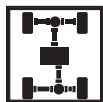




Automobil
od A do Z



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) III.





Elektronické řízení vznětového motoru (EDC) III.

V dalším dílu Praktické dílny vám přinášíme již třetí pokračování věnované elektronickému řízení vznětového motoru. V první části se budeme věnovat této problematice u systému PD (Pumpe-Düse), resp. PLD (Pumpe-Leitung Düse), ve druhé části přejdeme k systému Common Rail. Funkcím řízení vstřikování u vznětových motorů se budeme věnovat i v dalších pokračováních našeho seriálu. Celý seriál tvoří řada postupně překládaných kapitol z knihy Meisterwissen im „Kfz-handwerk“ z našeho sesterského vydavatelství Vogel Verlag v Německu.

Snímače elektronické regulace (EDC)

Pomocí různých čidel jsou sledovány pracovní podmínky motoru (např. otáčky, atmosférický a plnicí tlak či teploty). Všechny tyto snímače přeměňují naměřené hodnoty fyzikálních veličin na elektrické signály a tuto informaci předávají řídicí jednotce.

Snímače teploty

Snímače teploty nasávaného či plnicího vzduchu, chladicí kapaliny, oleje v mo-

toru a paliva mají stejnou konstrukci i princip funkce. Informace o naměřené hodnotě teploty snímače předávají řídicí jednotce ve formě elektrického odporu. Tato hodnota je daná známou závislostí odporu na teplotě (viz obr. 1). Většinou se k tomuto účelu používají termistory NTC (se záporným teplotním součinitelem) a méně často termistory PTC (s kladným teplotním součinitelem). U termistorů NTC hodnota odporu klesá s rostoucí teplotou. Odpor PTC se

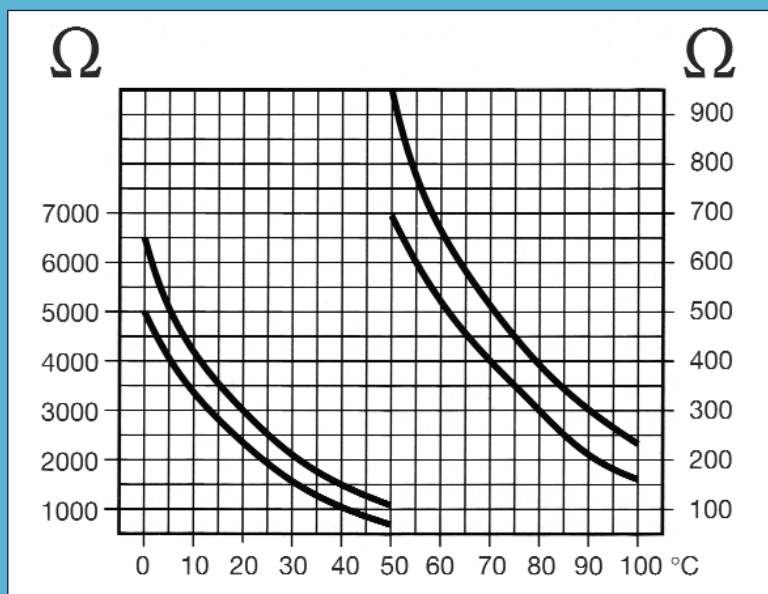
chovají opačně – hodnota odporu roste s teplotou. Přes řídicí jednotku je na teplotní snímače přiváděno napájecí napětí 4,6 až 5,2 V a je měřen úbytek tohoto napětí na teplotně závislém odporu.

Snímač teploty vzduchu v sacím potrubí

Měřením teploty vzduchu v sacím potrubí se zjišťuje vliv změny množství (hmotnosti) vzduchu při plnění válce prostřednictvím závislosti hustoty vzduchu na jeho teplotě. Vyšší teplota vzduchu znamená jeho menší množství, kterým jsou válce plněny. Naopak při jeho ochlazení je množství vzduchu nasávaného do motoru větší. Řídicí jednotka motoru na tyto změny reaguje a příslušným způsobem upravuje vstřikované množství paliva. Při výpadku tohoto signálu z teplotního snímače nasávaného vzduchu pracuje řídicí jednotka motoru s pevně nastavenou náhradní hodnotou. V důsledku toho může dojít ke snížení výkonu motoru.

Snímač teploty chladicí kapaliny

Teplota chladicí kapaliny ovlivňuje časování vstřiku (počátek i délku) a volnoběžné otáčky u nezahřátého i zahřátého motoru. Mimoto využívá řídicí jednotka tuto informaci k ochraně motoru proti přehřívání. Při spouštění studeného motoru se vstřikovaná dávka paliva stanovuje v závislosti na teplotě z přísluš-



Obr. 1. Diagram závislosti odporu na teplotě (Bosch)



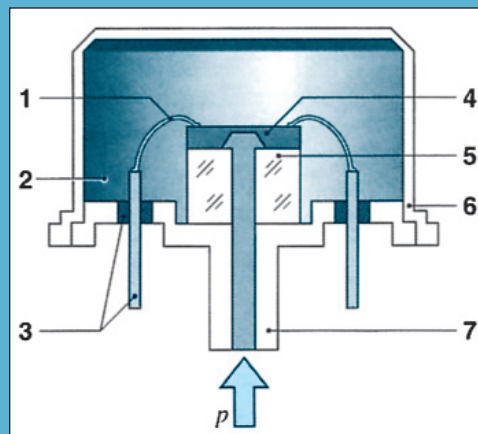
ného pole charakteristik řídicí jednotky, což umožňuje snadné spouštění motoru bez jeho nadměrného kouření. Rovněž je tak zajištěno zvýšení volnoběžných otáček u nezahřátého motoru na hodnotu odpovídající zahřátému. Nedostává-li řídicí jednotka tento signál o teplotě chladicí kapaliny, počítá s pevně stanovenou náhradní hodnotou. Dochází ke snížení výkonu a rovněž regulace začátku vstřiku přechází také na náhradní hodnotu.

Snímač teploty paliva

U vstřikovacího systému PDE (Pumpe-Düse Einspritzung – vstřikování čerpadlo-tryska) i u vstřikovacího systému PLD (Pumpe-Leitung-Düse – čerpadlo-vedení-tryska) je v důsledku vedení paliva v hlavě válců rozdíl teploty paliva podstatně větší (–40 až +100 °C), než je tomu u běžných vstřikovacích systémů. Při změně teploty paliva dochází k výrazné změně jeho hustoty. Při ohřívání paliva řídicí jednotka vypočítá příslušný pokles hustoty a upraví vstřikované množství tak, aby hmotnost paliva byla konstantní (odpovídala palivu chladnějšímu) a naopak. Při výpadku tohoto signálu počítá řídicí jednotka s náhrad-

Obr. 2.
Snímač plicního tlaku
turbodmychadla (Bosch)

- 1 – přívod
- 2 – referenční vakuum
- 3 – elektrická průchodka umístěná ve skle
- 4 – článek snímače (čip) s vyhodnocovacím obvodem
- 5 – skleněná patka
- 6 – čepička
- 7 – přívod tlaku
- p – tlak



ní hodnotou vycházející ze signálu snímače chladicí kapaliny. Dochází ke snížení výkonu a regulace začátku vstřiku přechází na náhradní hodnotu.

Snímač teploty oleje v motoru

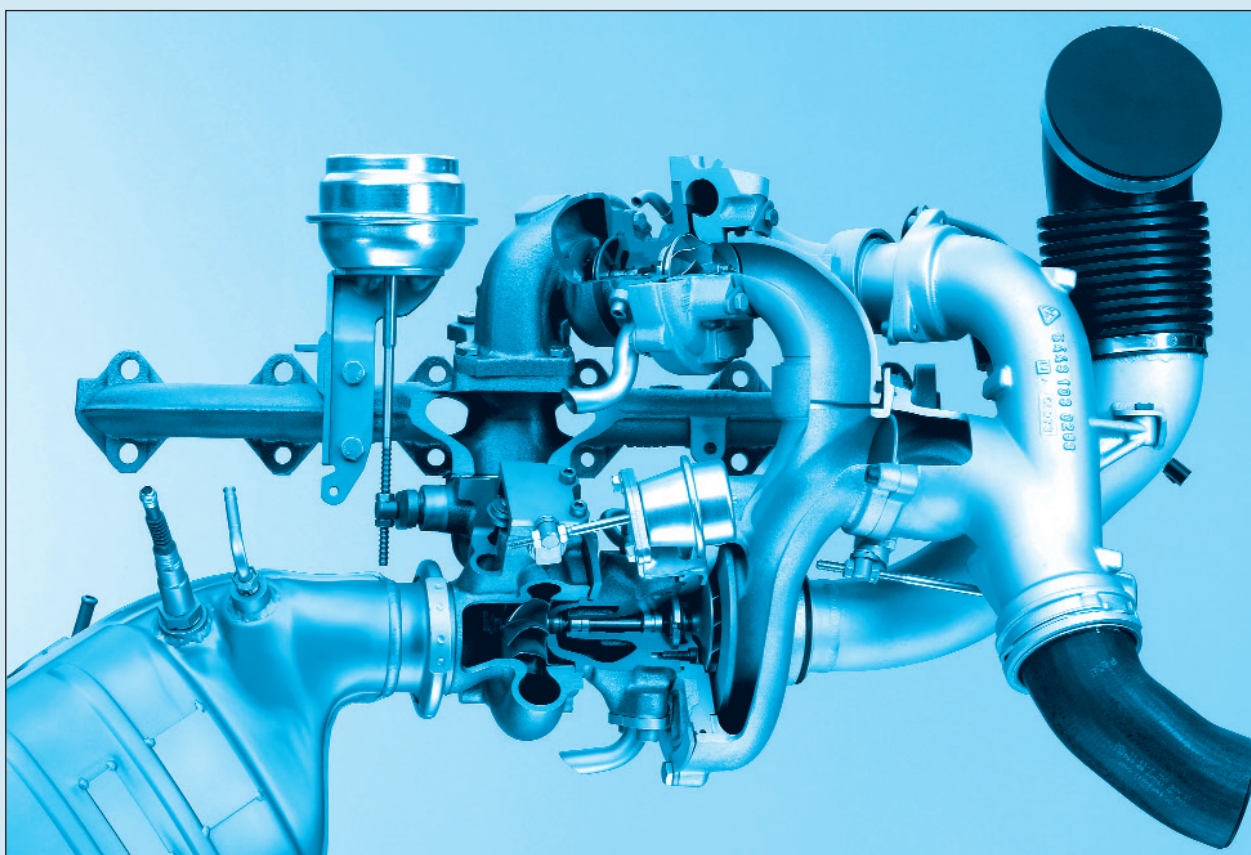
Kontrola teploty oleje motoru zajišťuje, aby při plném zatížení nedošlo k nadměrnému přehřívání motoru. Pokud by se měla teplota oleje zvýšit příliš, řídicí jednotka sníží vstřikované množství paliva, aby tak zabránila případnému poškození motoru. Není-li tento signál k dispozici,

