiku a začátek vstřiku se stanovuje pouze na základě tlaku ve vnitřním prostoru čerpadla, který je závislý na otáčkách motoru. Sníží se také dávka paliva při plném zatížení a rozsvítí signalizační kontrolka.

Snímač rychlosti

Signál snímače rychlosti je u osobních automobilů nejčastěji získáván z Hallova snímače. Ten je většinou umístěn v převodovce vozidla. Jako snímač rychlosti může být také použit indukční snímač (většinou u užitkových automobilů) nacházející se v oblasti předního kola vozidla. Řídicí jednotka tento signál využívá pro regulaci rychlosti jízdy (funkce tempomatu), k tlumení cukání motoru a pro další přenos do elektronického řízení automatické převodovky.

Měřič hmotnosti vzduchu

V některých případech se používá pro stanovení množství recirkulovaných výfukových plynů. Měřič hmotnosti vzduchu (obr. 13) s tenkou topnou vrstvou snímá hmotnost vzduchu nasávaného motorem. Tento snímač je schopen zohlednit vliv teploty vzduchu.

Systémový blok 2

Řídicí jednotka

Řídicí jednotka je součástí digitální techniky. Složitě zapojení řídicí jednotky přitom zahrnuje všechny mikroprocesory (počítače) s integrovanými adaptačními vstupními a výstupními obvody a také potřebnými paměťovými jednotkami a převodníky pro přeměnu vstupních signálů. Signály dodávané snímači a vysílači požadovaných hodnot se musí vždy upravit, tzn. zesílit nebo naopak zeslabit, resp. omezit tak, aby je mohl následující stupeň zpracovat. V závislosti na typu vstupního signálu (analogový, digitální nebo

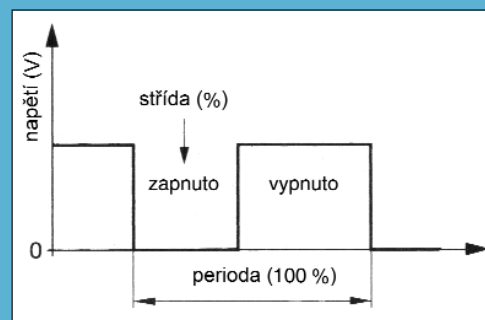
ve tvaru impulzů) se k tomu používají různé typy obvodů.

V řídicí jednotce je uloženo několik polí charakteristik, jako je např. zatížení, otáčky, teplota chladicí kapaliny, vzduchu nebo paliva. Charakteristiky zatížení a otáčky jsou charakteristikami hlavními (základními) a řidič je může ovlivňovat polohou pedálu akcelérátoru. Ostatní charakteristiky slouží ke korekci, a proto se také nazývají korekčními veličinami.

V řídicí jednotce jsou uložena pole charakteristik např. pro:

- množství paliva pro spouštění motoru;
- množství paliva pro volnoběh;
- množství paliva pro plné zatížení;
- regulaci začátku vstřiku;
- regulaci plnicího tlaku;
- ovládání recirkulace výfukových plynů;

Obr. 18. Obdélníkový signál s modulovanou šířkou impulzu



- regulaci rychlosti jízdy (funkce tempomatu);
- čerpací charakteristiky čerpadla;
- omezení kouřivosti motoru;
- charakteristiku pedálu akcelérátoru

Po vyhodnocení vstupních signálů se musí řídicí signály vypočtené řídicí jednotkou zesílit, aby byly schopny uvádět v činnost příslušné akční členy EDC. Výstupní proudy zesilovačů (výstupů) jsou např. pro ovládání relé a kontrolních sví-

