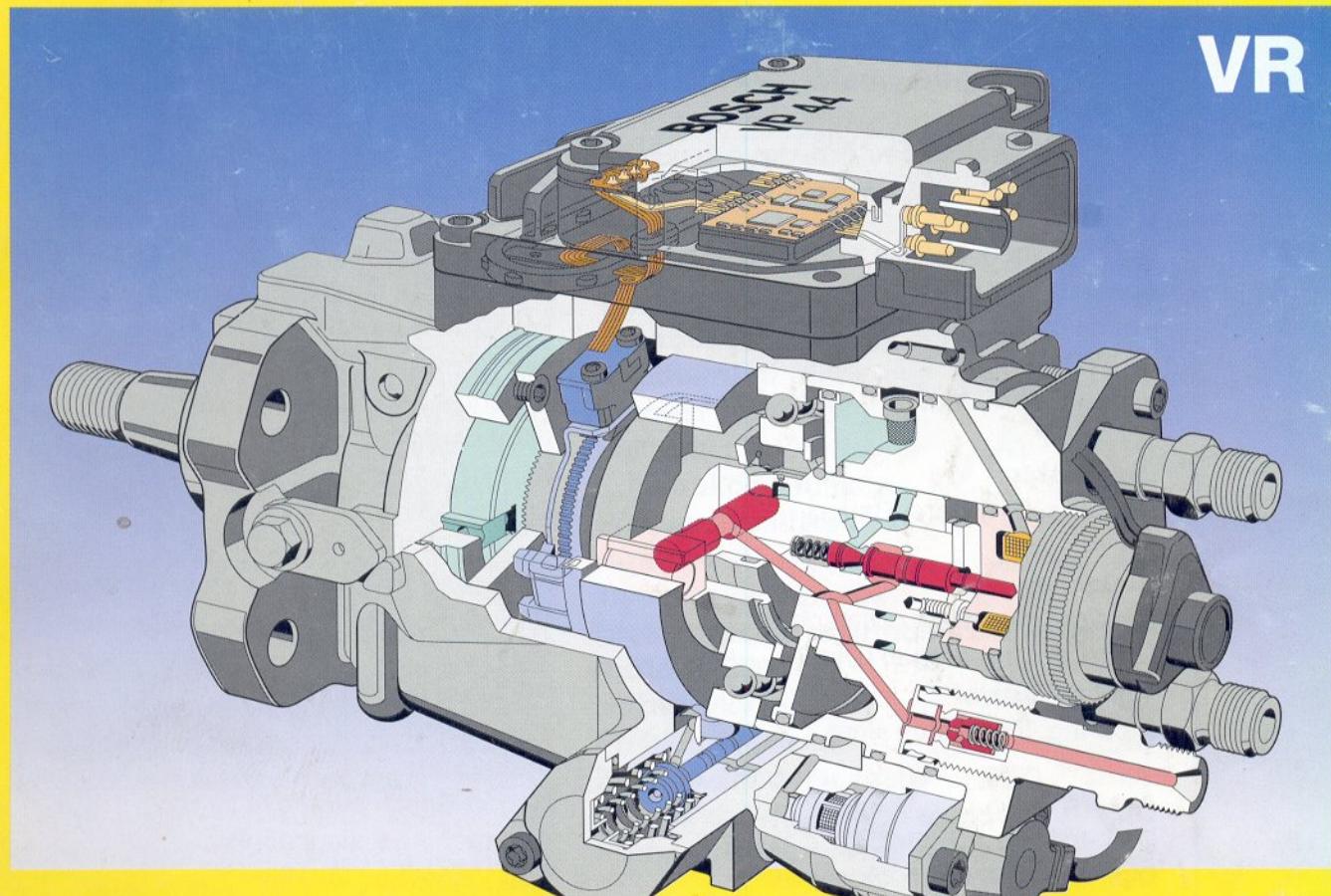


Elektronické řízení vznětového motoru

# Rotační čerpadlo s radiálními písty

Vydání 98/99



VR

Technická příručka



**BOSCH**

**Vydavatel:**

Robert Bosch GmbH, 1998  
Postfach 30 02 20  
D-70442 Stuttgart  
Unternehmensbereich Kraftfahrzeug-  
Ausrüstung  
Abteilung Technische Informationen  
(KH/VDT)  
Vedoucí: Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Adler.

**Šéfredaktor:**

Dipl.-Ing. (FH) Horst Bauer.

**Redakce:**

Dipl.-Ing. Karl-Heinz Dietsche  
Dipl.-Ing. (BA) Jürgen Crepin  
Folkhart Dinkler  
Dipl.-Ing. (FH) Anton Beer,

**Autoři:**

Dipl.-Ing. Uwe Reuter,  
Dipl.-Ing. (FH) Frank Eichhorn,  
Dr. rer. nat. Jürgen Mössinger,  
Ing. (grad) Heinz Nothdurft,  
Dipl.-Ing. Nestor Rodriguez-Amaya,  
Dipl.-Ing. (FH) Karl-Friedrich Rüsseler,  
Dipl.-Ing. Werner Vallon,  
Dipl.-Ing. Burkhard Veldten

Redakční zpracování ve spolupráci  
s příslušnými odbornými odděleními naší  
společnosti.

**Sestavili:**

Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Adler,  
Joachim Kaiser,  
Berthold Gauder, Leinfelden-Echterdingen

**Technická grafika:**

Bauer & Partner, Stuttgart

Pokud není uvedeno jinak, jedná se o pra-  
covníky firmy Robert Bosch GmbH Stuttgart.

Kopírování, rozmnožování a překlad, i čás-  
tečný, je možný jen s naším předchozím pí-  
semným souhlasem a s uvedením zdroje.  
Obrázky, popisy, schémata a jiné údaje  
slouží jen k vysvětlení a doplnění textu.  
Nemohou být použity jako podklady pro  
konstrukci, montáž a dodávku.  
Nepřebíráme žádnou záruku za shodu  
obsahu s právě platnými zákonnými  
ustanoveními.  
Záruka je vyloučena.  
Změny vyhrazeny.

Přeloženo z německého originálu Diesel-  
Radialkolben-Verteilereinspritzpumpen

**Překlad:** Ing. Miloš Chlup**Vydavatel:**

Robert Bosch odbytová s.r.o.  
Automobilová diagnostika  
Pod Višňovkou 25/1661  
142 01 Praha 4 – Krč  
Tel.: 02/61300 422-8  
Fax: 02/61300 518

**Grafická příprava:**

MCH-TECH  
Ing. Miloš Chlup  
Vítkovická 378  
199 00 Praha-Letňany  
Tel.: 02/839 210 94  
Fax: 02/839 230 40

ISBN 80-902585-7-3

# Rotační vstříkovací čerpadla s radiálními písty VR

Současná mobilita je v neposlední řadě otázkou ekologického uvědomění a hospodárnosti.

Technika, která dokáže účelně zohlednit tyto úvahy, získává do budoucnosti rozhodující význam také u vznětových motorů.

V oblasti automobilů píší úsporné a tiše pracující motory se vstříkováním novou historii vznětových motorů: Řadová, rotační a jednotlivá vstříkovací čerpadla firmy Bosch mají na tomto vývoji vysoký podíl. S jejich elektronickým řízením (EDC), stále vyššími vstříkovacími tlaky a ještě přesnějším odměřováním paliva, lze u vznětových motorů dosáhnout vyššího výkonu, nižších hodnot emisí a stále menších hodnot spotřeby paliva. Rotační vstříkovací čerpadla s radiálními písty jsou v této souvislosti dalším vývojovým stupněm již řadu let vyvíjených systémů a důsledným pokračováním všeobecně úspěšné „politiky“ v oblasti vznětových motorů firmy Bosch.

V této „technické příručce“, se dozvítě vše důležité o rotačních vstříkovacích čerpadlech s radiálními písty, o jejich konstrukci, komponentech a o principech činnosti tohoto vysokotlakého systému vstříkování vznětových motorů.