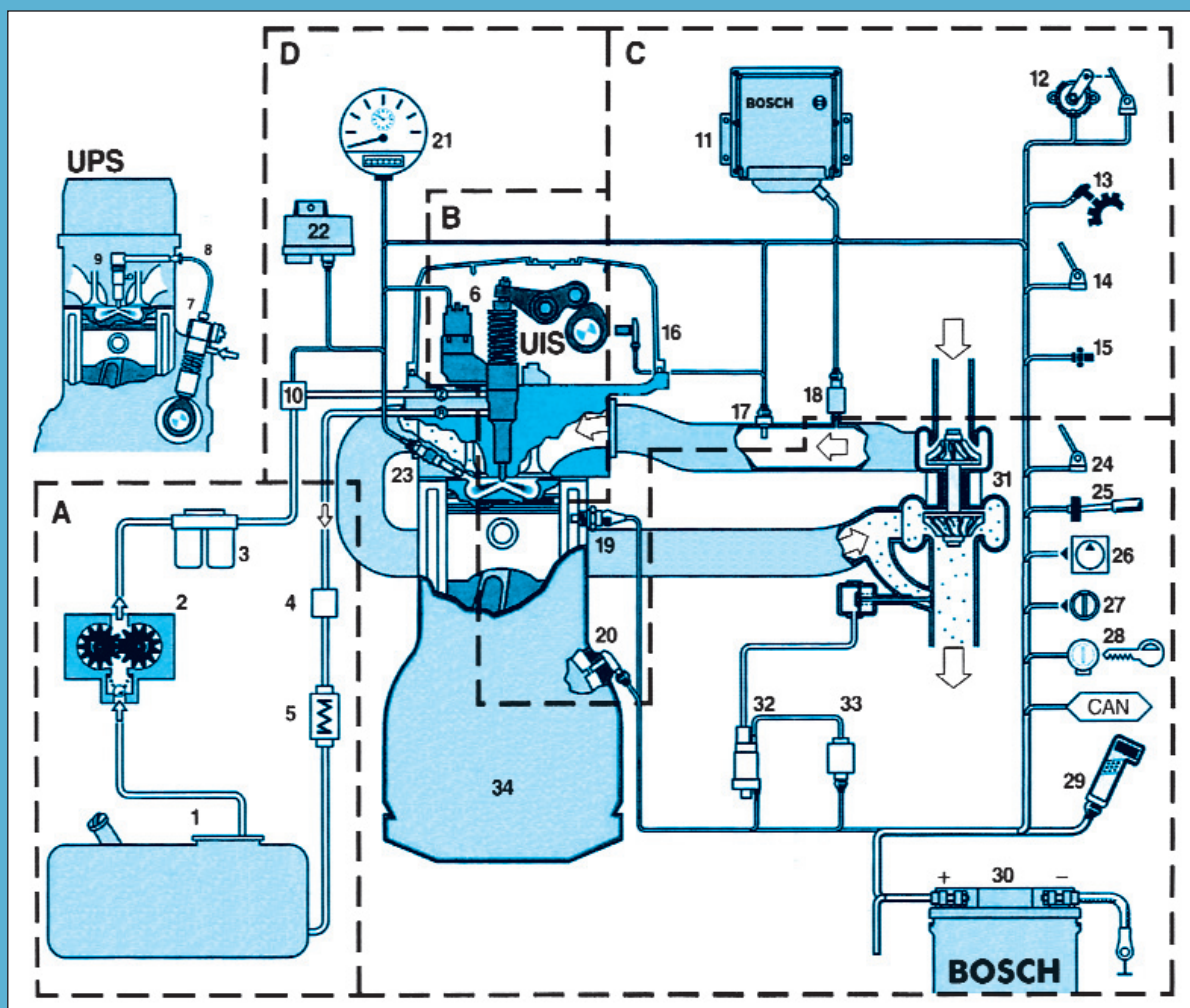
přepíná řídicí jednotka na pevnou náhradní hodnotu. Motor pracuje se sníženým výkonem.

Snímače tlaku

Snímač plicního tlaku

Signál ze snímače plicního tlaku (viz obr. 2) slouží ke sledování plicního tlaku turbodmychadla. Tento snímač je umístěn přímo v sacím potrubí za turbodmychadlem (viz obr. 3). Měří se absolutní tlak, tzn. hodnota tlaku v porovnání s referenč-





Obr. 3. Přehled vstřikovacího systému Unit Injektor System (UIS) a Unit Pump System (UPS) pro užitkové automobily (Bosch)

A Přívod paliva (nízkotlaká část)

- 1 – palivová nádrž s pomocným filtrem
- 2 – palivové čerpadlo se zpětným ventilem a ručním čerpadlem
- 3 – palivový filtr
- 4 – omezovací tlakový ventil
- 5 – chladič paliva

B Vysokotlaká část UIS

- 6 – vstřikovač jednotky UPS
- 7 – čerpadlo jednotky
- 8 – vysokotlaké vedení
- 9 – kombinované uchycení trysek

C Elektronická regulace přívodu nafty EDC

- 10 – snímač teploty paliva
- 11 – řídicí jednotka
- 12 – snímač polohy pedálu akceleračního
- 13 – snímač rychlosti jízdy (indukční)
- 14 – kontakt brzdy
- 15 – snímač teploty vzduchu
- 16 – snímač otáček vačkové hřídele (indukční)
- 17 – snímač teploty nasávaného vzduchu

- 18 – snímač plnicího tlaku

- 19 – snímač teploty chladicí kapaliny
- 20 – snímač otáček klikové hřídele/polohy referenční značky (indukční)

D Periferie

- 21 – multifunkční panel s výstupem signálu o spotřebě paliva, otáčkách atd.
- 22 – řídicí jednotka doby žhavení
- 23 – žhavicí svíčka
- 24 – spínač spojky
- 25 – ovládání regulátoru rychlosti jízdy (tempomatu)
- 26 – kompresor klimatizace
- 27 – ovládání klimatizace
- 28 – spínací skříňka (spínač žhavení při spouštění)
- 29 – diagnostické rozhraní
- 30 – akumulátor
- 31 – turbodmychadlo
- 32 – regulační člen plnicího tlaku
- 33 – podtlakové čerpadlo
- 34 – motor
- CAN – Controller Area Network (sériová datová sběrnice u osobních automobilů)



ním vakuem (nikoli v porovnání s atmosférickým tlakem).

Napěťový signál, vysílaný prostřednictvím snímače plnicího tlaku turbodmychadla (skutečná hodnota mezi 0,7 a 4,8 V), porovnává řídicí jednotka motoru s hodnotou zadanou v poli charakteristik plnicího tlaku. Je-li skutečná hodnota odlišná od hodnoty zadané v poli charakteristik, řídicí jednotka koriguje plnicí tlak turbodmychadla prostřednictvím elektromagnetického ventilu. Motor se tak udržuje na hranici kouření. Při výpadku tohoto signálu není regulace plnicího tlaku možná. Motor je řízen podle náhradní hodnoty a jeho výkon klesá.

Snímač atmosférického tlaku

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

- pro diagnostiku (porovnávají se hodnoty získané snímačem plnicího tlaku a snímače atmosférického tlaku);
- ke korekci na nadmořskou výšku, tzn. že při zvětšování nadmořské výšky a s tím spojeným snižováním hustoty vzduchu se mění hmotnost plnicího vzduchu, sníží se příslušně vstřikované množství a zmenší se počátek čerpání, resp. předvstřík, aby se motor udržel na hranici kouření. Při výpadku tohoto signálu pracuje sice řídicí jednotka se signálem ze snímače plnicího tlaku, ale musí se vyměnit.

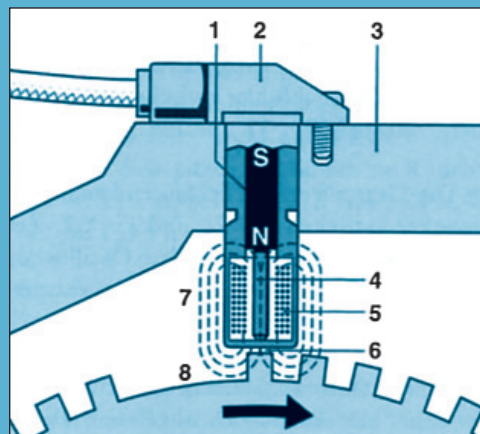
Indukční snímač otáček/polohy referenční značky

Tento indukční snímač (viz obr. 4) je u vstřikovacích systémů PDE a PLD motorů užitkových automobilů umístěn proti kolu setrvačníku. Bezdotykově snímá otáčky motoru a zároveň jako snímač referenční značky informuje o přesné poloze klikové hřídele. Tyto informace jsou zapotřebí k tomu, aby mohla řídicí jednotka motoru vypočítat začátek vstřiku a vstřikované množství paliva.

Příklad: Setrvačník má na svém obvodu 37 zubů a při jeho otáčení se těchto 37 zubů pohybuje okolo snímače otáček/polohy referenční značky. Prostřednictvím impulsů, které vycházejí od 36 zubů vzájemně posunutých o úhlo-

Obr. 4.
Indukční snímač otáček/polohy referenční značky (Bosch)

- 1 – permanentní magnet
- 2 – pouzdro
- 3 – skříň motoru
- 4 – jádro z měkkého železa
- 5 – vinutí (cívka)
- 6 – vzduchová mezera
- 7 – magnetické pole
- 8 – snímací kolo s referenční značkou



vou vzdálenost 10° otáčky klikové hřídele, získává řídicí jednotka informaci o poloze klikové hřídele a o počtu otáček. Impulz od 37. zubu – ten se pro lepší kvalitu signálu nachází v úhlové vzdálenosti 65° před horní úvratí prvního válce – je třeba k určení horní úvratí při výpadku signálu snímače polohy vačkové hřídele. Při jeho výpadku už totiž řídicí jednotka po zastavení motoru nerozpozná vznětovou horní úvratí prvního válce (vždy po 720° otáčky klikové hřídele). V takovém případě se při spouštění ovládají elektromagnetické ventily pístového čerpadla, resp. systému PDE i během sání válce. Protože se u obou těchto systémů nachází píst čerpadla v dolním mrtvém bodě (vždy v patě vačky), čerpání neprobíhá.

Snímač polohy vačkové hřídele

U vznětových motorů užitkových vozidel se nepoužívá Hallův, ale indukční

snímač. V jeho blízkosti rotuje kolo se 13 otvory, které je upevněno na vačkové hřídeli. Impulzy, které jsou vyvolávány 12 otvory v úhlové vzdálenosti 30° otáčky vačkové hřídele, slouží řídicí jednotce motoru jako náhradní informace o otáčkách, když dojde k výpadku snímače otáček/polohy referenční značky. Pomocí 13. otvoru – který se pro lepší kvalitu signálu nachází 55° před horní úvratí – se řídicí jednotce sděluje vznětová horní úvratí prvního válce.

Snímač rychlosti

Snímačem rychlosti je u užitkových automobilů indukční snímač. Jeho signál slouží ke sdělování informace o rychlosti jízdy, pro omezovač rychlosti a pro regulaci rychlosti jízdy (funkce tempomat). Sběrníkovým systémem (CAN) dochází k přenosu informací na jiné řídicí jednotky, např. elektronického ovládání převodovky (GS), regulace prokluzu kol při rozjezdu (ASR) a protiblokovacího systému (ABS).