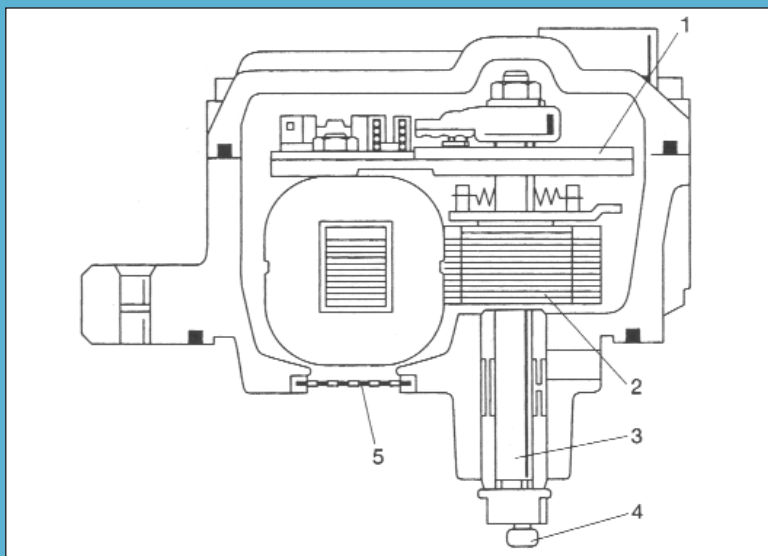
tilen několik stovek miliampérů, při ovládání jednoduchých elektromagnetických ventilů asi 1 až 2 ampéry a pro ovládání elektromagnetických regulačních zařízení až 5 ampérů. Elektronika řídicí jednotky pracuje se stálým napájecím napětím 5 V. Akční členy EDC jsou kladným pólem připojeny na palubní napětí a záporným k výstupům řídicí jednotky. Všechny akční členy, s výjimkou elektromagnetického uzavíracího ventilu, jsou ovládány pomocí obdélníkového signálu s modulovanou šířkou impulzu, tzn. že se proud periodicky zapíná a vypíná. Doba průchodu proudem je v poměru k trvání periody (100 %) a udává se v procentech jako klíčovací poměr (obr. 18).

Systémový blok 3

Elektromagnetický regulační mechanismus pro nastavení čerpaného množství

Otočný elektromagnetický regulační mechanismus se nachází v horní části skříňně rotačního čerpadla (obr. 8 a 19). Jeho hřídelka s excentricky umístěným kulovým čepem zasahuje do regulačního šoupátka. Při otáčení této hřídelky se regulační šoupátko nasunuje axiálně na píst čerpadla. Čerpané množství se vyměřuje příslušnou polohou regulačního šoupátka dřívějším nebo pozdějším nastavením výstupního

(příčného) odpouštěcího otvoru. Poloha regulačního mechanismu je neustále zadávána řídicí jednotkou regulovaným (taktovaným) ovládacím proudem a zpětné hlášení o poloze regulačního šoupátka dostává řídicí jednotka od snímače dráhy regulačního šoupátka, kterým může být potenciometr nebo polodiferenciální snímač (HDK kroužek), jako hodnotu úhlu otočení. Ve stavu, kdy neprochází proud, uvádějí zpětné pružiny elektromagnetic-



Obr. 19. Elektromagnetický mechanismus pro regulaci čerpaného množství (Bosch)

1 – snímač polohy regulačního šoupátka
2 – otočný elektromagnet

3 – přestavovací hřídel
4 – excentrický čep
5 – sítko přívodu paliva

ký regulační mechanismus do polohy nulového čerpání.

Při výpadku elektromagnetického regulačního mechanismu řídicí jednotka přeruší dodávku proudu elektromagnetickému uzavíracímu ventilu (ELAB) a motor se zastaví (nouzové zastavení).

Elektromagnetický ventil regulace začátku vstřiku

V principu je jeho funkce stejná jako u automatického hydraulického přesuvníku vstřiku rotačního vstřikovacího čerpadla s mechanickou regulací. Tlak ve vnitřním prostoru čerpadla, který se zvyšuje s rostoucími otáčkami (asi 0,15 až 0,75 MPa), tlačí na píst přesuvníku vstřiku proti odporu pružiny a vyvolává přestavení začátku vstřiku ve směru zvětšení předstihu. U rotačního vstřikovacího čerpadla s EDC se už při nižších otáčkách nastaví vyšší tlak ve vnitřním prostoru čerpadla o velikosti 0,45 až 0,55 MPa, který při zvýšení otáček dosahuje až 0,75 až 0,85 MPa a řídicí jednotka ho může v závislosti na otáčkách a zatížení měnit taktovaným ovládním elektromagnetického ventilu (obr. 20). Elektromagnetický ventil v otevřeném stavu vytváří spojení mezi tlakovým prostorem přesuvníku vstřiku a stranou sání (lamelového) čerpadla.