## Spalování vznětových motorů

Vznětový motor	2
----------------	---

## Přehled systémů vstříkování vznětových motorů

Oblasti použití	4
Požadavky	4
Typy konstrukce	6

## Rotační vstříkovací čerpadlo s radiálními písty

Přehled systémů	8
Palivový systém	10
Konstrukce a funkce	12
Přesuvník vstříku	20
Řízení systémů s EDC	24
Trysky a vstříkovače	38

## Elektronická regulace vznětových motorů EDC

Požadavky	44
Přehled systémů	44
Zpracování dat u systému EDC	45
Přenos dat do dalších systémů	46

## Pomocné startovací systémy

50
----

# Spalování vznětových motorů

## Vznětový motor

### Princip vznětového motoru

Vznětový motor je motor se samovznícením, který nasává vzduch a vysoce ho stlačuje. Vznětový motor je spalovacím motorem s nejvyšší celkovou účinností (u velkých pomaloběžných provedení až 50 % nebo ještě výšší).

S tím spojená nízká spotřeba paliva, emise s nízkým obsahem škodlivých látek a ztlumený hluk podtrhují význam vznětových motorů.

Vznětové motory mohou pracovat jako 2dobé nebo také jako 4dobé. V motorových vozidlech se používají převážně 4dobé motory (obrázky 1 a 2).

### Pracovní cyklus

U čtyřdobých vznětových motorů řídí výměnu plynů ventily pro výměnu plynů. Uzavírají nebo otevírají sací a výfukové kanály válců.

#### Doba sání

Při pohybu pístu dolů nasává motor během první doby, doby sání, vzduch bez jakéhokoliv zaškrcení otevřeným sacím ventilem.

#### Doba komprese

Během druhé doby, doby komprese, je nasáty vzduch odpovídající kompresnímu poměru (14:1 ... 24:1) stlačen pohybem pístu nahoru. Vzduch se přitom zahřeje na teploty až 900 °C. Na konci tohoto procesu komprese vstříkuje vstřikovací tryska palivo pod vysokým tlakem (až 2000 barů) do zahřátého vzduchu.

#### Pracovní doba

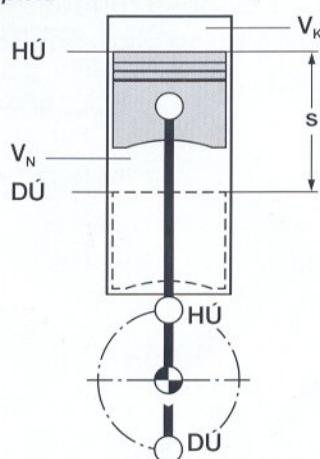
Po uplynutí průtahu vznícení shoří jemně rozprášené palivo na začátku třetí doby, pracovní doby. Tím se nadále zahřívá náplň válce a tlak ve válci ještě vzrůstá. Spálením uvolněná energie se přenáší na píst. Píst se v důsledku toho pohybuje opět směrem dolů a tepelná energie se převádí na mechanickou práci.

#### Doba výfuku

V průběhu čtvrté doby, doby výfuku, se vyprázdní spálená náplň válce přes otevřený výfukový ventil pístem pohybujícím se nahoru.

Při dalším pracovním cyklu se potom opět nasává čerstvý vzduch.

Obr. 1 Princip motoru s vratným pístem  
HÚ horní úvrat, DÚ dolní úvrat,  
 $V_h$  zdvihový objem,  $V_c$  kompresní objem,  
s zdvih pístu



## Spalovací prostory a plnění

U vznětových motorů se využívají metody s rozdeleným a nerozdeleným spalovacím prostorem (komůrkové motory/motory s přímým vstřikem).

Motory s přímým vstřikem mají vyšší účinnost a pracují hospodárněji než komůrkové motory. Proto se využívají u všech aplikací v užitkových vozidlech. Komůrkové motory jsou v důsledku nižšího hluku motoru vhodné zvláště pro osobní automobily, u kterých hraje důležitou roli jízdní komfort. Kromě toho vykazují nižší hodnoty emisí škodlivých látek (HC a NO<sub>x</sub>) a mají nižší výrobní náklady. V důsledku vyšší spotřeby (10 ... 15 %) jsou stále více nahrazovány motory s přímým vstřikem. Obě verze jsou úspornější v porovnání se zážehovými motory, zvláště v oblasti částečného zatížení.

Vznětové motory jsou mimořádně vhodné pro plnění turbodmychadlem poháněným výfukovými plyny. Plnění turbodmychadlem zvyšuje u vznětového motoru nejen dosažitelný výkon a tím zlepšuje účinnost, ale snižuje také emise škodlivých látek ve výfukových plynech a hluk motoru.

## Výfukové plyny vznětových motorů

Při spalování nafty vznikají zbytky různého typu.

Tyto reakční zplodiny jsou závislé na uspořádání motoru, výkonu motoru a také na pracovním zatížení.

Tvorbu škodlivých látek lze značně snížit úplným spálením paliva. To zajišťuje např. přesné pracující vstřikování a pečlivé určení poměru směsi vzduchu s palivem a optimální rozvíření této směsi. V první řadě vzniká zcela normální voda (H<sub>2</sub>O) a nejedovatý oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>). V druhé řadě vznikají v malých koncentracích:

- oxid uhelnatý (CO),
- nespálené uhlovodíky (HC),
- oxid dusíku (NO<sub>x</sub>) jako následný produkt,
- oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) a kyselina sírová (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) jakož i
- škodlivé částice.

Množství oxidu siřičitého a kyseliny sírové závisí na obsahu síry v palivu. Jako přímo zjistitelné komponenty výfukových plynů lze u studeného motoru zjistit neoxidované nebo pouze částečně oxidované uhlovodíky ve formě kapiček jako bílý nebo modrý kouř a na zápacích intenzivní aldehydy.

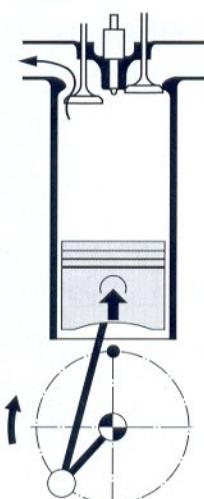
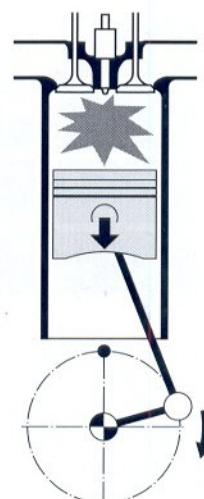
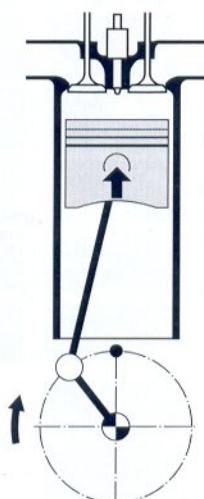
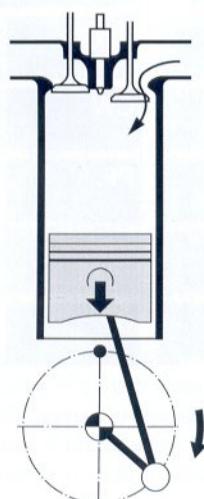
Obr. 1 Pracovní cyklus čtyřdobého dieselového motoru

1. doba sání

2. doba komprese

3. doba expanze

4. doba výfuku



# Přehled systémů vstřikování vznětových motorů

## Oblasti použití

Vznětové motory se vyznačují vysokou hospodárností, zvláště u komerčních aplikací (viz obrázek 1 a tabulka 1).

Vznětové motory jsou používány v řadě různých provedení, např. jako

- pohon mobilních elektrocentrál (až cca 10 kW/válec),
- rychloběžné motory pro osobní a lehká užitková vozidla (do cca 50 kW/válec),
- motory pro stavebnictví, zemědělství a lesnictví (až cca 50 kW/válec),
- motory pro těžká užitková vozidla, autobusy a tahače (až cca 200 kW/válec),
- stacionární motory, např. pro elektrocentrály nouzového napájení (až cca 160 kW/válec),
- motory pro lokomotivy a lodě (až 1000 kW/válec).