Snímače zadaných (požadovaných) hodnot u EDC

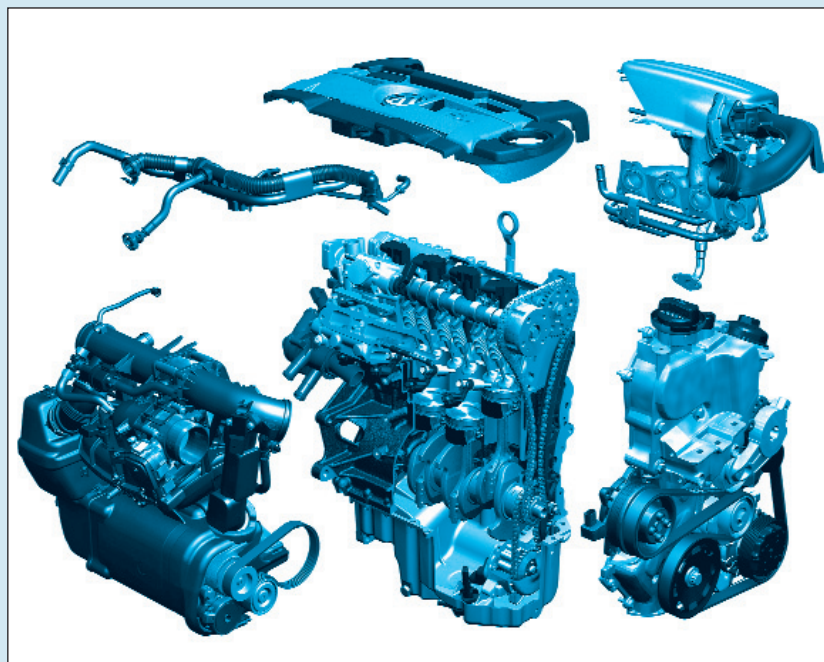
Snímače zadaných hodnot jako příkazové vysílače podávají řídicí jednotce motoru příslušné příkazy (požadované hodnoty), jako je např. poloha pedálu akceleratoru nebo nastavení tempomatu, s jejichž pomocí je možné provést akceleraci nebo nastavit požadované otáčky či konstantní rychlost jízdy.

Snímač polohy pedálu akceleratoru

Snímač polohy pedálu akceleratoru (viz obr. 3, pozice 12) se skládá ze dvou potenciometrů, bez spínače polohy volnoběhu a bez spínače polohy plné akcelerace (kick-down). Tyto potenciometry jsou prostřednictvím řídicí jednotky motoru napájeny napětím 5 V. Druhý potenciometr ve všech pracovních bodech zajišťuje kontrolu hodnot vždy polovičním napětím hlavního potenciometru (viz obr. 5). Druhý potenciometr je rovněž využíván v případě výpadku prvního potenciometru – i poté je možno pokračovat v jízdě (s případným snížením výkonu). Při úplném výpadku snímače polohy pedálu akceleratoru přechází EDC na nouzový program s konstantními otáčkami, například 1300 min⁻¹.

Spínač brzdových světel/brzdového pedálu

Při aktivaci brzdového pedálu se sepnou spínač brzdových světel. Dojde tak k aktivaci brzdových světel a řídicí jednotka motoru dostává informaci, na jejímž



základě vypne regulaci rychlosti jízdy (tempomat). Ve stejnou dobu se rozpojí spínač brzdového pedálu. Informaci o tomto procesu rovněž dostává řídicí jednotka, která na základě obou těchto signálů rozpozná skutečné brzdění. Pokud některý ze dvou spínačů vypadne, řídicí jednotka motoru sníží vstřikované množství a motor má nižší výkon.

Spínač spojky

Spínač spojky (obráz. 3, pozice 24) se používá ve spojení s mechanickou převodovkou. Z tohoto signálu řídicí jednotka motoru poznává, zda je vypnuta či nikoliv. Pokud není spojkový pedál ovlá-

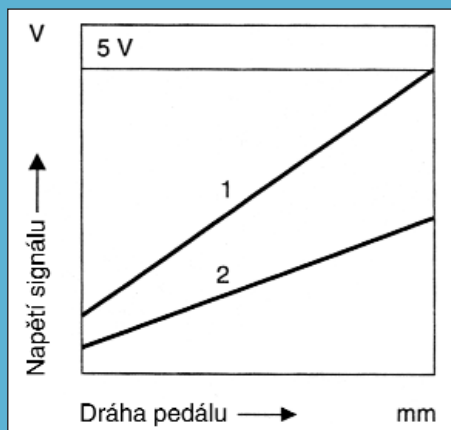
dán, je tento spínač sepnut a řídicí jednotka dostává podnět k zahájení regulace volnoběhu, tzn. že vyrovnává chod motoru. Při vyšlápnutí pedálu spojky se spínač rozpojí a regulace jízdní rychlosti (funkce tempomatu) se vypne.

Ovládací prvky pro regulaci rychlosti jízdy (tempomatu) a otáček

Pomocí ovládacích prvků (obráz. 3, pozice 25) je možno nastavit rychlost jízdy na libovolnou hodnotu a provádět její regulaci prostřednictvím těchto ovládacích prvků. Vypnutí regulace rychlosti jízdy (tempomatu) se provádí buď tímto ovládacím prvkem nebo při aktivaci pedálu spojky nebo brzdy. V některých případech se mimoto mohou při aktivované brzdě nastavovat i předem zvolené otáčky pro pomocný pohon (vývodovou hřídel).

Spínač motorové brzdy

Při aktivaci motorové brzdy se sepnou její spínač. Řídicí jednotka motoru poté odstaví dodávku paliva, tzn. že nejsou ovládány elektromagnetické ventily pístových čerpadel a zůstávají otevřeny. Ve speciálních případech se vstřikované množství paliva nastaví zpět na volnoběžné množství.



Obr. 5.
Charakteristiky snímače polohy pedálu akceleratoru s druhým potenciometrem
1 – potenciometr 1 (hlavní potenciometr)
2 – potenciometr 2 (poloviční napětí pro diagnostiku a jako dodavatel informací pro nouzový program)



Akční členy EDC (nastavovací prvky)

Akční členy jsou ovládány z výstupů řídicí jednotky, ve většině případů impulzně. Přitom převádějí elektrické výstupní signály na mechanické veličiny, jako např. nastavení přepouštěcího ventilu obtoku u turbodmychadla výfukových plynů.

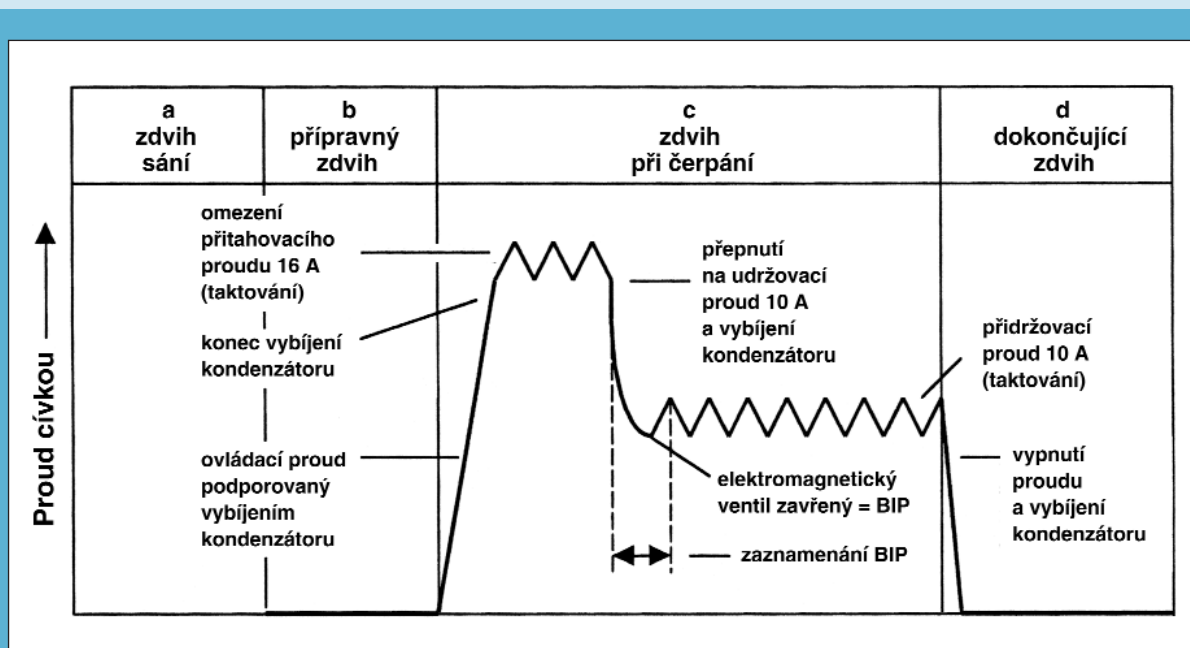
Regulace plnicího tlaku turbodmychadla

U vznětových motorů užitkových automobilů se používá turbodmychadlo s obtokem a regulačním ventilem (viz obr. 6) nebo turbodmychadlo VTG s nastavitelnými lopatkami. Pomocí regulace plnicího tlaku turbodmychadla se zajišťuje, že i při nízkých otáčkách motoru a malém množství výfukových plynů jsou poměrně vysoké otáčky turbíny výfukových plynů a vysoký plnicí tlak turbodmychadla. Proto se u turbodmychadla s regulací plnicího tlaku obtokem tento obtok uzavře

noty. Aby se při vysokých otáčkách a velkém zatížení motoru s velkým množstvím výfukových plynů nezvýšil plnicí tlak příliš, musí se v této oblasti část výfukových plynů u turbodmychadla s regulačním ventilem vypouštět otevřeným regulačním obtokovým ventilem na turbíně volně do výfukového potrubí. Regulaci plnicího tlaku turbodmychadla přebírá řídicí jednotka na základě uloženého příslušného pole charakteristik, které pro každý pracovní bod motoru definuje požadovanou hodnotu plnicího tlaku. Ta se neustále porovnává s jeho skutečnou hodnotou ze snímače. Při rozdílu obou hodnot řídicí jednotka motoru uvede do činnosti elektromagnetický ventil přepouštění výfukových plynů (obr. 3, pozice 32), který vytvoří spojení mezi podtlakovým čerpadlem poháněným motorem (obr. 3, pozice 33) a regulátorem plnicího tlaku. Tato aktivace se provádí pomocí obdélníkové

Ovládání elektromagnetických ventilů jednotek PLD (Pumpe-Leitung-Düse)

Cívky elektromagnetických ventilů jsou kladným i záporným pólem připojeny k řídicí jednotce motoru. Kladným pólem řídicí jednotka napájí všechny ventily palubním napětím 24 V, spojením na kostru se elektromagnetické ventily aktivují sekvenčně (podle pořadí zapalování). Tato aktivace se přitom dělí na fázi přitahovacího a na fázi přidržovacího proudu. Ve fázi přitahování se na elektromagnetické ventily přivede strmě narůstající přitahovací proud (bez vybíjení kondenzátoru). Jakmile tento přitahovací proud dosáhne hodnoty 15 A, omezí se taktováním. Mezi fází přitahovacího a přidržovacího proudu už taktování neprobíhá, regulace se provádí pomocí konstantního napětí. Přitom se



Obr. 6. Průběh proudu při ovládání elektromagnetického ventilu s vybíjením kondenzátoru (PDE, UIS a PLD, UPS)

pomocí regulačního ventilu a u turbodmychadla VTG se příslušným nastavením lopatek nastaví malý vstupní průřez. Pomocí těchto nastavení se už při nízkých otáčkách motoru zvýší otáčky turbíny, plnicí tlak turbodmychadla a točivý moment motoru až na své nejvyšší hod-

noty. Aby se při vysokých otáčkách a velkém zatížení motoru s velkým množstvím výfukových plynů nezvýšil plnicí tlak příliš, musí se v této oblasti část výfukových plynů u turbodmychadla s regulačním ventilem vypouštět otevřeným regulačním obtokovým ventilem na turbíně volně do výfukového potrubí. Regulaci plnicího tlaku turbodmychadla přebírá řídicí jednotka na základě uloženého příslušného pole charakteristik, které pro každý pracovní bod motoru definuje požadovanou hodnotu plnicího tlaku. Ta se neustále porovnává s jeho skutečnou hodnotou ze snímače. Při rozdílu obou hodnot řídicí jednotka motoru uvede do činnosti elektromagnetický ventil přepouštění výfukových plynů (obr. 3, pozice 32), který vytvoří spojení mezi podtlakovým čerpadlem poháněným motorem (obr. 3, pozice 33) a regulátorem plnicího tlaku. Tato aktivace se provádí pomocí obdélníkové

proud krátkodobě zvýší na 16 až 17 A. Okamžik zavření elektromagnetického ventilu se projeví malým zlomem stoupání 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.