Pokud elektromagnetickým ventilem neprochází žádný proud, je uzavřený, což znamená zvýšení tlaku a nastavení začátku vstřiku ve směru zvětšení předstihu. Naopak pokud jím v mezích klíčovacího poměru prochází proud delší dobu, zůstává déle otevřený a pokles tlaku, ke kterému přitom dochází, vyvolává nastavení začátku vstřiku ve směru zmenšení předstihu. Řídicí jednotka tak může stupňovitě nastavovat poměr mezi otevřeným a zavřeným stavem elektromagnetického ventilu, a tímto způsobem ovlivňovat tlak v tlakovém prostoru přesuvníku vstřiku a tím i začátek vstřiku.

Elektromagnetický uzavírací ventil (ELAB)

Tento ventil (obr. 8) se nachází v plnicím kanálu mezi vnitřním prostorem čerpadla a vysokotlakým prostorem. Při začátku žhavení a při běhu motoru propouští řídicí jednotka do elektromagnetického ventilu proud a ten zůstává otevřený. Při zastavení motoru se po 2,5 s (při nouzovém zastavení však okamžitě) přeruší napájení proudem a ventil uzavře plnicí kanál.

Elektromagnetický snímač tlaku

Elektropneumatický snímač tlaku (obr. 13) je umístěn u regulátoru plnicího tlaku.

V pneumatické části měniče tlaku se vytváří spojení mezi podtlakovým čerpadlem a nastavovacím prvkem klapky obtoku, které umožňuje ovládání regulační klapky. Elektricky je elektromagnetický ventil měniče tlaku spojen s řídicí jednotkou. Při aktivované regulaci plnicího tlaku řídicí jednotka taktuje elektromagnetický ventil, a tím stanovuje průtočný průřez. Tak je určena velikost podtlaku. V závislosti na velikosti podtlaku, který působí na akční člen klapky obtoku, se poloha regulační klapky mění tak dlouho, dokud skutečná hodnota plnicího tlaku hlášená jeho snímačem nesouhlasí se zadanou požadovanou hodnotou v poli charakteristik řídicí jednotky.

Elektromagnetický přepouštěcí ventil

Tento ventil (obr. 13) slouží k ovládání recirkulace výfukových plynů. Elektricky je ovládán (taktován) řídicí jednotkou. Při aktivované recirkulaci výfukových plynů protéká přepouštěcím ventilem proud podle údajů z pole charakteristik a podle toho je stanoven průtočný průřez, kterým se nastavuje velikost podtlaku. V závislosti na dané hodnotě podtlaku se pak otvírá ventil recirkulace výfukových plynů.

Regulační funkce EDC u systému s rotačním vstřikovacím čerpadlem s axiálním pístem

Dávkování paliva

Jak již bylo zmíněno v odstavci o řídicí jednotce, jsou pro všechny pracovní režimy motoru uložena pole charakteristik. Pokud řidič sešlápnutím pedálu akcelérátoru (snímač na pedálu akcelérátoru) zadá požadavek na zvýšení či snížení točivého momentu, resp. na změnu otáček motoru (požadované rychlosti jízdy), vypočte řídicí jednotka na základě uložených polí charakteristik a vstupních skutečných hodnot snímačů zadanou (požadovanou) hodnotu pro elektromagnetický regulační mechanismus (akční člen). Regulační elektromagnetický mechanismus je přitom nepřetržitě ovládán regulovaným řídicím proudem (taktování) a regulačním šoupátkem, dokud snímač dráhy regulačního šoupátka ří-



dicí jednotce neohlásí, že se nachází ve správné poloze, tzn. dokud skutečná hodnota nesouhlasí se zadanou (požadovanou). Při axiálním posunu regulačního šoupátka se dodávané množství paliva dává tím způsobem, že odpouštěcí (příčný) otvor v čerpacím pístu se do činnosti uvede dříve nebo později. Při dřívějším otevření se dává menší a při pozdějším otevření větší množství paliva.