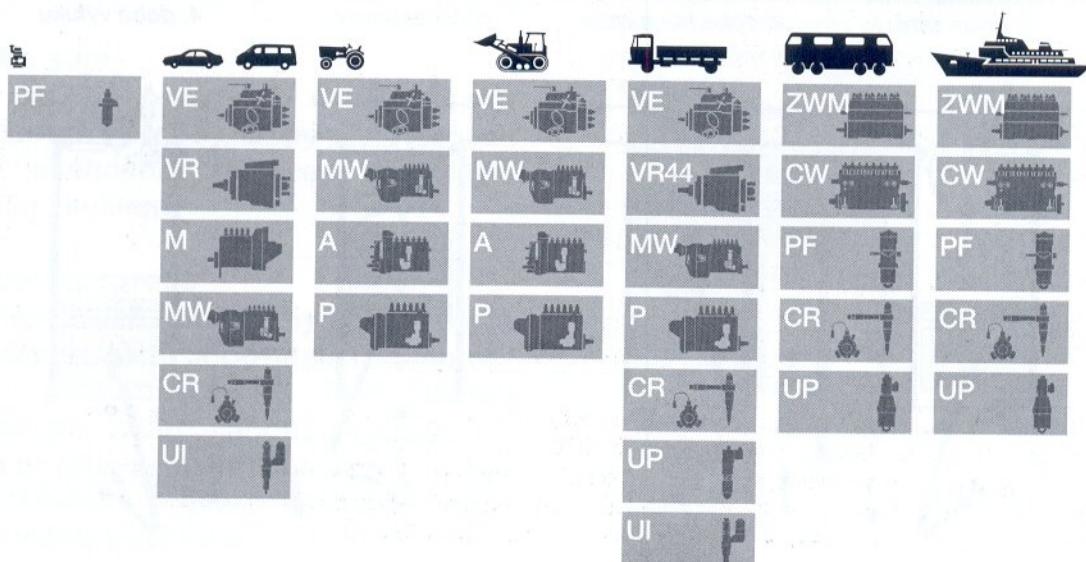
## Požadavky

Stále přísnější předpisy pro emise výfukových plynů a hluků a požadavky na nižší spotřebu kladou stále nové požadavky na vstřikovací systémy vznětových motorů. V principu musí vstřikovací soustava pro dobrou přípravu směsi vstřikovat palivo do vznětových motorů podle způsobu spalování (přímý nebo nepřímý vstřik) s tlakem mezi 350 a 2000 bary a přitom musí dávkovat vstřikované dávky s nejvyšší možnou přesností.

Regulace výkonu a otáček vznětového motoru je realizována odměrováním dávky paliva bez zaškrcení nasávaného vzduchu.

**Obrázek 1: Oblasti použití systémů vstřikování Bosch u vznětových motorů**

Řadová vstřikovací čerpadla typů M, MW, A, P, ZWM, CW s rostoucí konstrukční velikostí, samostatná jednoválcová vstřikovací čerpadla PF, čerpadla-vedení-tryska typ UP, UI sdružené vstřikovací jednotky, CR systémy s tlakovým zásobníkem Common Rail, rotační vstřikovací čerpadla s axiálním pístem typ VE, rotační vstřikovací čerpadla s radiálním pístem typ VR



Zatímco konvenční vznětové motory v užitkových vozidlech, lokomotivách a lodích stále ještě používají převážně mechanicky regulované systémy vstřikování, je u osobních automobilů (a již také u užitkových automobilů) nahrazována mechanická regulace systémů

vstřikování za elektronickou regulaci vznětového motoru (EDC).

Při současném stavu techniky se pro vznětové motory motorových vozidel využívají hlavně níže uvedené systémy vysokotlakého vstřikování.

**Tabulka 1: Vlastnosti a charakteristická data systému vstřikování vznětových motorů**

Systém vstřikování konstrukce	Vstřikování				Údaje o motoru			
	vstřikovaná dávka na zdvihu cm <sup>3</sup>	max. tlak na straně trysky bar	m mechanické e elektronické em elektromechanické	přímé vstřikování IDI neprímé vstřikování IDI	VE úvodní vstřik NE následný vstřik	počet válců	max. otáčky min <sup>-1</sup>	max. výkon kW na válec
<b>Řadová vstřikovací čerpadla</b>								
M	0,06	550	m, e	IDI	–	4...6	5000	20
A	0,12	750	m	DI / IDI	–	2...12	2800	27
MW	0,15	1100	m	DI	–	4...8	2600	36
P 3000	0,25	950	m, e	DI	–	4...12	2600	45
P 7100	0,25	1200	m, e	DI	–	4...12	2500	55
P 8000	0,25	1300	m, e	DI	–	6...12	2500	55
P 8500	0,25	1300	m, e	DI	–	4...12	2500	55
H 1	0,24	1300	e	DI	–	6...8	2400	55
H 1000	0,25	1350	e	DI	–	5...8	2200	70
<b>Rotační vstřikovací čerpadla s axiálními písty</b>								
VE	0,12	1200/350	m	DI / IDI	–	4...6	4500	25
VE...EDC 1)	0,07	1200/350	e, em	DI / IDI	–	3...6	4200	25
VE...MV	0,07	1400/350	e, MV	DI / IDI	–	3...6	4500	25
<b>Rotační vstřikovací čerpadla s radiálními písty</b>								
VR...MV	0,135	1700	e, MV	DI	–	4, 6	4500	37
<b>Jednoválcová vstřikovací čerpadla</b>								
PF(R)... 18,0	0,15... 18,0	800... 1500	m, em	DI / IDI	–	libovolný	300... 2000	75... 1000
UI 30 2)	0,16	1600	e, MV	DI	VE	8 <sup>3a)</sup>	3000	45
UI 31 2)	0,3	1600	e, MV	DI	VE	8 <sup>3a)</sup>	3000	75
UI 32 2)	0,4	1800	e, MV	DI	VE	8 <sup>3a)</sup>	3000	80
UI-P1 3)	0,062	2000	e, MV	DI	VE	6 <sup>3a)</sup>	5000	25
UP 12 4)	0,1	1600	e, MV	DI	VE	8	4000	35
UP 20 4)	0,15	1800	e, MV	DI	VE	8	4000	70
UP (PF R)	3,00	1400	e, MV	DI	–	6...20	1500	500
<b>Zásobníkový systém Common Rail</b>								
CR 5)	0,1	1350	e, MV	DI	VE <sup>5a)</sup> / NE	3...8	5000 <sup>5b)</sup>	30
CR 6)	0,4	1400	e, MV	DI	VE <sup>6a)</sup> / NE	6...16	2800	200

<sup>1)</sup> EDC elektronická regulace pro vznětové motory, <sup>2)</sup> UI sdružená vstřikovací jednotka pro užitková vozidla, <sup>3)</sup> UI pro osobní vozidla, <sup>3a)</sup> se dvěma řídicími jednotkami je možný i větší počet válců,

<sup>4)</sup> UP čerpadlo-vedení-tryska pro užitková vozidla a autobusy, <sup>5)</sup> CR 1. generace pro osobní vozidla a lehká užitková vozidla, <sup>5a)</sup> do 90° KH před HÚ volně volitelné, <sup>5b)</sup> do 5500 min<sup>-1</sup> při deceleraci, <sup>6)</sup> CR pro užitková vozidla, autobusy a diesellokomotivy, <sup>6a)</sup> do 30° KH před HÚ.