U vstřikovacích systémů PDE, resp. PLD pro užitkové automobily může mít napájecí napětí elektromagnetických ventilů (podle výrobce) hodnotu 12 V nebo 24 V. U napájecího napětí 12 V se při aktivaci elektromagnetických ventilů zásadně používá podpora pomocí kondenzátoru s napětím ve výši 80 až 90 V, aby se zajistil příkrý vzestup přitahovacího proudu a elektromagnetický ventil se otevřel dostatečně rychle (viz obr. 6). Informace o okamžiku sepnutí BIP se

dostává k řídicí jednotce motoru, když se po přepnutí (při kterém se vybíjí kondenzátor) sníží proud (z intenzity například 16 A) na nižší hodnotu (například 10 A). Tuto informaci bere v úvahu při výpočtu dalšího procesu vstřiku (regulace začátku čerpání, resp. začátku vstřiku) a kromě toho slouží také pro určování poruch ve funkci elektromagnetického ventilu. Po zavření elektromagnetického ventilu se ve fázi přidržování pomocí taktování přiváděného palubního napětí (viz obr. 6) reguluje proud na hodnotu asi 10 A (cyklickým zapínáním a vypínáním). Po vypnutí přidržovací

ho proudu se elektromagnetický ventil účinkem pružiny otevře a proces vstřiku končí.

Funkce vstřikovacích systémů, které jsou vybaveny vstřikovacími ovládanými pomocí elektromagnetických ventilů, se musí bezpodmínečně kontrolovat ještě v namontovaném stavu. Kontrola jejich funkce po vymontování již není pomocí dílenských prostředků možná. Tato kontrola se může provádět elektricky, hydraulicky, akusticky nebo pomocí měření opacity výfukových plynů.

Regulační funkce u vstřikovacího systému PLD s EDC

Aby u vznětového motoru bylo dosaženo optimálního spalování ve všech pracovních režimech, řídicí jednotka vždy počítá přesnou dávku vstřikovaného paliva. Jak již bylo zmíněno, má v sobě pro všechny pracovní režimy motoru naprogramována příslušná pole charakteristik.

Dávkování vstřikovaného paliva při jízdě

Při běžné jízdě se dávka paliva vypočítává podle polohy pedálu akcelérátoru

(snímač polohy pedálu) a otáček motoru z pole charakteristik pro jízdní vlastnosti. U vstřikovacího systému s elektromagneticky ovládanými ventily se to děje pomocí proměnlivé doby průtoku proudu mezi začátkem čerpání (BIP) a koncem aktivace (viz obr. 6). To znamená: krátká doba průtoku proudu elektromagnetickým ventilem = malé vstřikované množství paliva, delší doba průtoku proudu = větší vstřikované množství paliva. Řídicí jednotka motoru v závislosti na skutečných vstupních hodnotách ze snímačů určuje požadovanou dobu průto-

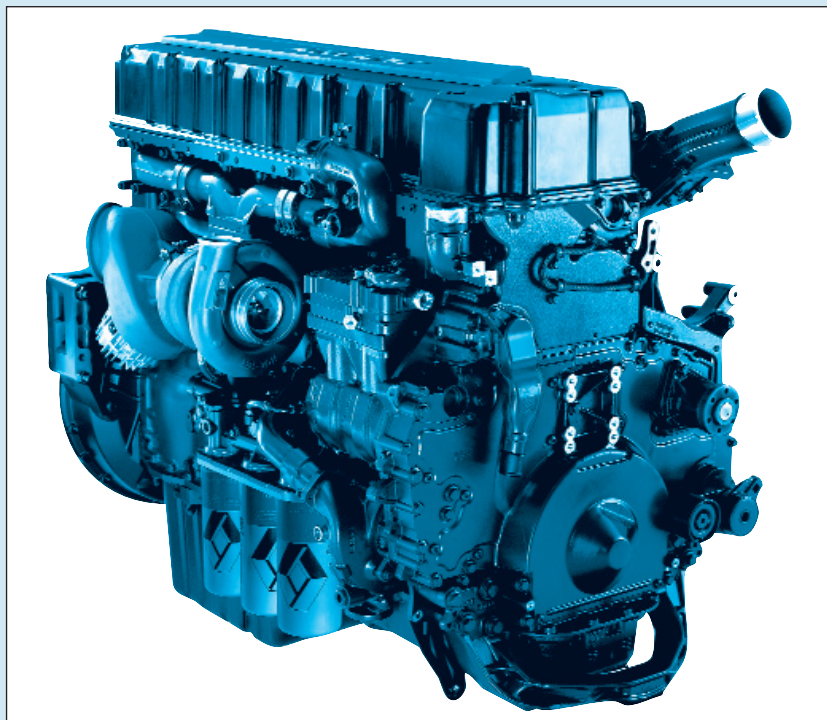
ku proudu elektromagnetickými ventily PLD. Tato doba, resp. vstřikované množství paliva se přitom mění tak dlouho, dokud skutečné otáčky motoru (skutečná rychlost) neodpovídají požadovaným (požadované rychlosti).

Dávkování vstřikovaného množství při spouštění motoru

Při spouštění se dávka paliva (doba průtoku proudu elektromagnetickými ventily) 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 spouštění, které jsou závislé na teplotě. U nezahřátého motoru se těchto nejmenších otáček dosahuje později. Po překročení těchto minimálních otáček se už vstřikuje normální dávka paliva. Protože jsou tyto procesy probíhající během spouštění naprogramovány v řídicí jednotce, nemá řidič při spouštění na dávkování paliva žádný vliv.

Regulace začátku vstřiku

Začátek čerpání je okamžik, ve kterém se elektromagnetický ventil uzavře. Označuje se také jako BIP (Begin of Injection Period – obr. 6) a řídicí jednotce motoru slouží jako zpětné hlášení (není nutný snímač pohybu jehly v trysce). Od tohoto okamžiku se začíná zvyšovat tlak





ve vysokotlaké části v pístovém čerpadle. Začátek vstřiku je okamžik, ve kterém dojde k překročení otvíracího tlaku trysky, vstřikovací tryska se otevře a palivo se vstřikuje do spalovacího prostoru. Protože má okamžik vstřiku vliv na spouštění, hlučnost spalování, spotřebu paliva a emisní hodnoty výfukových plynů, musí se upravovat podle pracovních podmínek. Zadaná požadovaná hodnota je vždy uložena v polích charakteristik v řídicí jednotce. Okamžik vstřiku (předvstřik) se zvětšuje při rostoucích otáčkách a při plném zatížení. Tím se motor optimálně využívá a kromě toho udržuje i limity emisí ve výfukových plynech. Při vyšších otáčkách a menším zatížení motoru, resp. menším vstřikovaném množství (nastaví se při uvolnění pedálu akcelérátoru do polohy neúplného zatížení) se naproti tomu musí předvstřik i přes vysoké otáčky zmenšit, aby spalování probíhalo měkčeji (bez klepání), a kromě toho se při snížení maximální teploty spalování sníží i podíl oxidů dusíku ve výfukových plynech. U vstřikovacího systému PLD se změna začátku čerpání určuje dřívějším nebo pozdějším zavřením, tzn. ovládáním činnosti elektromagnetického ventilu.

Smysl regulace počátku vstřiku

U vstřikovacího systému PLD musí vstřikovací zařízení při rostoucích otáčkách a při plném zatížení motoru prodloužit začátek čerpání, resp. předvstřik, protože:

- se zvětšuje zpoždění zážehu (u zahřátého motoru trvající 1 ms) ve stupních otočení klikové hřídele. Zpoždění zážehu 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;
- se zvětšuje zpoždění vstřiku (trvající stejnou dobu) ve stupních otočení klikové hřídele. Zpoždění vstřiku ve stupních otočení klikové hřídele se zvětšuje, protože ojnicí čep klikové hřídele při stejnou dobu trvajícím zpoždění vstřiku uběhne při vyšších otáčkách za jednu milisekundu větší úhlovou vzdálenost než při otáčkách nižších. To znamená, že se zvětšuje úhlová vzdálenost mezi začátkem čerpání

a začátkem vstřiku a vstřikovací tryska vstřikuje vždy později;

- doba, která je k dispozici pro spálení vstřiknuté dávky paliva pro plné zatížení v oblasti zážehu na horní úvrat, 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.

Začátek čerpání, začátek vstřiku a zpoždění vstřiku

Začátek čerpání u vstřikovacích čerpadel nastává bezprostředně po zavření elektromagnetického ventilu. Od tohoto okamžiku dochází ke zvyšování tlaku ve vysokotlaké části. Samotný okamžik zavření se označuje jako elektrický začátek čerpání (Begin of Injection Period = BIP, viz obr. 6) a řídicí jednotce slouží jako zpětné hlášení.

Začátek vstřiku je naproti tomu okamžik, ve kterém se otevře vstřikovací tryska a palivo se vstřikuje do spalovacího prostoru.

Zpoždění vstřiku je doba mezi začátkem čerpání vstřikovacího čerpadla (zavření elektromagnetického ventilu) a začátkem vstřikování trysky. Dochází k němu, protože při procesu čerpání vysokotlakého čerpadla se vstřikovací tryska otvírá tlakovou vlnou, která se vstřikovacím vedením šíří rychlostí zvuku. Doba, která je k tomu zapotřebí, není výrazně závislá na otáčkách; protože se však s rostoucími otáčkami zvětšuje interval mezi začátkem čerpání a začátkem vstřiku ve stupních otočení klikové hřídele, tzn. že se tryska otvírá stále později, musí se začátek čerpání příslušně posunout na dřívější okamžik. Doba šíření tlakové vlny je závislá na rychlosti zvuku, která v naftě odpovídá cca 1500 m/s.

Regulace otáček

Regulační odezva elektronického řízení vznětového motoru (EDC) je u nezati-

ženého motoru srovnatelná s variabilním regulátorem otáček (vícerozsahovým výkonostním regulátorem otáček). Otáčky nastavené polohou pedálu akcelérátoru, se udržují konstantní. Při jízdě má EDC naproti tomu charakteristiku regulátoru otáčkového, tzn. že mezi volnoběžnými a přeběhovými otáčkami neexistuje žádná regulace. Regulace se znovu nastaví, pokud je nutné maximální (přeběhové) otáčky omezit, aby se zabránilo přetopení a poškození motoru. V oblasti neregulovaných otáček přebírá regulaci řídicí prostřednictvím pedálu akcelérátoru.