Množství paliva při spouštění motoru je dávkováno, pokud otáčky klesnou pod dolní hranici pro rozpoznání spouštění motoru (pod normální otáčky při spouštění) nebo pokud je pedál akceleračního v poloze plného zatížení. Regulační šoupátko se přitom nastaví do polohy, která je určena teplotou motoru. Množství paliva pro spouštění se dodává do té doby, než je překročena hranice otáček znamenající ukončení režimu spouštění. Dále je již vstřikována běžná dávka paliva. Mez otáček pro ukončení režimu spouštění závisí také na teplotě. U nezahřátého motoru je dosažena později a u zahřátého dříve.

Regulace začátku vstřiku

Okamžik vstřiku má vliv na spouštění motoru, hlučnost spalování, spotřebu paliva a emisní hodnoty výfukových plynů. Upravuje se podle pracovních podmínek motoru.

V závislosti na otáčkách: V tomto případě se při plném zatížení posouvá začátek vstřiku ve směru zvětšení předstihu, aby došlo k vyrovnání zpoždění vznětu ve stupních otočení klikové hřídele, ke kterému při zvyšování otáček dochází.

V závislosti na zatížení: Při tomto nastavení se při vyšších otáčkách a menším zatížení, resp. menším vstřikovaném množství paliva (vyvolaném uvolněním pedálu akceleračního) mění začátek vstřiku ve směru zmenšení předstihu, aby bylo nastaveno měkčí spalování, a zároveň se v důsledku nižší maximální teploty spalování sníží podíl oxidů dusíku ve výfukových plynech.

Při regulaci začátku vstřiku se berou v úvahu uložená pole charakteristik (obr. 21). Zadaná (požadovaná) hodnota okamžiku vstřiku je určena jako ko-

rekční veličina v závislosti na otáčkách, vstřikovaném množství paliva a teplotě motoru. Řídicí jednotka podle toho dodává elektromagnetickému ventilu proud po různě dlouhou dobu (taktování). Tímto způsobem se mění pouze tlak působící na píst přesuvníku vstřiku. Tlak ve vnitřním prostoru čerpadla zůstává vzhledem ke škrticímu otvoru téměř konstantní.

Při výpadku signálu pro vstřikování během spouštění motoru nebo při jízdě s uvolněným pedálem akceleračního se vypne regulace vstřikování. Klíčovací poměr potřebný k ovládnutí elektromagnetického ventilu je získán z uloženého pole charakteristik.

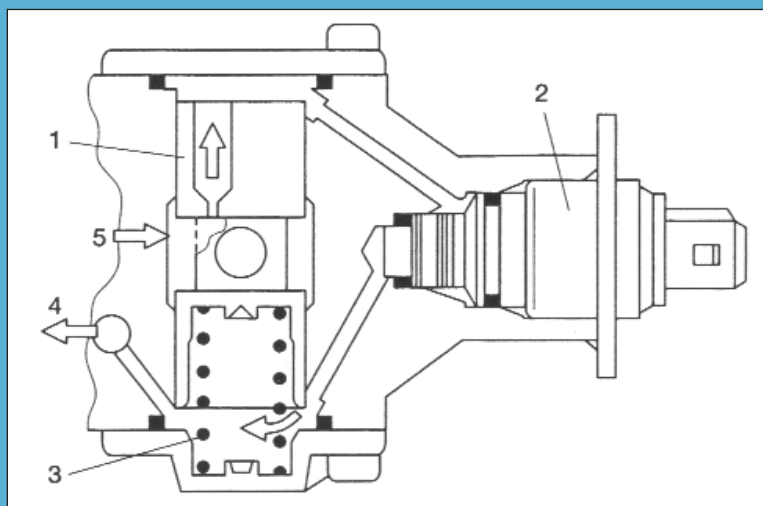
Recirkulace výfukových plynů

Recirkulace výfukových plynů zajišťuje při teplotách motoru nad $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v oblasti neúplného zatížení mezi 1000 až asi 3500 min^{-1} snížení tvorby oxidů dusíku (NO_x). Recirkulované výfukové plyny směřované s nasávaným vzduchem při neúplném zatížení motoru snižují podíl kyslíku a dusíku ve válci. Dochází ke snižování spalovacích teplot pod $2500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při vyšších teplotách dochází ke slučování kyslíku s dusíkem. U vznětových motorů recirkuluje asi 20 % až 40 % výfukových plynů.