## Typy konstrukce

### Řadová vstřikovací čerpadla

Řadová vstřikovací čerpadla mají pro každý válec motoru jeden element čerpadla, ten sestává z válce čerpadla a pístu čerpadla. Píst čerpadla se pohybuje ve směru dodávky prostřednictvím vačkového hřídele poháněného motorem a vrací se zpět pružinou pístu. Elementy čerpadla jsou uspořádané v řadě. Zdvih pístu je neměnný. Aby bylo možné dosáhnout změny dávky, jsou v pístu šikmě řídicí hrany, takže lze po otočením pístu prostřednictvím posunuté regulační tyče dosáhnout požadovaného užitného zdvihu. Mezi vysokotlakým prostorem čerpadla a začátkem vstřikovacího vedení jsou podle podmínek vstřiku umístěny přídavné výtlačné ventily. Ty určují přesné ukončení vstřiku, zamezují dostříku u vstřikovací trysky a zajišťují rovnoramenné pole charakteristik čerpadla.

### Standardní řadová vstřikovací čerpadla PE

Počátek dodávky je určen sacím otvorem, který se uzavře horní hranou pístu. V pístu šikmo umístěná řídicí hrana uvolňující otvor sání, určuje vstřikovanou dávku. Poloha regulační tyče je řízena mechanickým odstředivým regulátorem nebo elektrickým nastavovacím mechanismem.

### Řadová vstřikovací čerpadla se zdvihovalými šoupátky

Řadová vstřikovací čerpadla se zdvihovalými šoupátky se liší od běžných řadových vstřikovacích čerpadel zdvihovalým šoupátkem kluzně umístěným na pístu čerpadla, pomocí tohoto šoupátko lze měnit úvodní zdvih a tedy také počátek dodávky popř. vstřiku pomocí přídavného ovládacího hřídele. Pozice zdvihovalého šoupátko se nastavuje v závislosti na různých veličinách. Řadová vstřikovací čerpadla se zdvihovalými šoupátky mají na rozdíl od standardních řadových vstřikovacích čerpadel PE přídavné stupně volnosti.

### Rotační vstřikovací čerpadla

Rotační vstřikovací čerpadla mají mechanický regulátor otáček nebo elektronický regulátor s integrovaným přesuvníkem vstřiku. Mají jen jeden výtlačný element čerpadla pro všechny válce.

### Rotační vstřikovací čerpadla s axiálním pístem

U rotačních vstřikovacích čerpadel s axiálním pístem dopravuje křídlaté lopatkové čerpadlo palivo do prostoru čerpadla. Centrálně umístěný rozdělovací píst, který je otáčen vačkovým kotoučem, vytváří tlak a rozděluje palivo k jednotlivým válcům. Během jedné otáčky hřídele pohonu dělá píst tolík zdvihu, kolika válcům motoru musí dodávat palivo. Vačky na spodní straně vačkového kotouče se odvalují po kladkách prstence kladek a způsobují u rozdělovacího pístu přídavně k točitému pohybu také zdvihovalý pohyb.

U běžného rotačního vstřikovacího čerpadla s axiálním pístem VE s mechanickým odstředivým regulátorem otáček nebo elektronicky regulovaným nastavovacím mechanismem určuje užitný zdvih regulační šoupátko, které takto dávkuje vstřikovanou dávku. Počátek dodávky čerpadla lze přestavit pomocí prstence s kladkami (přesuvník vstřiku). U rotačních vstřikovacích čerpadel s axiálním pístem ovládaných elektromagnetickým ventilem dávkuje elektronicky řízený vysokotlaký elektromagnetický ventil vstřikovanou dávku místo regulačního šoupátko. Řídicí a regulační signály jsou zpracovány ve dvou elektronických řídících jednotkách (řídicí jednotka čerpadla a motoru). Otáčky jsou regulovány vhodným nastavením akčních členů.

### Rotační vstřikovací čerpadla s radiálními písty

U rotačních vstřikovacích čerpadel s radiálními písty dodává křídlaté lopatkové palivové čerpadlo palivo. Čerpadlo s radiálními písty s vačkovým kroužkem a dvěma až čtyřmi radiálními písty realizuje vytváření vysokého tlaku a dodávky

paliva. Vysokotlaký elektromagnetický ventil dávkuje vstřikované množství. Počátek dodávky se přestavuje pootočením vačkového kroužku prostřednictvím přesuvníku vstřiku. Stejně jako u elektromagnetickým ventilem ovládaného čerpadla s axiálním pístem jsou také zde veškeré řídící a regulační signály zpracovány ve dvou řidicích jednotkách (řidící jednotka čerpadla a motoru). Otáčky jsou regulovány vhodným nastavením akčního členu.

## **Samostatná jednoválcová vstřikovací čerpadla**

### **Samostatná jednoválcová vstřikovací čerpadla PF**

Samostatná jednoválcová vstřikovací čerpadla PF (používaná u malých motorů, lokomotiv se vznětovými motory, lodních motorů a stavebních strojů) nemají vlastní vačkový hřídel (F = cizí poloh), odpovídají však principem činnosti řadovým vstřikovacím čerpadlům PE. U velkých motorů je mechanicko-hydraulický nebo elektronický regulátor montován přímo na tělese motoru. Jím určená dávka se přenáší přes pákový mechanismus začleněný v motoru.

Poháněcí vačky pro jednotlivá vstřikovací čerpadla PF jsou umístěny na vačkovém hřídeli pro ovládání ventilů motoru. Proto nelze realizovat přestavení vstřiku pootočením vačkového hřídele. Zde však lze přestavením mezičlenu (např. kulisa mezi vačkovým hřídelem a zdvihátkem) dosáhnout změny úhlu přestavení s hodnotou několika úhlových stupňů.

Samostatná jednoválcová vstřikovací čerpadla jsou také vhodná pro provoz s vysoce viskozními těžkými oleji.

### **Sdružená vstřikovací jednotka UI**

U sdružené vstřikovací jednotky vytváří vstřikovací čerpadlo a vstřikovací tryska jednu jednotku. Pro každý válec motoru je v hlavě válců vestavěna jedna jednotka, která je poháněna buď přímo přes zdvihátko nebo nepřímo přes valdlo z vačkového hřídele motoru.

V důsledku nepoužití vysokotlakého ve-

dení je možné dosáhnout podstatně vyššího vstřikovacího tlaku (až 2 000 barů) než u řadových nebo rotačních vstřikovacích čerpadel. Pomocí tohoto vysokého vstřikovacího tlaku a elektronické regulace s polem charakteristik pro počátek vstřiku a trvání vstřiku (popř. dávku) lze dosáhnout podstatného snížení emisí škodlivých látek vznětového motoru. Elektronické koncepce regulace umožňují realizaci různých přídavných funkcí.

### **Čerpadlo - vedení - tryska UP**

Systém čerpadlo - vedení - tryska pracuje na stejném principu jako sdružená vstřikovací jednotka. Je to modulově konstruovaný systém vysokotlakého vstřikování. Na rozdíl od sdružených vstřikovacích jednotek jsou tryska a čerpadlo propojeny krátkým vstřikovacím vedením. Systém čerpadlo - vedení - tryska má jednu vstřikovací jednotku (čerpadlo, vedení a vstřikovač) pro každý válec motoru, která je poháněna vačkovým hřídelem motoru. Krátké, přesně ke komponentům přizpůsobené vysokotlaké vedení vede ke vstřikovači. Elektronická regulace s poli charakteristik pro počátek vstřiku a trvání vstřiku (popř. dávku) znamená zřetelné snížení emisí škodlivých látek vznětového motoru. Společně s rychle spínaným, elektronicky ovládaným elektromagnetickým ventilem lze dobře přizpůsobit okamžitou charakteristiku každého jednotlivého procesu vstřiku.

## **Vstřikovací systémy s tlakovým zásobníkem**

### **Common Rail CR**

U vstřikování s tlakovým zásobníkem „Common Rail“ je odděleno vytváření tlaku a vstřikování. Vstřikovací tlak je vytvářen nezávisle na otáckách motoru a vstřikované dávce a je připraven v „Railu“ (tlakovém zásobníku paliva) pro vstřikování. Okamžik vstřiku a vstřikovaná dávka jsou vypočítávány elektronickou řidící jednotkou a prostřednictvím injektorů (vstřikovací jednotky) na každém válcu motoru jsou realizovány ovládaným elektromagnetickým ventilem.