Regulace otáček při volnoběhu

Volnoběžné otáčky nejsou závislé na zatížení motoru, tzn. že u motoru jak v nezahřátém, tak i v zahřátém stavu, s malým nebo poněkud vyšším zatížením, se vždy nastaví naprogramovaná požadovaná hodnota otáček. Zatížení přichází pouze od palubní sítě (např. pomocné elektrické zahřívání motoru, „dožhávání“ svíček atd.), zapnuté klimatizace, zařazení převodu u automobilů s automatickou převodovkou, aktivace posilovače řízení atd. Pro zachování požadovaných otáček při volnoběhu mění regulátor volnoběhu vstřikované množství paliva (pomocí doby procházení proudu elektromagnetickými ventily) tak dlouho, až se měřené skutečné otáčky rovnají požadovaným, naprogramovaným v poli charakteristik.

Regulace pracovních otáček

Užitkové automobily s pohonem pomocných zařízení a značnými požadavky na reakci při rychlé změně zatížení, které se svými otáčkami dostávají mimo rozsah regulace otáček při volnoběhu (míchačky betonu, hasičská čerpadla, vozidla s motorovým žebříkem), mají v řídicí jednotce naprogramována pole charakteristik, která svou povahou odpovídají variabilnímu regulátoru otáček. Na ovládacím prvku je možné po stupních nastavovat potřebné otáčky pro pohon pomocných zařízení. Pracovní otáčky nastavené obsluhou jsou udržovány v závislosti na zatížení.

Regulace přeběhových otáček

Regulace přeběhových otáček (omezovač otáček) se u vznětových motorů pro osobní automobily aktivuje vždy po překro-



čení nejvyšších otáček. Nejvyšší dovolené otáčky (přeběhové), které se nastavují u nezátíženého motoru při plném sešlápnutí pedálu akceleratoru, jsou naprogramovány v řídicí jednotce a nesmí být překročeny. Zvýšení otáček z nejvyšších při plném zatížení na přeběhové sděluje řídicí jednotka motoru snímač otáček. Ta podle toho zkrátí dobu protékání proudu elektromagnetickými ventily, a tím také sníží vstřikované množství paliva.

Jízda s uvolněným pedálem akceleratoru (brzdění motorem)

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

Regulace volnoběhu

Pomocí regulace volnoběhu se eliminuje cukání motoru v důsledku kolísání otáček. Působí při nastavení pedálu akceleratoru do polohy volnoběhu při sepnutém spínači pedálu pro volnoběh a sepnutém spínači spojky. Kolísání otáček (nerovnoměrnost chodu motoru), zaznamenaná řídicí jednotka a reguluje je. Regulace volnoběhu sděluje změny hodnoty otáček po

každém procesu spalování a porovnává je mezi sebou. Potom se vstřikované množství (korekce dávky) pro každý válec mění podle rozdílů otáček tak, aby všechny válce předávaly klikové hřídeli stejný točivý moment.

Regulace rychlosti jízdy (tempomat)

Regulátor rychlosti jízdy (tempomat) v řídicí jednotce zajišťuje, aby se během jízdy udržovala konstantní rychlost. Nastavení požadované rychlosti provádí řidič pomocí ovládacího prvku (obr. 3, pozice 25). Vstřikované množství paliva se přitom zvětšuje nebo zmenšuje tak, aby skutečná rychlost (sdělovaná snímačem rychlosti jízdy) byla shodná s nastavenou požadovanou rychlostí řidičem prostřednictvím ovládacího prvku. Regulace rychlosti se vypne, když řidič sešlápně pedál spojky nebo brzdy. V jiném případě je možné pomocí pedálu akceleratoru zrychlit nad okamžitě nastavenou požadovanou rychlost, při jeho uvolnění se znovu nastaví dříve nastavená rychlost. Po vypnutí tempomatu je možné přesunutím ovládacího prvku do polohy opětovného nastavení znovu nastavit poslední platnou požadovanou rychlost. Přidržením ovládacího prvku v poloze „zrychlení“, resp. „zpomalení“ je možné požadovanou rychlost zvýšit nebo snížit.

Aktivní tlumení „cukání“ během jízdy

Při rázové změně zatížení (náhlé uvolnění pedálu akceleratoru nebo naopak jeho prudké sešlápnutí) dochází k velkým změnám v dávkování vstřikovaného množství paliva a tím i předávaného točivého momentu. V důsledku silného střídavého zatížení uložení motoru, hnacího ústrojí a pneumatik se vyvolávají podélné kmity na vozidlo a posádku (cukavé kmitání). Tlumení cukání naprogramované v řídicí jednotce na základě porovnání okamžitých otáček s referenčními otáčkami (odpovídajícími požadavku řidiče) tyto kmity zaznamená a reaguje na to, přičemž se vstřikované množství paliva mění podle periody kmitání. Při zvyšování otáček se vstřikované množství zmenšuje a v opačném případě zvětšuje.

Zastavení motoru

Při zastavení motoru řídicí jednotka přestane ovládat elektromagnetické ventily jednotlivých vstřikovacích čerpadel (pístových), resp. jednotek PD, a ty zůstávají otevřené. Pokud se motor ještě otáčí, čerpá se celé množství paliva tlačené čerpacím prvkem do obtokového prostoru a odtud kanálem zpětného přítoku do palivové nádrže. Protože se nedosahuje otvíracího tlaku vstřikovacích trysek, nedochází ani ke vstřikování paliva.

Vstřikovací systém Common Rail (CR)

Vstřikovací systém Common Rail (viz obr. 7) má společné vysokotlaké palivové potrubí (zásobník, tzv. rail), u kterého je (v porovnání s běžnými vstřikovacími systémy) odděleno tlakování od dávkování vstřikovaného paliva. Výhoda systému Common Rail spočívá v tom, že okamžik vstřiku je možno libovolně řídit, takže při volnoběhu a v dolní oblasti neúplného zatížení se před hlavním vstřikem mohou provést 1 až 2 pilotní vstřiky, až asi do 40° otáček klikové hřídele před vznětovou horní úvratí, aby se snížila hlučnost spalování. Stejně tak je možné v případě použití NO_x filtru pro snížení oxidu dusíku provést i dodatečný vstřik. Vstři-

kovací systém CR se v současnosti používá hlavně u motorů pro osobní a stále častěji také pro užitkové automobily a u velkých vznětových motorů s přímým vstřikováním. Dále se proto budeme zabývat pouze konstrukcí a principem funkce systému CR pro motory osobních automobilů.

Systém Common Rail se skládá z:

- přívodu paliva – nízkotlaká část;
- vysokotlakého čerpadla s radiálními písty, vysokotlakého zásobníku paliva (rail) a vstřikovačů – vysokotlaká část;
- elektronické regulace přívodu nafty (EDC) s řídicí jednotkou motoru, snímači měřených hodnot, snímači

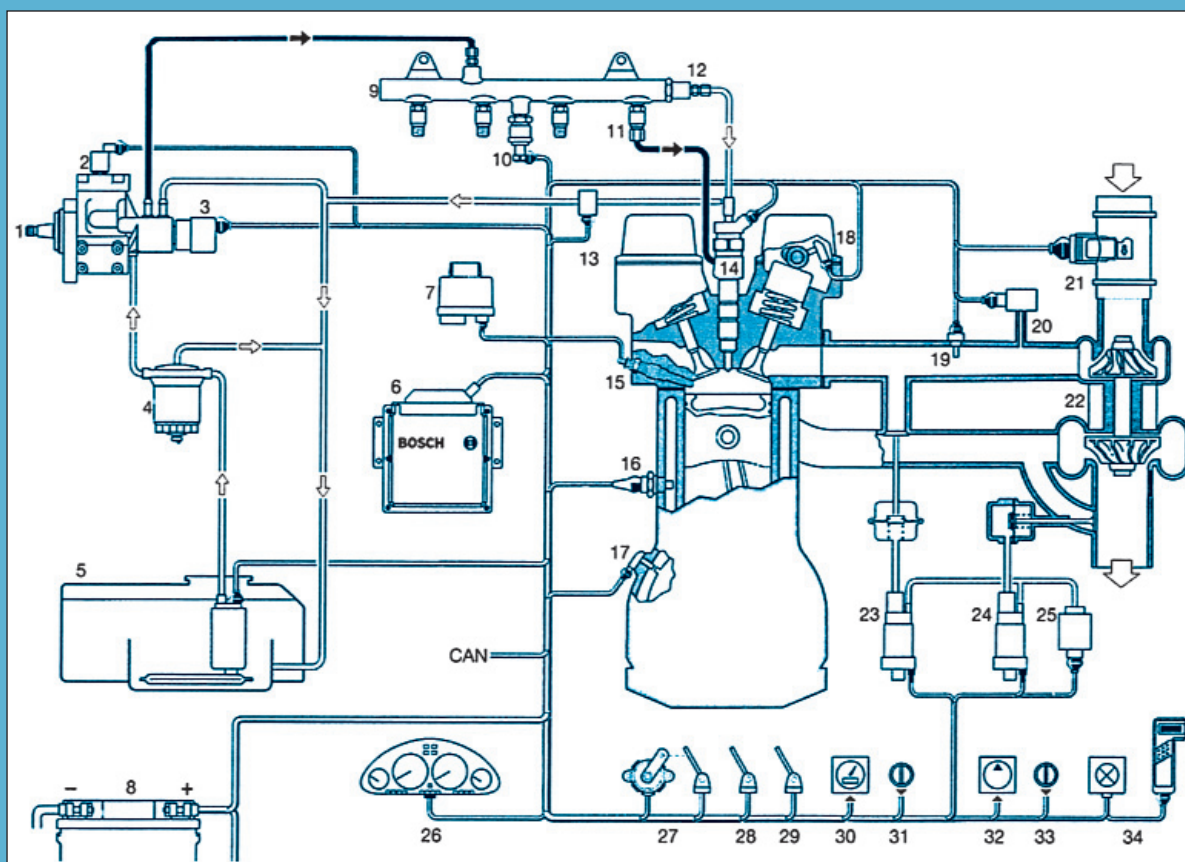
a vysílači požadovaných hodnot a akčními členy;

- periferních zařízení, jako např. recirkulace výfukových plynů, turbodmychadla atd.