V řídicí jednotce elektronické regulace (EDC) je množství recirkulovaných výfukových plynů uloženo v poli charakteristik. V tomto poli je každému pracovnímu bodu přiřazeno potřebné množství vzduchu, požadované v závislosti na otáčkách motoru, vstřikovaném množství paliva (odpovídá stavu zatížení) a teplotě motoru. Řídicí jednotka dostává např. z měřiče hmotnosti vzduchu informaci o množství vzduchu nasávaném v daném okamžiku, porovnává ji s uloženou zadanou hodnotou a podle toho dává množství recirkulovaných výfukových plynů. Přitom řídicí jednotka uvede do činnosti elektropneumatický přepouštěcí ventil, který tvoří spojení mezi podtlakovým čerpadlem a ventilem recirkulace výfukových plynů (ventil AGR) (obr. 13). Tato aktivace se provádí pomocí klíčovacího poměru, tzn. že se řídicí proud periodicky zapíná a vypíná. Fáze jeho zapnutí jsou přitom různé dlouhé, takže se nastavuje i různě vysoký podtlak na ventilu AGR a různě velký průtočný průřez pro výfukové plyny.

Regulace plnicího tlaku

Relativně malá turbodmychadla dosahují u přeplňovaných vznětových motorů s vysokými otáčkami dobrého účinku vzhledem k průběhu točivého momentu



Obr. 20. Elektromagnetický ventil pro regulaci začátku vstřiku (Bosch)
1 – píst přesuvníku vstřiku
2 – elektromagnetický ventil
3 – pružina přesuvníku vstřiku
4 – přívod paliva na stranu sání čerpadla
5 – tlak ve vnitřním prostoru čerpadla (0,45 až 0,85 MPa)

už při nízkých otáčkách a zatíženích. Pro omezení plnicího tlaku při vysokých otáčkách motoru a vysokém zatížení je připojen obtokový (bypass) kanál (waste gate), kterým se část výfukových plynů odvádí z turbíny ven (obr. 13). Průtokový průřez obtokového kanálu je nastaven polohou regulační klapky nebo pomocí regulačního ventilu. Jeho ovládání provádí akční člen obtokového kanálu.

V řídicí jednotce je pro regulaci plnicího tlaku uloženo příslušné pole charakteristik. To pro každý pracovní bod motoru obsahuje požadovanou (zadanou) hodnotu plnicího tlaku, která se neustále porovnává se vstupní skutečnou hodnotou plnicího tlaku z jeho snímače. Nejsou-li obě tyto hodnoty stejné, řídicí jednotka motoru uvede pomocí potřebného klíčovacího poměru do činnosti elektromagnetický ventil měniče tlaku, dokud se požadovaná a skutečná hodnota plnicího tlaku neshodují. Při ovládání tohoto elektromagnetického ventilu se nastavuje různě dlouhá doba jeho sepnutí. V závislosti na této době je určen průřez pro nastavení hodnoty podtlaku, který působí na akční člen regulační klapky a tím i hodnotu plnicího tlaku.

Regulace volnoběhu

Regulace volnoběhu působí v poloze volnoběhu pedálu akcelérátoru a při sepnutém spínači spojky. Kolísání otáček je při volnoběhu vyvoláváno rozdílnými silami působícími na písty, a tím vznikají rozdíly točivých momentů od jednotlivých válců motoru. Kolísání je zaznamenáno řídicí jednotkou motoru a reguluje toto kolísání asi od 1000 min⁻¹. Elektronika rozpozná nerovnoměrnosti běhu mezi jednotlivými válci. Důsledkem toho je rozdílné dávkování paliva do jednotlivých válců, přičemž elektromagnetický regulační mechanismus nastavuje regulační šoupátko mezi jednotlivými čerpacími zdvihy.

Tlumení cukání během jízdy

Při rázové změně zatížení (brzdění motorem a náhlém přidání plynu nebo naopak) dochází k podélnému kmitání vozidla. Elektronická regulace toto kmitání zaznamená na základě signálu snímače rychlosti a reaguje na něj příslušnou změnou vstřikovaného množství paliva. Při zvy-

šování rychlosti se vstřikované množství snižuje, v opačném případě zvyšuje.