# Rotační vstřikovací čerpadlo s radiálními písty VR

## Přehled systému

### Oblast použití

Malé, rychloběžné vznětové motory pro osobní a malé užitkové automobily, lze je však také využít pro tahače a jako stacionární motory, vyžadující vstřikovací soustavu s vysokou výkonností, rychlým sledem vstříků, malou hmotností a malými zástavbovými rozměry. Potřebné je také zvýšení vstřikovacího tlaku, aby se dosáhlo snížení spotřeby paliva a aby byly dodrženy nižší limity emisí výfukových plynů. Pro tyto oblasti aplikací je vhodné rotační vstřikovací čerpadlo, jehož dimenzování je v jednotlivých případech určeno jmenovitými otáčkami, výkonem a konstrukčním typem příslušného vznětového motoru. Po zavedení v roce 1964 a po dalším trvalém vývoji se stalo rotační vstřikovací čerpadlo s axiálními písty nejčastěji používaným vstřikovacím čerpadlem v osobních automobilech. Tradičně mechanicky regulované rotační vstřikovací čerpadlo VE pro nepřímý vstřík (předkomůrkové motory nebo motory s vírovou komůrkou) vytváří tlaky až 350 barů u vstřikovacích trysek. Elektronicky regulovaná čerpadla VE s elektrickým nastavovacím mechanismem popř. s vysokotlakými elektromagnetickými ventily jsou vhodná také pro přímý vstřík a vytvářejí tlaky až 800 barů pro pomaloběžné motory a až 1400 barů pro rychloběžné motory výkony až 25 kW na válec.

Rotační vstřikovací čerpadlo s radiálními písty VR bylo vyvinuto firmou Bosch speciálně pro rychloběžné vznětové motory s přímým vstříkem a s výkonem až 37 kW na válec. Vyznačuje se

vysokou dynamikou při regulaci dávek a počátku vstříku a tlaku u vstřikovacích trysek až 1600 barů.

### Funkce

Soustava vstřikování vznětového motoru s rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písty VR má dvě řídicí jednotky pro elektronickou regulaci vstřikování nafty: jednu řídicí jednotku motoru a jednu řídicí jednotku čerpadla. Toto rozdělení je nutné, aby se na jedné straně zamezilo přehřívání určitých elektronických konstrukčních dílů a na druhé straně aby se omezil vliv rušivých signálů, které mohou částečně vznikat díky vysokým proudům (až 20 A) ve vstřikovacím čerpadle.

Zatímco řídicí jednotka čerpadla snímá interní signály snímačů v čerpadle pro úhel otočení a teplotu paliva a využívá je pro přizpůsobení okamžiku vstříku, zpracovává řídicí jednotka motoru veškerá data sejmoutá externími snímači z motoru a okolí a vypočítává z nich regulační zásahy prováděné na motoru. V detailech snímají snímače veškerá potřebná provozní data jako např.

- teplota nasávaného vzduchu, chladící kapaliny a paliva,
- otáčky motoru,
- plnicí tlak,
- pozice pedálu akcelerace,
- rychlosť jízdy atd.

Vstupní obvody řídicí jednotky tato data zpracovávají a mikroprocesory z nich vypočítou, při zohlednění provozních stavů, akční signály pro optimální jízdní režim. Prostřednictvím propojení různých komponentů systému do sítě lze

- signály využívat několikrát,
- přesně přizpůsobit akční zásahy,
- šetřit palivo a
- šetrně ovládat veškeré komponenty podílející se na provozu.

Přenos dat mezi řídicí jednotkou motoru a čerpadla je proveden sběrnicovým systémem CAN.

Obrázek 1 ukazuje jako příklad vstřikovací soustavu vznětového motoru s rotačním čerpadlem s radiálními písty pro čtyřválcový vznětový motor s různými komponenty.

### Základní funkce

Základní funkce řídí vstřikování nafty ve správném okamžiku, se správnou dávkou a s pokud možno vysokým tlakem. Tím je zaručen tichý chod vznětového motoru s příznivou spotřebou a nízkými hodnotami škodlivých látek ve výfukových plynech.

### Přídavné funkce

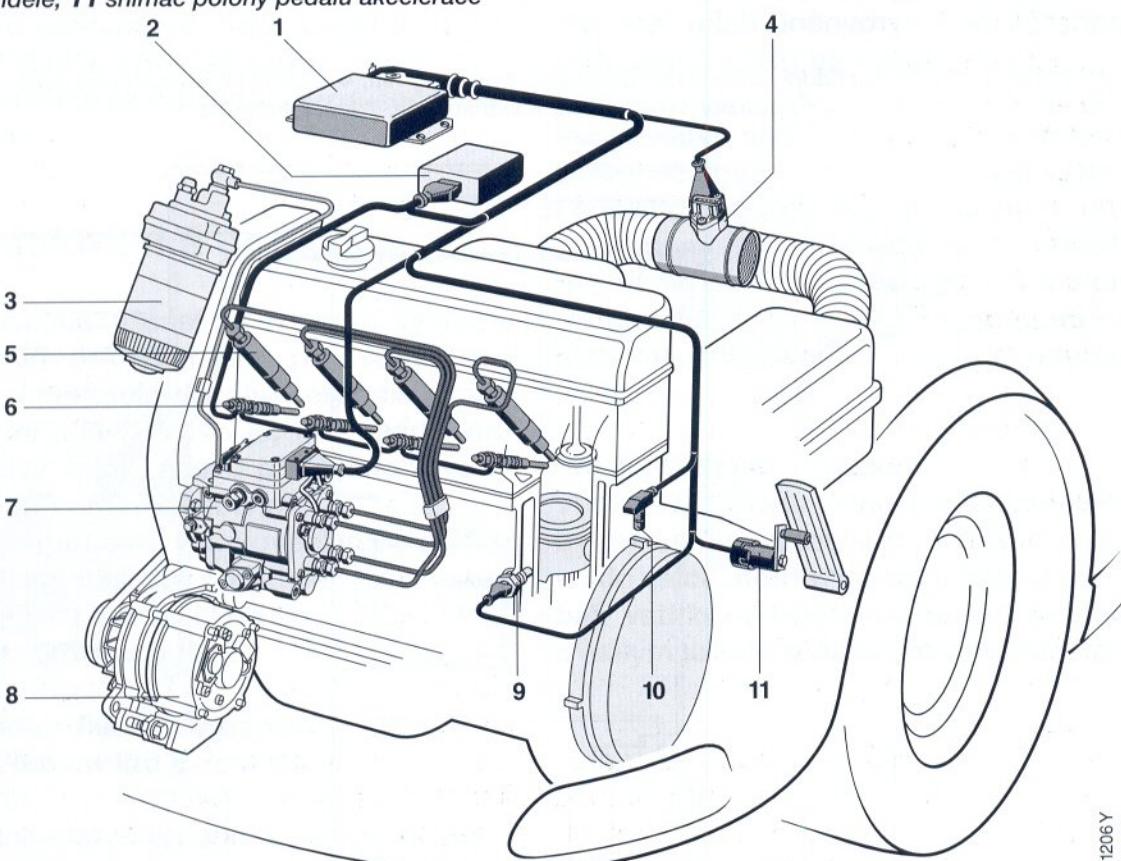
Přídavné řídící a regulační funkce slouží pro redukování emisí výfukových plynů a spotřeby paliva nebo zvyšují bezpečnost a komfort. Příkladem těchto funkcí jsou:

- recirkulace spalin,
- regulace plnicího tlaku,
- regulace rychlosti jízdy,
- elektronický immobilizér atd.

### Přehled systémů

Sběrnicový systém CAN umožňuje přenos dat s jinými elektronickými systémy vozidla (např. ABS, elektronické řízení převodovky). Diagnostické rozhraní umožňuje vyhodnocování v paměti uložených systémových dat při inspekčích vozidla. Kapitola „Řízení systémů s EDC“ popisuje procesy elektronického snímání a zpracování provozních dat a funkci jednotlivých snímačů a akčních členů.