Nízkotlaká část – zařízení pro přívod paliva

Pro přívod paliva mohou být (v závislosti na výrobci) použita různá pomocná palivová čerpadla. Nejčastěji je možno se setkat s těmito typy:

- elektrické palivové čerpadlo jako pomocné čerpadlo přímo v nádrži (viz obr. 7). Jde o rotační pístkové (plunžrové) čerpadlo, které od po-



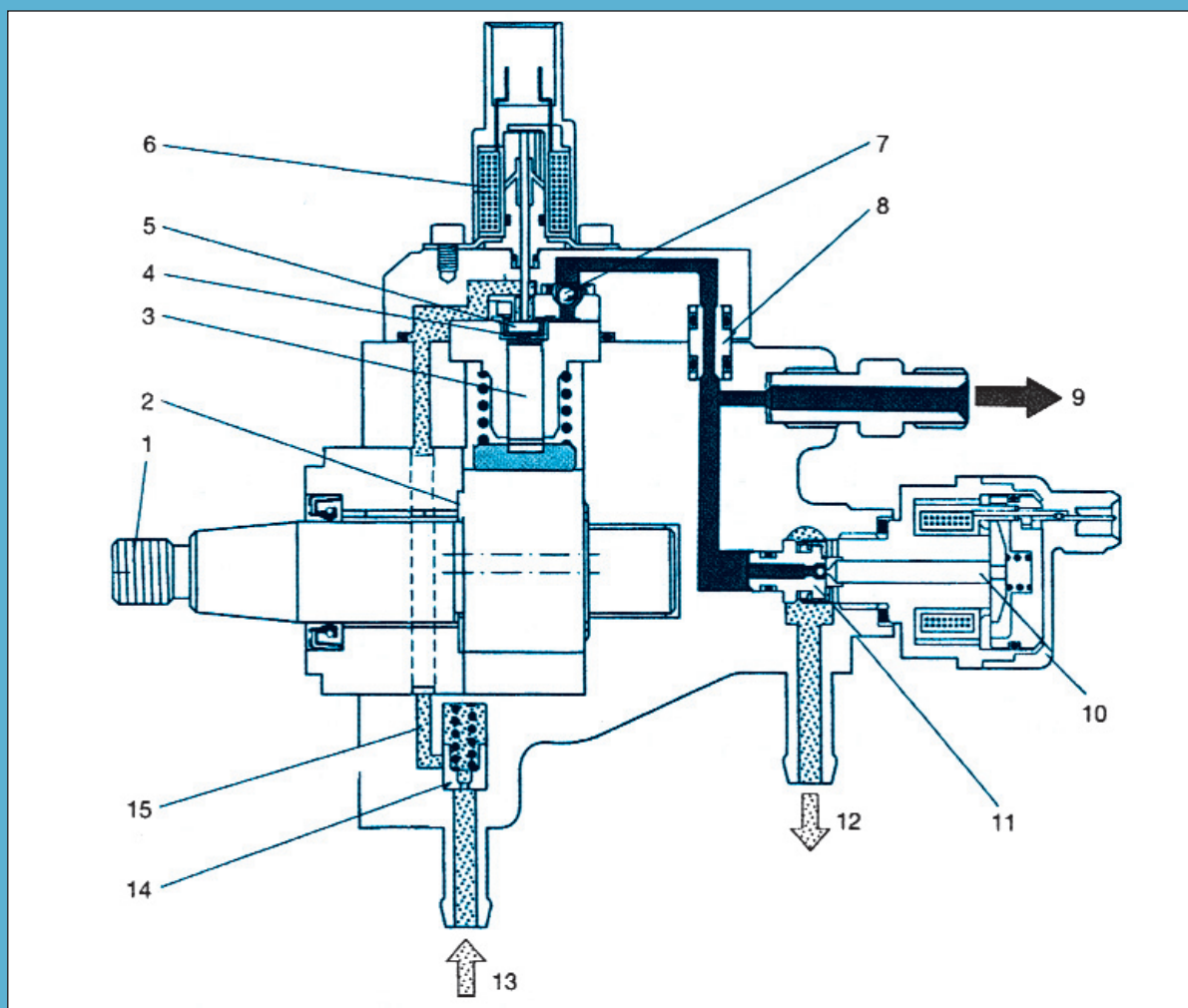
Obr. 7. Vstříkovací systém Common Rail (Bosch)

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

čátku spouštění motoru nasává palivo z palivové nádrže (5) a přes palivový filtr (4) jej čerpá do vysokotlakého čerpadla s radiálními písty. Přebytečné palivo odtéká z palivového filtru přepouštěcím ventilem (s otevíracím

tlakem asi 0,3 MPa) zpět do palivové nádrže. Bezpečnostní obvod zabraňuje čerpání při zapnutém zapalování s vypnutým motorem, stejně jako při nouzovém zastavení motoru;

● zubové palivové čerpadlo. Toto pomocné čerpadlo je většinou umístěno mezi skříní převodovky a vysokotlakým čerpadlem s radiálními písty, se kterým má společný pohon od vačkové hřídele motoru. Toto čerpadlo



Obr. 8. Vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty; schéma, podélný řez (Bosch)

- | | |
|---|---|
| 1 – hnací hřídel | 10 – tlakový regulační ventil, taktovaný z řídicí jednotky; pružině tak pomáhá elektromagnetická síla |
| 2 – vačka excentru | 11 – kulový ventil |
| 3 – čerpací prvek s čerpacími písty (tři segmenty, umístěné pod vzájemnými úhly 120°) | 12 – zpětné vedení paliva |
| 4 – prostor při poloze pístu v horní úvratí | 13 – přívod paliva |
| 5 – sací ventil | 14 – ventil pomocného tlaku, otevírá se při dosažení pomocného tlaku; škrticí otvor trvale propouští palivo pro chlazení a mazání vnitřního prostoru čerpadla |
| 6 – ventil vypínání čerpání | 15 – nízkotlaký kanálek k prvkům čerpadla |
| 7 – výtlačný ventil | |
| 8 – těsnění | |
| 9 – vysokotlaká přípojka k railu | |

nasává palivo z nádrže přes tepelný výměník (předehřívání paliva) a palivový filtr a čerpá jej přímo do vysokotlakého čerpadla s radiálními písty. Protože se v případě zubového čerpadla čerpané množství zvyšuje přibližně ve stejném poměru k otáčkám motoru, musí se provádět regulace tohoto množství prostřednictvím přepouštěcího ventilu (otevírací tlak asi 0,25 až 0,30 MPa) na tlakované straně.

Vysokotlaká část palivového zařízení

Vysokotlaká část systému (viz obr. 7) se skládá z vysokotlakého čerpadla s radiálními písty spolu s tlakovým regulačním ventilem, dále z rozdělovacího palivového potrubí jako zásobníku paliva (Common Rail = společné vedení) s namontovaným tlakovým čidlem (snímačem tlaku) a omezovacím tlakovým ventilem a ze

vstřikovačů, připojených k railu pomocí krátkých vysokotlakých vedení (trubek). Tyto vstřikovače se skládají z víceotvorové trysky s rychle spínajícím elektromagnetickým ventilem.

Vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty

Úlohou vysokotlakého čerpadla (viz obr. 8) je zajistit v railu pro všechny pracovní režimy dostatek paliva s požado-



vaným tlakem mezi 12 až 180 MPa (do budoucna až 200 MPa). To je vyžadováno jednak pro rychlé spouštění motoru a také pro snadnou akceleraci při plném zatížení. Protože u tohoto systému čerpá vysokotlaké čerpadlo palivo do zásobníku nepřetržitě, vytváří se v systému tlak, který je shodný s tlakem na vstřikovačích, a je tak vytvořen vstřikovací tlak ve víceotvorových tryskách.

Konstrukce: Vysokotlaké čerpadlo (viz obr. 9) je poháněno motorem buď prostřednictvím rozvodového řetězu, ozubeného řemenu, ozubeného kola nebo spojky. Vysokotlaké čerpadlo má tři čerpací pístky (3) vždy s jedním sacím (4) a jedním výtlakovým (5) ventilem. Tyto pístky jsou uspořádány radiálně a vzájemně posunuty vždy o 120°. Čerpací pístky jsou ovládány prostřednictvím excentru (1). Při volnoběhu a při neúplném zatížení motoru je možno (v závislosti na výrobci) jeden čerpací pístek vypnout. Tlakový regulační ventil je připojen buď přímo k vysokotlakému čerpadlu nebo na konec railu.

Princip funkce: Palivo čerpané pomocným čerpadlem je vedeno nejprve škrticím otvorem ventilu pomocného tlaku (14) – kvůli chlazení a mazání do vnitřního prostoru čerpadla – ještě předtím, než zásobuje samotné čerpací pístky (viz obr. 8). Teprve po dosažení pomocného tlaku 0,05 až 0,15 MPa se ventil pomocného tlaku otevře a palivo se nízkotlakým kanálkem (15) a sacím ventilem (5) vytlačuje do vysokotlakého prostoru tohoto pístku, ve kterém se čerpací pístek (ovládáný pružinou) pohybuje z horní úvratí dolů. Po překonání dolní úvratí se sací ventil uzavře, pístek čerpadla (ovládáný excentrem) palivo vytlačuje, a přitom zvyšuje jeho tlak. Teprve když tento tlak paliva v prostoru pístku čerpadla dosáhne tlaku v railu, otevře se výtlakový ventil (7), který propustí palivo do railu. Čerpací fáze daného pístku pokračuje do doby, než se dostane do horní úvratí. Protože se už nevytváří žádný tlak, výtlakový ventil se zavře. Pístek čerpadla je silou pružiny znovu tlačěn do dolní úvratí a celý proces se opakuje. Protože čerpané množství z vysokotlakého čerpadla je vždy ve stejném poměru k hodnotě otáček, pak se také se zvyšováním otáček zvětšuje. Přitom se čerpá jenom tolik, aby

přebývajícího paliva nebylo příliš mnoho, ale byla dostatečně pokryta potřeba motoru při plném zatížení.

Vypínání pístků: Pomocí ventilu vypínání pístku (6), který zapíná řídicí jednotka motoru v dolní oblasti neúplného zatížení, se zmenšuje čerpané množství paliva v railu a rovněž přebytečného paliva přepouštěného zpět do palivové nádrže. Výhoda vypínání čerpacích pístků spočívá v tom, že příkon vysokotlakého čerpadla se zmenší a nezpůsobuje tak velké ohřívání toho množství paliva, které je vedeno zpět do palivové nádrže. Při vypnutí daného prvku prostřednictvím elektromagnetického ventilu je trvale přitlačován sací ventil kolíkem upevněný na jeho kotvě.

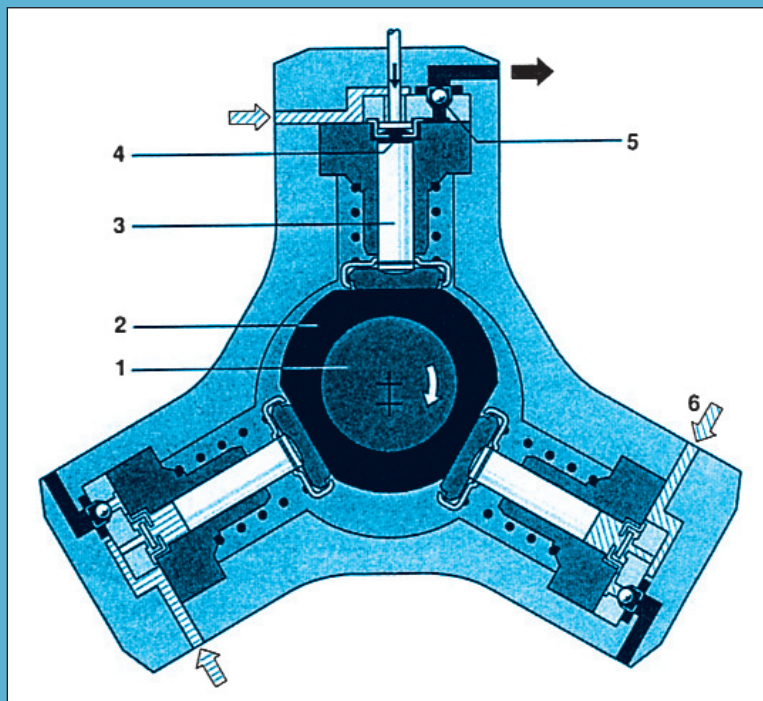
Tlakový regulační ventil

Tlakový regulační ventil (viz obr. 10) má za úkol regulovat, resp. udržovat vždy v závislosti na daném zatížení a otáčkách motoru tlak paliva v railu mezi 25 a maximálně 180 MPa (podle výrobce). Je-li tento tlak příliš vysoký, tlakový regulační ventil se otevře a vypustí část paliva z railu do

zpětného vedení paliva. Je-li tento tlak naopak příliš nízký, tlakový regulační ventil zpětný přívod paliva do palivové nádrže přiškrtí nebo úplně zavře.