Regulace otáček

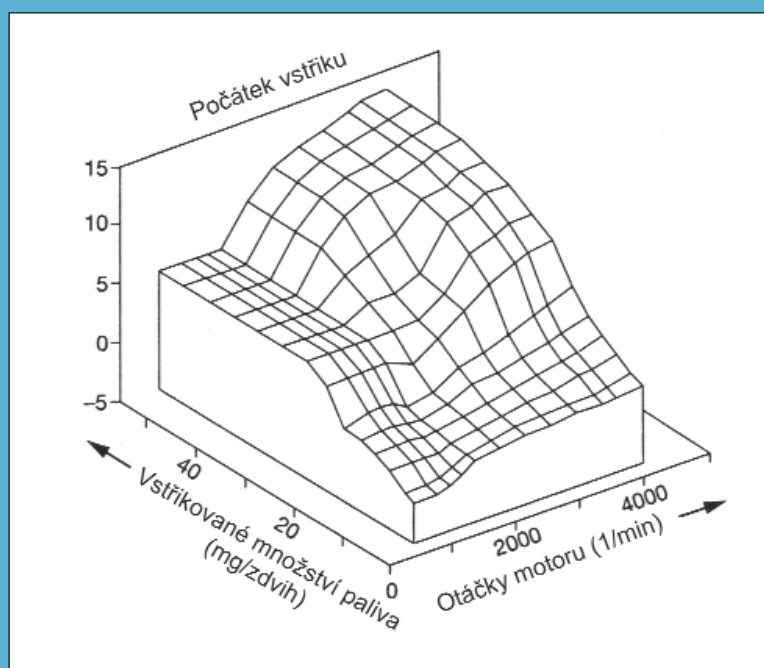
Elektronická regulace (EDC) je svým regulačním chováním ve stavu bez zatížení podobná variabilnímu regulátoru otáček. Otáčky nastavené polohou pedálu akcelérátoru jsou udržovány a zůstávají konstantní. Při jízdě má EDC charakteristiku regulátoru otáčekového.

Volnoběžné otáčky: Volnoběžné otáčky nejsou závislé na zatížení, tzn. při za-

jednotce snímač otáček. Řídicí jednotka reaguje snížením proudu protékajícího nastavovacím členem a změnou klíčovacího poměru na elektromagnetickém mechanismu. Nastavovací člen regulace množství paliva pak posune regulační šoupátko tak, aby se snížila dávka paliva, až budou skutečné maximální otáčky shodné s naprogramovanými maximálními otáčkami.

Vlastní kontrola EDC

Je prováděna řídicí jednotkou. Přitom se zkouší hodnověrnost všech snímačů



Obr. 21. Pole charakteristik začátku vstřiku (Bosch)

hřátém i nezahřátém motoru či s nižším nebo vyšším zatížením jsou regulovány vždy na jedinou naprogramovanou hodnotu. Volnoběžné otáčky se u některých typů zařízení dají v malém rozsahu měnit pomocí diagnostiky.

Regulace maximálních otáček: Hodnota maximálních otáček je naprogramována v řídicí jednotce motoru a u nezatiženého motoru nesmí být při plném sešlápnutí pedálu akcelérátoru překročena. Regulace otáček se aktivuje vždy po překročení nejvyšších otáček při plném zatížení. Zvýšení otáček nad nejvyšší dovolené otáčky při plném zatížení a dosažení přeběhových otáček bez zatížení sděluje řídicí

a regulačních členů a v případě jejich poruchy, resp. výpadku se nastaví příslušná náhradní hodnota.

Diagnostika EDC

Případné závady jsou signalizovány příslušnou kontrolní svítilnou a uloženy do paměti pro pozdější vyhodnocení. 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“ a „trvalé svícení“ přednost před „zhasnutím“. Signalizují se pouze důležité závady.

PODLE ZAHRANIČNÍCH MATERIÁLŮ
ZPRACOVALI JIŘÍ BROŽ A LUBOŠ TRNKA