**Obrázek 1: Vstřikovací soustava vznětového motoru s rotačním čerpadlem s radiálními písty**  
**1** řídící jednotka motoru, **2** řídící jednotka doby žhavení, **3** palivový filtr, **4** měřič hmotnosti vzduchu, **5** vstřikovací trysky, **6** žhavicí svíčky, **7** rotační vstřikovací čerpadlo s radiálními písty a řídící jednotkou čerpadla, **8** alternátor, **9** snímač teploty chladicí kapaliny, **10** snímač otáček klikového hřídele, **11** snímač polohy pedálu akcelerace



# Palivový systém

Palivový systém vstříkovací soustavy s rotačním vstříkovacím čerpadlem s radiálními písty (obrázek 1) sestává z nízkotlaké části pro nízkotlakou dodávku paliva, z vysokotlaké části pro vysokotlakou dodávku paliva a z elektronické řídící jednotky.

## Nízkotlaká dodávka

Nízkotlaká část pro dodávku paliva zahrnuje:

- palivovou nádrž,
- nízkotlaká palivová vedení,
- palivový filtr a
- komponenty vstříkovacího čerpadla.

### Palivová nádrž (§ 45 StVZO, výtah)

Palivové nádrže musejí být odolné vůči korozi a musejí být těsné při dvojnásobku provozního přetlaku, minimálně však přetlak 0,3 bary. Vzniklý přetlak musí být samočinně odveden vhodnými otvory, pojistnými ventily nebo podobnými jednotkami. Palivo nesmí vytékat z uzávěru plnicího otvoru nebo ze zařízení pro vyrovnání tlaku ani při

šikmém poloze, průjezdu zatáčkou nebo při nárazech.

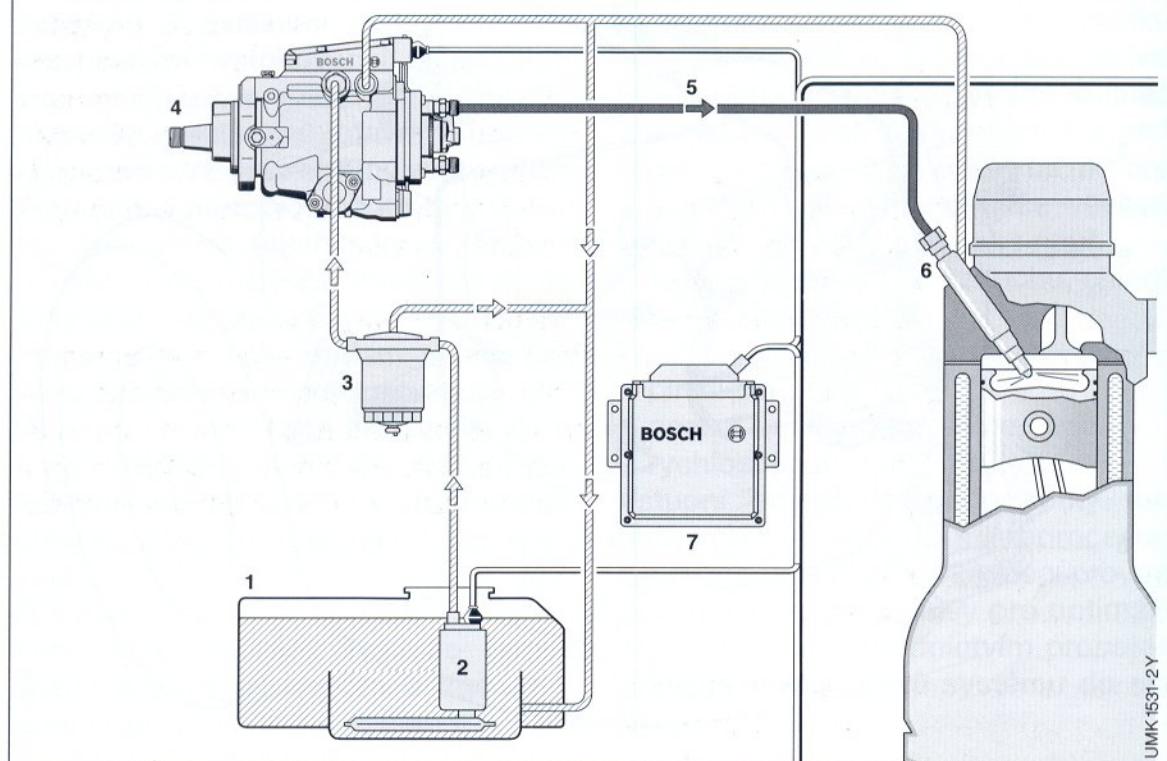
Palivové nádrže musí být od motoru odděleny tak, aby nemohlo dojít ke vznícení ani při nehodách.

Pro vozidla s otevřenou kabinou řidiče, traktory (tahače) a autobusy platí zvláštní podmínky pro výšku instalace a pro odstínění palivových nádrží.

### Palivová vedení v nízkotlaké části (§ 46 StVZO)

Pro nízkotlakou část lze vedle ocelových trubek používat také pružné vedení s výztuhou ocelovým pletivem, toto musí být těžce zápalné. Vedení je nutné umístit tak, aby se zamezilo mechanickému poškození a aby se odkapávající nebo odpařované palivo nemohlo shromažďovat a vznítit. Palivová vedení nesmějí být ovlivňována krutem karosérie, pohyby motoru nebo podobnými jevy. Veškeré díly vedoucí palivo musejí být chráněny proti provozním teplotám. U autobusů nesmějí být palivová vedení umístěna v prostoru pro cestující nebo v kabini řidiče a palivo nesmí být dopravováno samotízí.

**Obrázek 1:** 1 palivová nádrž, 2 podávací čerpadlo, 3 palivový filtr, 4 rotační vstříkovací čerpadlo s radiálními písty, 5 výtlacné potrubí (vysoký tlak), 6 vstříkovovače, 7 řídící jednotka



## **Palivové filtry**

Nedostatečná filtrace může vést k poškození komponentů čerpadla, výtlacných ventilů a vstřikovacích trysek. Palivový filtr čistí palivo před rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písty a zamezuje tím předčasnemu opotrebení citlivých dílů.

## **Nízkotlaké komponenty vstřikovacího čerpadla**

### **Křídlové podávací čerpadlo**

Křídlové podávací čerpadlo nasává palivo z palivové nádrže a podává při každé otáčce přibližně konstantní množství paliva do vysokotlakého čerpadla s radiálním pístem.

### **Ventil pro regulaci tlaku**

Ventil pro regulaci tlaku reguluje podávací tlak paliva podávacího čerpadla. Otevře se, pokud silně vzroste tlak paliva a uzavírá se, když tlak paliva klesá.

### **Přepouštěcí škrticí ventil**

Přepouštěcí škrticí ventil umožní při dosažení přednastaveného otvíracího tlaku přepuštění definovaného množství paliva zpět do palivové nádrže a usnadňuje samočinné odvzdušnění čerpadla.

## **Vysokotlaká dodávka**

Vysokotlaká část palivového systému vytváří tlak potřebný pro vstřikování pomocí vysokotlakého čerpadla s radiálními písty. Palivo je, pro každý jednotlivý vstřík, znova podáváno a vstřikováno prostřednictvím

- komponentů vstřikovacího čerpadla,
- vysokotlakého potrubí a
- držáku trysky až do
- vstřikovací trysky.

## **Vysokotlaké komponenty vstřikovacího čerpadla**

### **Vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty**

Palivo se dostává při otevřeném vysokotlakém elektromagnetickém ventilu

z nízkotlaké části k podávacím pístům ve vysokotlaké části. Vačkový prstenec s laloky na vnitřní stěně prstence zatlačuje podávací písty radiálně směrem dovnitř a komprimuje při každém zdvihu palivo pro vstřikování v příslušném válci.