Konstrukce: Pouzdro tlakového regulačního ventilu je pomocí příruby upevněno na vysokotlakém čerpadle nebo na konci railu. Kotva (2), která je ovládána pružinou (4) a kromě toho uváděna do činnosti působením elektromagnetu (3), přitlačuje ocelovou kuličku (1) do jejího sedla. Tak je vysokotlaká část oddělena nebo naopak podle potřeby spojena s nízkotlakou částí.

Princip funkce: Je-li motor v klidu a zapalování vypnuto, tlak paliva v railu leží mezi 0 až 0,03 MPa (podle výrobce). Při spouštění motoru je požadovaný tlak minimálně 20 až 25 MPa při volnoběhu a při sešlápnutí pedálu akcelérátoru do plného zatížení s vysokými otáčkami až maximálně 180 MPa (resp. až 200 MPa). Požadovaná hodnota tlaku railu se odečítá z pole charakteristik. Dvěma hlavními veličinami pole charakteristik jsou přitom zatížení a otáčky motoru. Zatížení určuje



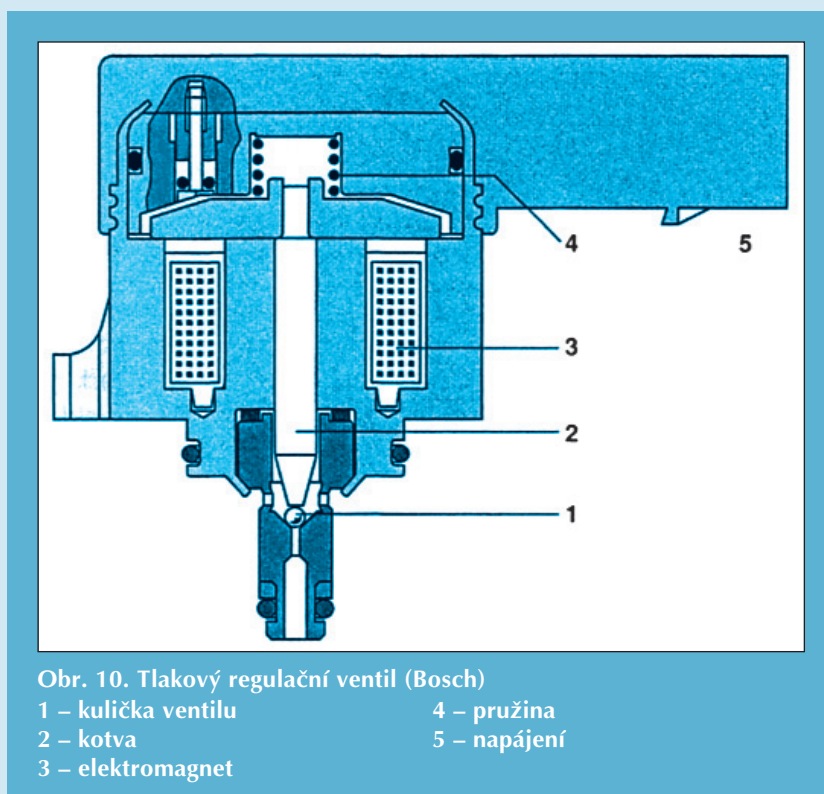
Obr. 9. Vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty; schéma, příčný řez (Bosch)

- | | |
|-------------------------------------|----------------------|
| 1 – hnací hřídel (excentr) | 4 – sací ventil |
| 2 – zvedací kroužek | 5 – výtlakový ventil |
| 3 – čerpací prvek s čerpacím pístem | 6 – přívod paliva |

řidič sešlápnutím pedálu akcelérátoru, na kterém je závislá poloha snímače pohybu pedálu akcelérátoru. Tímto způsobem se nastavuje vstřikované množství paliva od množství potřebného při volnoběhu až k množství požadovanému při plném zatížení. Přitom se z tohoto pole charakteristik udávají (v závislosti na zatížení a otáčkách motoru) např. následující hodnoty tlaku v railu:

- se snímačem polohy pedálu akcelérátoru v poloze volnoběhu bez zatížení motoru a při otáčkách 750 min^{-1} asi 25 MPa;
- se snímačem polohy pedálu akcelérátoru v poloze plného výkonu bez zatížení motoru a při otáčkách 5000 min^{-1} asi 80 až 100 MPa;
- se snímačem polohy pedálu akcelérátoru v poloze neúplného zatížení a s polovičním zatížením motoru při otáčkách 2500 min^{-1} asi 60 až 80 MPa;
- se snímačem polohy pedálu akcelérátoru v poloze plného výkonu a s plným zatížením motoru při otáčkách 1000 min^{-1} asi 40 až 60 MPa;
- se snímačem polohy pedálu akcelérátoru v poloze plného výkonu a s plným zatížením motoru při otáčkách 5000 min^{-1} asi 120 až 180 MPa.

U tohoto tlakového ventilu je pružina konstruována tak, aby udržovala tlak pouze na nejvyšší hodnotu 10 MPa, proto musí být podporována elektromagnetem. Ovládání elektromagnetu provádí řídící jednotka motoru taktováním pomocí modulovaného obdélníkového sig-



Obr. 10. Tlakový regulační ventil (Bosch)

1 – kulička ventilu
2 – kotva
3 – elektromagnet

4 – pružina
5 – napájení

nálu (prostřednictvím změny střídání). Při této aktivaci se kulička tlakového regulačního ventilu přitlačuje do svého sedla tak dlouho, až je tlak paliva vytvořený vysokotlakým čerpadlem větší, než je síla magnetu a pružiny. Přitom se nastaví jen takový průtočný průřez, při kterém jsou síly vyvolané tlakem paliva na jedné straně a magnetem a pružinou na opačné straně v rovnováze. Řídící jednotka motoru přitom provádí aktivaci elektromagnetu a pomocí změn-

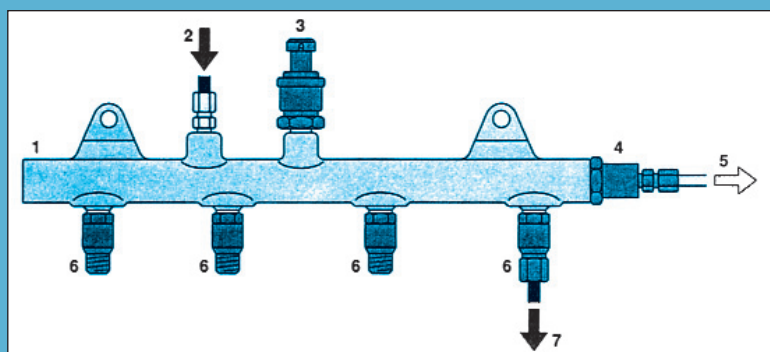
ny střídání mění tlak tak dlouho, dokud jeho požadovaná hodnota v railu podle daného pole charakteristik nesouhlasí s jeho skutečnou hodnotou, hlášenou zpětně příslušným snímačem.

Vysokotlaký zásobník paliva (rail)

Úlohou railu (viz obr. 11) je udržovat zásobu paliva pod určitým tlakem. Kolísání tlaku, ke kterému přitom dochází v důsledku pulzujícího čerpání vysokotlakým čerpadlem a vstřikováním, je zapotřebí utlumit objemem samotného railu. Z tohoto důvodu se také objem zásobníku vždy individuálně přizpůsobuje technickému vybavení motoru a uvádí se v mililitrech na typovém štítku. Tlak v railu zůstává přibližně konstantní, i když se odebírá větší množství paliva (např. při plném zatížení).

Konstrukce: Rail je výkovek z vysokopevnostní oceli. Objem zásobníku je vyměřen příslušným axiálním vrtáním. Na tomto zásobníku je upevněn snímač tlaku, omezovací tlakový ventil a v případě požadavku výrobce také regulační tlakový ventil a omezovač průtoku.

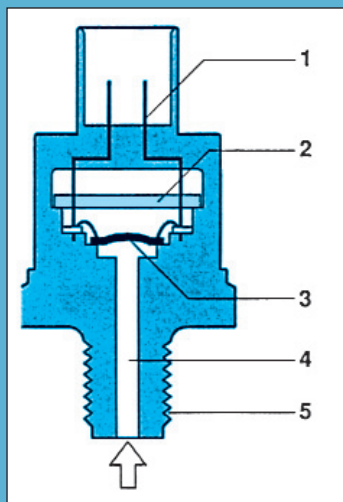
Princip funkce: Efektu dostatečné zásoby paliva v railu se dosahuje stlačitelností paliva nacházejícího se pod vysokým tlakem. Je to přitom kyslík navázaný na palivo, který je možno stlačovat. Díky



Obr. 11. Vysokotlaký zásobník (Bosch)

1 – rail
2 – přívod od vysokotlakého čerpadla s radiálními písky
3 – snímač tlaku v railu
4 – tlakový omezovací ventil

5 – zpětné vedení paliva z railu do palivové nádrže
6 – omezovač průtoku (nepoužívá se vždy)
7 – vedení ke vstřikovači



Obr. 12.
Snímač tlaku v railu (Bosch)
 1 – elektrické připojení
 2 – vyhodnocovací obvod
 3 – membrána se snímacím prvkem
 4 – přívod vysokého tlaku
 5 – závit

tomu zůstává tlak v railu přibližně konstantní i při velkém odběru paliva pro vstřikování. Kolísání tlaku, ke kterému dochází v důsledku pulzujícího čerpání vysokotlakým čerpadlem a procesu vstřikování, se tak ztlumí natolik, že nevykazuje žádný vliv na dávkování vstřikovaného množství paliva.

Snímač tlaku v railu

Snímač tlaku v railu (viz obr. 12) má za úkol přesně a ve velmi krátkém čase měřit okamžitý tlak v railu a jeho hodnotu ve tvaru napětového signálu předávat řídicí jednotce motoru.

Konstrukce: Snímač tlaku v railu se skládá z následujících součástí:

- zabudovaného snímacího prvku;
- vodivé destičky s elektrickým vyhodnocovacím obvodem;
- pouzdra snímače s elektrickou přípojkou. Prostřednictvím obou vnějších kolíků je snímací prvek napájen napětím 5 V dodávaným řídicí jednotkou motoru a ze středového kolíku se odebrá napětí signálu, závislé na tlaku.