### **Vysokotlaký elektromagnetický ventil**

Řídicí jednotkou čerpadla řízený vysokotlaký elektromagnetický ventil reguluje přítok paliva k radiálním pístům vysokotlakého čerpadla a určuje vstřikovanou dávku a okamžik vstřiku pro každé vstřikování.

### **Rozdělovací hřídel s rozdělovací hlavou**

Rozdělovací hřídel rozděluje palivo tak, aby byl během každé otáčky připojen každý válec jednou přes výtlacné hrdlo rozdělovací hlavy a vysokotlaké potrubí.

### **Škrticí zpětné ventily**

Škrticí zpětné ventily v přípojce výtlacné trubky tlumí zpětné vlny tlaku paliva vznikající při uzavření trysek. Zamezují tak opotřebení vysokotlaké části a nekontrolovanému otváráni trysek.

## **Palivové vedení ve vysokotlaké části**

Vysokotlaké vedení (vysoce pevné bezšvé ocelové trubky) vedou od vstřikovacího čerpadla k tryskám. Jsou přizpůsobeny průběhu vstřiku a musejí mít vždy stejnou délku. Různě velké vzdálenosti jsou vyrovnaný prostřednictvím větších nebo menších ohybů v průběhu vedení.

### **Trysky a držáky trysek**

Vstřikovací trysky vestavěné v držácích trysek vstřikují přesně dávkované palivo do válců motoru a tvarují přitom průběh vstřiku. Přebytečné palivo proudí s malým tlakem zpět do palivové nádrže.

# Konstrukce a funkce

## Konstrukční skupiny

U rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty VR (obrázek 1) jsou v tělese čerpadla umístěny následující konstrukční skupiny:

- křídlové podávací čerpadlo (1) s ventilem pro regulaci tlaku a s přepouštěcím škrticím ventilem,
- vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty (4) s rozdělovacím hřidelem a výtokovým ventilem,
- vysokotlaký elektromagnetický ventil (6),
- přesuvník vstřiku (5) s elektromagnetickým ventilem přesuvníku vstřiku,
- snímač úhlu otočení (DWS-systém [2] a
- řídicí jednotka čerpadla (3)

Sloučení těchto konstrukčních skupin do kompaktně konstruované jednotky umožňuje vzájemně velmi přesně přizpůsobit součinnost jednotlivých funk-

čních jednotek. Tímto způsobem lze dodržet úzké hodnoty tolerancí a splnit požadované výkonové schopnosti v celém rozsahu.

## Křídlové podávací čerpadlo s ventilem pro regulaci tlaku a přepouštěcím škrticím ventilem

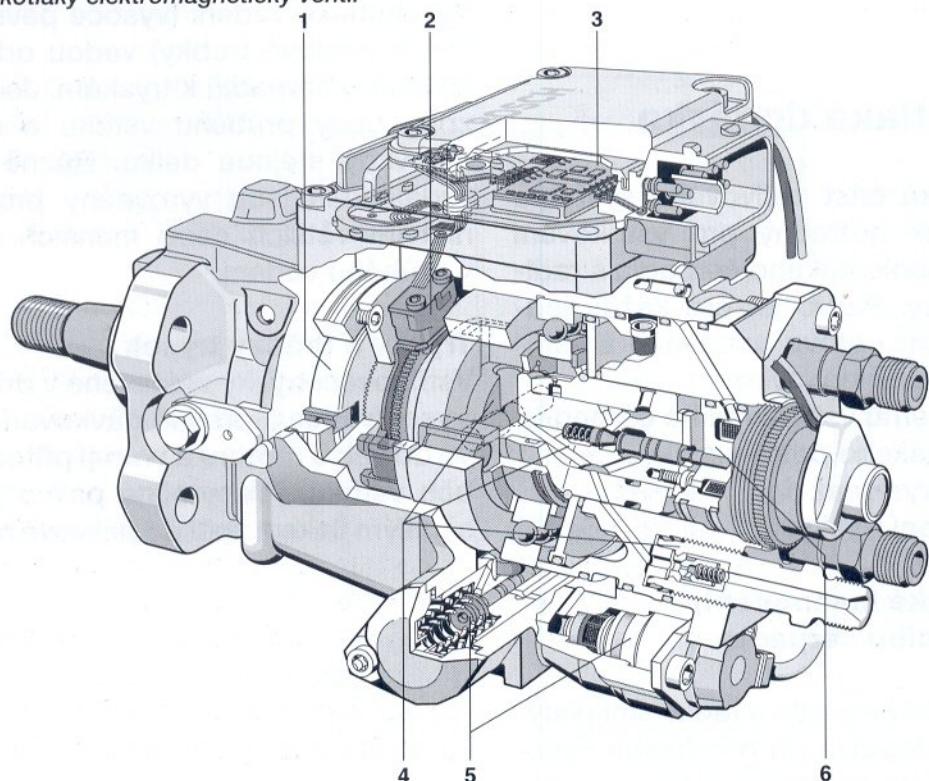
V tělese rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty je mohutná hnací hřídel uložena na straně příruby v kluzném ložisku a na opačné straně ve válečkovém nebo kuličkovém ložisku. Křídlové podávací čerpadlo je umístěno uvnitř na hnací hřidle. Jeho úkolem je nasávat palivo, vytvářet tlak v zásobníkovém prostoru a dodávat palivo vysokotlakému čerpadlu s radiálními písty.

## Vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty, rozdělovacím hřidelem a zpětným ventilem

Vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty je poháněno přímo hřidelem pohonu. Vytváří vysoký tlak potřebný pro vstřikování a rozděluje palivo k jednotlivým

Obrázek 1: Komponenty rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty

1 křídlové podávací čerpadlo s ventilem pro regulaci tlaku, 2 snímač úhlu otočení, 3 řídicí jednotka čerpadla, 4 vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty s rozdělovacím hřidelem a zpětným ventilem (výtlacný ventil), 5 přesuvník vstřiku a elektromagnet přestavení přesuvníku vstřiku (taktovací ventil), 6 vysokotlaký elektromagnetický ventil



válcům motoru. Unášení rozdělovacího hřídele je zajištěno unašečem na hnací hřídeli.

### Vysokotlaký elektromagnetický ventil

Vysokotlaký elektromagnetický ventil je umístěn centrálně v rozdělovací hlavě, jehla ventilu přitom zasahuje do rozdělovacího hřídele a otáčí se synchronně s tímto hřídelem. Otvírá se a zavírá se s variabilní střídou podle hodnot udaných řídicí jednotkou čerpadla. Příslušná doba uzavření určuje trvání dodávky vysokotlakého čerpadla s radiálními písty. Takto lze přesně odměřovat množství paliva.

### Přesuvník vstřiku

Na spodní straně čerpadla je umístěn hydraulický přesuvník vstřiku s taktovacím ventilem a příčně k ose čerpadla umístěným pracovním pístem. Přesuvník vstřiku pootáčí vačkový prstenec podle stavu zatížení a otáček, aby bylo možné změnit počátek dodávky (a tím také okamžik vstřiku). Toto variabilní řízení se označuje také jako „elektronické, přestavení vstřiku.“

### Snímač úhlu otočení (systém DWS)

Na hřídeli pohonu je umístěno inkrementální kolo (kolo snímače úhlu) a držák pro snímač úhlu otočení. Tyto díly slouží pro měření úhlu, který zaujímá hřídel pohonu a vačkový prstenec v průběhu otáčení vůči sobě. Z této hodnoty lze vypočítat aktuální otáčky, polohu přesuvníku vstřiku a úhlovou polohu vačkového hřídele.

### Řídicí jednotka čerpadla

Na horní straně čerpadla je přišroubována chladicími žebry vybavená řídicí jednotka čerpadla. Ta vypočítává z informací systému DWS a řídicí jednotky motoru ovládací signály pro vysokotlaký elektromagnetický ventil a pro elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku.