Princip funkce: Palivo se z railu dostává otvorem ke snímači tlaku. Na konci otvoru (4) je umístěna kovová membrána se snímacím prvkem (3). Tlak paliva působí na membránu a při změně tlaku dochází

k její deformaci. Snímací prvek (s odporovým můstkem) umístěný na této membráně reaguje na tuto změnu a převádí příslušný tlak na elektrický signál. Protože se tento signál pohybuje v intervalu 0 až 70 mV, musí se ve vyhodnocovacím obvodu zesílit na 0,5 až 4,5 V, aby řídicí jednotka motoru byla schopna tento signál zaznamenat a zpracovat. Při výpadku tohoto signálu se tlakový regulační ventil ovládá řídicí jednotkou motoru pomocí předem pevně stanovené střídy. Přitom se jako tlak v railu používá konstantní hodnota 40 MPa.

Omezovací tlakový ventil

Úlohou omezovacího tlakového ventilu (viz obr. 13) je působit jako bezpečnostní ventil. Při zvýšení tlaku v railu o stanovenou hodnotu nad maximální dovolený otevře a odvede část paliva z railu do sběrného vedení.

Princip funkce: Při normálním pracovním režimu tlačí pružina ventilu při tlaku až 180 MPa v railu píst ventilu do kuželového sedla. Teprve když se z nějakého důvodu tlak v railu zvýší a dosáhne definované hodnoty, začne se píst ventilu tlakem paliva vytlačovat proti síle pružiny ventilu. Palivo, které se nachází pod vysokým tlakem, se přepouštěcími otvory (3) odvádí do sběrného vedení zpětného přívodu paliva. Tím, že se množství paliva v railu sníží, dojde ke snížení tlaku. Pružina ventilu tak vrátí píst do jeho sedla a zásobník paliva opět uzavře.

Omezovač průtoku

Omezovač průtoku (viz obr. 7) je upevněn mezi rail a vstřikovače a používá

se pouze u některých výrobců. Jeho úkolem je zabránit trvalému vstřikování při vznikajícím „zadrhávání“ jehly trysky (visící jehla). Protéká-li omezovačem průtoku příliš velké vstřikované množství paliva (větší než maximální vstřikované množství), ten zareaguje a zablokuje přívod k příslušnému vstřikovači, aby se zabránilo poškození motoru.

Vstřikovač

Vstřikovač se montuje na místo kombinovaného držáku trysky v hlavě válců motoru. Každý válec má svůj vlastní vstřikovač. Elektromagnetické ventily vstřikovačů se aktivují elektrickými signály vysílanými z řídicí jednotky sekvenčně (podle pořadí zapalování). Prostřednictvím této aktivace se určuje začátek vstřiku a příslušné vstřikované množství.

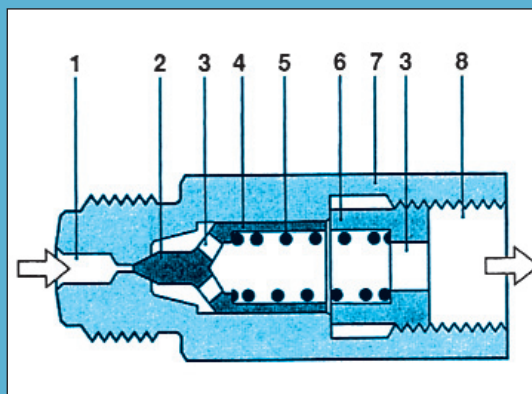
Konstrukce: Vstřikovač (viz obr. 14) se skládá z:

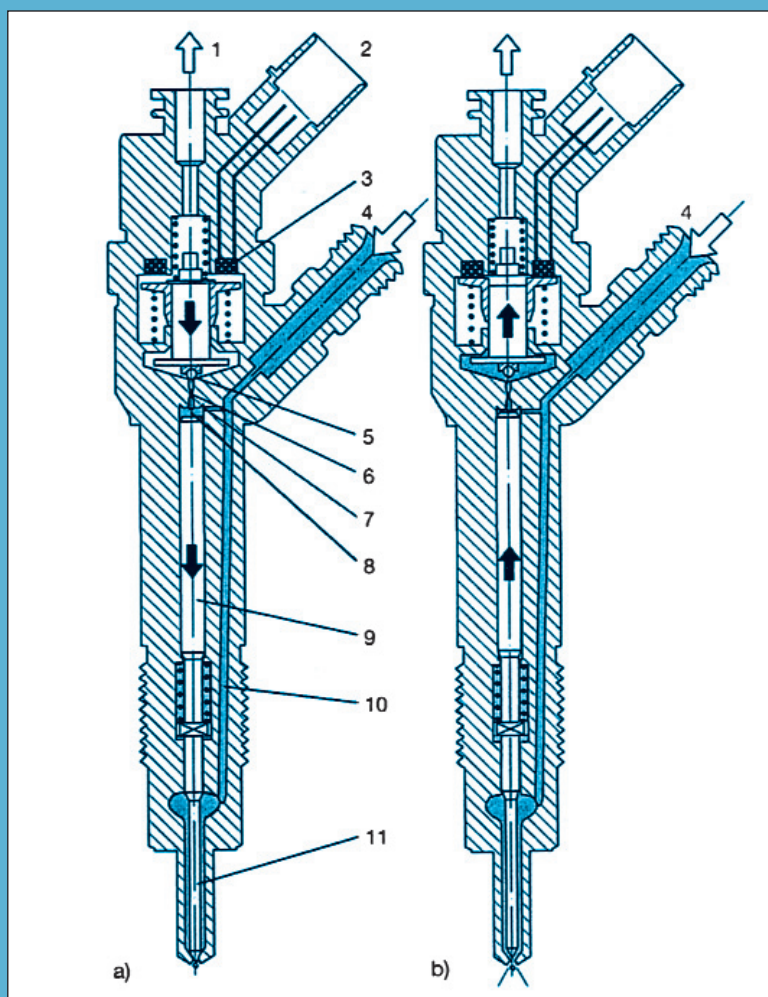
- tělesa vstřikovače,
- připojené víceotvorové trysky,
- elektromagnetického ventilu a hydraulického systému.

Palivo se přívodem (4) dostává přes přiváděcí kanálek (10) na trysku a současně přes přiškrčení do prostoru ovládání ventilu (8). Tento prostor je při otevřeném elektromagnetickém ventilu, resp. nadzvednuté kuličky ventilu (5) spojen se zpětným vedením paliva (1). Je-li přiškrčení přívodu uzavřeno, je hydraulická síla působící shora na píst ventilu (9) větší, než je síla, kterou působí nákužek jehly trysky (s menší plochou) nahoru. Tímto účinkem spolu se silou pružiny trysky je jehla trysky přitlačována do svého sedla a utěsňuje přívodní kanálek (10) do spalovacího prostoru. Při aktivaci elektromagnetického

Obr. 13.
Omezovací tlakový ventil (Bosch)

- 1 – přípojka vysokého tlaku
 2 – kužel ventilu
 3 – přepouštěcí otvory
 4 – píst ventilu
 5 – pružina ventilu
 6 – doraz
 7 – těleso ventilu
 8 – odtok do palivové nádrže





Obr. 14. Vstřikovač Common Rail (Bosch)

a) vstřikovač uzavřen (klidový stav)

b) vstřikovač otevřen (vstřikování)

- | | |
|--|------------------------------|
| 1 – zpětné vedení paliva | 6 – přiškrcení odtoku |
| 2 – elektrická přípojka | 7 – přiškrcení přívodu |
| 3 – magnetická cívka ovládací jednotky | 8 – ovládací prostor ventilu |
| 4 – přívod paliva (pod vysokým tlakem) z railu | 9 – ovládací píst ventilu |
| 5 – kulička ventilu | 10 – přívod na trysku |
| | 11 – jehla trysky |

ventilu řídicí jednotkou motoru se kulička ventilu (5) zvedne ze svého uložení a otevře přiškrcení odtoku. V důsledku odtékání paliva se snižuje tlak prostoru ovládání ventilu (8) a tím i hydraulická síla působící na ovládací píst ventilu. Jakmile je tato hydraulická síla menší než ta, která působí na tlakový nákržek jehly trysky, jehla se zvedne ze svého sedla a palivo se vstřikovacími otvory vstřikuje do spalovacího prostoru. Účinkem tohoto nepřímého, tzn. hydraulického ovládání jehly trysky se dosahuje rychlejšího otevření trysky. Síly, která je k tomu zapotřebí, by

bez této hydraulické podpory nebylo možné samotným elektromagnetickým ventilem dosáhnout.

Princip funkce: Princip funkce vstřikovače lze rozdělit na pracovní fázi v klidovém stavu (vstřikovač je zavřen), začátek vstřiku (vstřikovač otvírá) a konec vstřiku (vstřikovač zavírá).

Klidový stav (vstřikovač zavřen): Elektromagnetickým ventilem v klidovém stavu neprotéká žádný proud (obr. 14). Pružina elektromagnetického ventilu přitlačuje kotvu s kuličkou ventilu (5) do jejího sedla. Přiškrcení odtoku (6) je

uzavřeno. Přes přiškrcení přívodu (7) se v ovládacím prostoru ventilu vytváří okamžitý vysoký tlak v railu. Tento vysoký tlak se vytváří propojením přes přiváděcí kanálek (10) v tlakovém prostoru víceotvorové trysky. Tryska se přitom udržuje zavřená, neboť tlak paliva, který působí na čelní plochu řídicího pístu ventilu za podpory pružiny trysky, je větší než účinná hydraulická síla na tlakový nákržek jehly trysky.

Začátek vstřiku (vstřikovač otvírá): Vstřikovač se stále ještě nachází v klidové poloze. Při aktivaci elektromagnetického ventilu řídicí jednotkou motoru se v důsledku zvětšení přitahovacího proudu kotva s kuličkou ventilu (5) rychle nadzvedne (obr. 14b) a přiškrcení odtoku (6) se otevře. Když kotva urazí svou dráhu, přepne se (pouze u hlavního vstřiku, nikoli u předvstřiku) po fázi přitahování zvýšený přitahovací proud elektromagnetu na nižší přidržovací proud. Po otevření přiškrcení odtoku palivo spojitě odtéká do prostoru kotvy nad tímto přiškrcením a zpětným vedením paliva (1) do palivové nádrže. Přiškrcení přívodu (7) je navrženo tak, aby tlak ze zásobníku převedený do tlakového prostoru trysky způsobil nadzvednutí jehly trysky a spustil vstřik.

Rozdíl v průtoku mezi přívodem a odtokem paliva v ovládacím prostoru ventilu určuje rychlost nadzvednutí jehly trysky. Zdvih ovládacího pístu ventilu (9) je určen prouděním paliva mezi přiškrcením přívodu a odtoku.

Konec vstřiku (vstřikovač zavírá): Jakmile řídicí jednotka motoru vypne proud protékající elektromagnetickým ventilem, je kotva pružinou ventilu tlačena dolů a kulička ventilu uzavře přiškrcení odtoku. Aby se zabránilo kmitání kotvy, je opatřena nemagnetickou tlumicí destičkou (na obr. 14 není zobrazena). Tím se přiškrcení odtoku okamžitě uzavře, aniž by došlo k dodatečnému vstřiku. Po uzavření přiškrcení odtoku proudí palivo přes přiškrcení přívodu do ovládacího prostoru ventilu, dokud se tlak nevyrovná okamžitému tlaku v railu. Tlak paliva v railu působí na čelní plochu ovládacího pístu ventilu a způsobuje, že ovládací píst ventilu tlačí jehlu ventilu dolů do jejího sedla, a tím vstřik ukončí.

PODLE ZAHRANIČNÍCH MATERIÁLŮ
ZPRACOVALI JIŘÍ BROŽ A LUBOŠ TRNKA