## Montáž a pohon čerpadla

### Montáž

Rotační vstřikovací čerpadlo s radiálními písty je montováno přes přírubu přímo ke vznětovému motoru. Aby se u přípojek vstřikovacích vedení zamezilo záměně u označení jednotlivých válců motoru, jsou vývody rotačního vstřikovacího čerpadla označeny podle počtu válců s A, B, ..., F. Rotační vstřikovací čerpadla s radiálními písty jsou zvláště vhodná pro motory až se šesti válci.

### Pohon

Hnací hřídel rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty je poháněna jednotkou přizpůsobenou příslušné konstrukci motoru. U čtyřtaktních motorů činí otáčky poháněcí hřídele čerpadla polovinu otáček klikového hřídele a odpovídají tedy přesně otáčkám vačkové hřídele vznětového motoru. Pohon vstřikovacího čerpadla je přizpůsoben pohybu pístu. Synchronizovaný chod motoru a čerpadla je zaručen propojením pomocí řetězu, ozubených kol, ozubených řemenů nebo zásuvných pastorek.

### Nízkotlaká část

Nízkotlaká část zajišťuje dostatek paliva pro vysokotlakou část. Důležitými komponenty jsou křídlové podávací čerpadlo, tlakový regulační ventil a přepouštěcí škrticí ventil (obrázek 2).

### Křídlové podávací čerpadlo

V rotačním vstřikovacím čerpadle s radiálními písty je umístěno křídlové podávací čerpadlo na hřídeli pohonu (obrázek 3). Mezi vnitřní stěnou tělesa a jako uzávěr sloužícím opěrným kroužkem je uložen excentrický prstenec (3) s profilovanou vnitřní dosedací plochou. Ve vnitřní stěně tělesa jsou umístěny dva výřezy, které umožňují přítok (4) do čerpadla a odtok (7) z čerpadla. Ty se označují díky jejich tvaru jako „sací ledvina,“ popř. „výtlačná ledvina,“

## Rotační vstřikovací čerpadlo s radiálními písty VR

Uvnitř prstence se pohybuje kolo s křídélky (2), které je poháněno přes ozubení na hřídele pohonu (1). Ve vodicích drážkách křídlového kola jsou vedeny pružinami vytlačovaná křídélka (5), ta jsou díky účinkům odstředivých sil přitlačována směrem ven na dosedací prstenec. Prostor označovaný jako „komora“ (6) je vytvořen následujícími prvky (obrázek 3):

- vnitřní stěna tělesa,
- opěrný prstenec,
- profilovaná vnitřní oběžná plocha prstence,
- vnější plocha křídlového kola a
- dvě sousední křídélka.

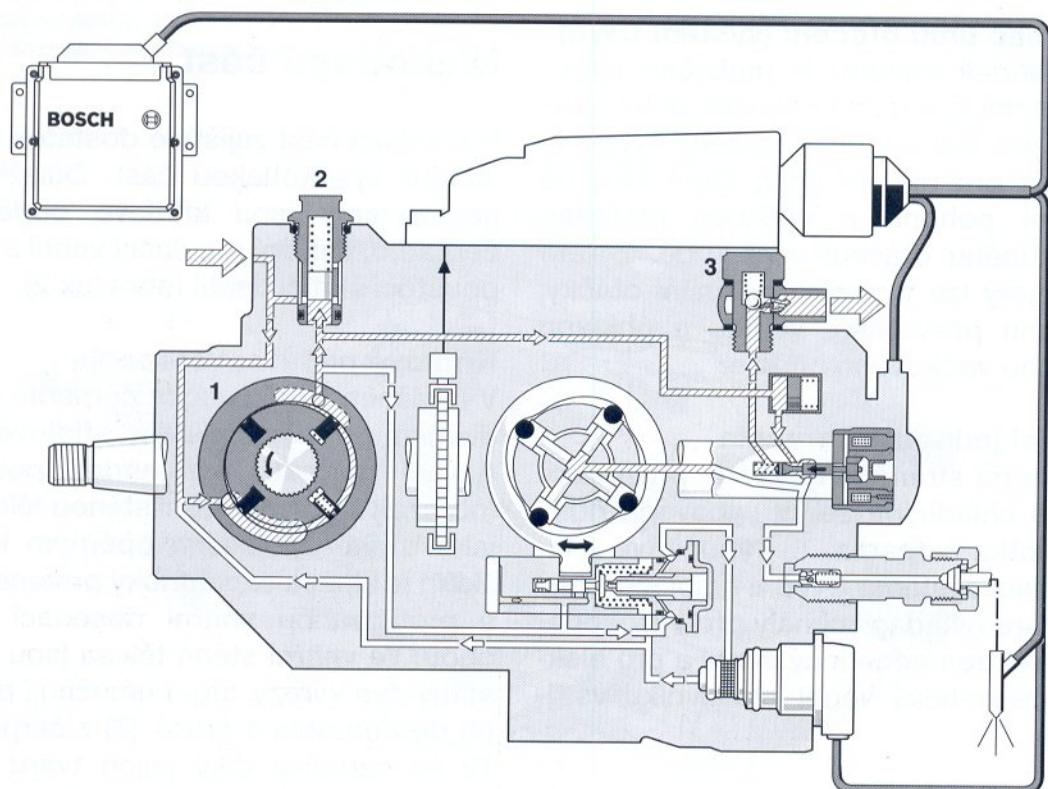
Palivo, které se dostane přes přítokový otvor do tělesa a interním propojením až do sací ledviny a do komory, se otáčením křídlového kola transportuje ve směru k vytlačné ledvině. Objem komory se díky profilované, excentricky umístěné vnitřní dosedací ploše prstence při otáčení zmenšuje a palivo je stlačo-

váno. Zmenšení objemu umožní silný vzrůst tlaku paliva až do okamžiku odtoku vytlačné ledvinou. Z vytlačné ledviny jsou prostřednictvím vnitřních propojení v tělese zásobovány „natlakovaným palivem“, různé konstrukční skupiny. Tímto propojením se tlak také dostává k ventilu pro regulaci tlaku. Potřebná úroveň tlaku u rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty je relativně vysoká v porovnání s jinými rotačními vstřikovacími čerpadly. V důsledku tohoto vysokého tlaku mají křídélka (5) otvor ve středu čelní plochy, proto klouže po profilu dosedacího prstence vždy pouze jedna čelní hrana. Tím je zamezeno tomu, aby byla celá čelní plocha křídélka vystavena tlaku, což by mělo za následek nepožadovaný radiální pohyb. Při změně z jedné hrany na druhou (např. z přítoku na výtok) se může tlak působící na čelní plochu křídélka převést otvorem v křídélku na druhou stranu. Takto proti sobě

Obrázek 2: Nízkotlaká část rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty

Pro lepší znázornění jsou některé komponenty znázorněny v pootočené poloze

1 křídlové podávací čerpadlo (pootočeno o 90°), 2 ventil pro regulaci tlaku, 3 přepouštěcí ventil



působící tlakové síly se vyrovnávají a křídélko dosedá na vnitřní plochu prstence prostřednictvím odstředivé síly a síly pružiny tak, jak bylo výše popsáno.

### Ventil pro regulaci tlaku

Tlak paliva vytvářený křídlovým podávacím čerpadlem ve výtlačné ledvině závisí na otáčkách čerpadla. Aby nebyl tento tlak příliš vysoký při vysokých otáčkách, je v bezprostřední blízkosti křídlového podávacího čerpadla umístěn tlakový regulační ventil (pružinou zatížený posuvný ventil, obrázek 4) a ten je otvorem propojen s výtlačnou ledvinou (5). Mění podávací tlak křídlového podávacího čerpadla v závislosti na podávaném množství paliva. Stoupne-li tlak paliva na určitou hodnotu, otevře čelní hrana pístu ventilu (3) radiálně umístěné otvory (4), přes které může palivo protékat zpět kanálkem do sací ledviny (6) křídlového podávacího čerpadla. Pokud tlak paliva klesne, zůstávají radiálně umístěné otvory uzav-

řeny prostřednictvím síly pružiny. Na stavitele předepnutí tlačné pružiny určuje otvírací tlak.

### Přepouštěcí škrticí ventil

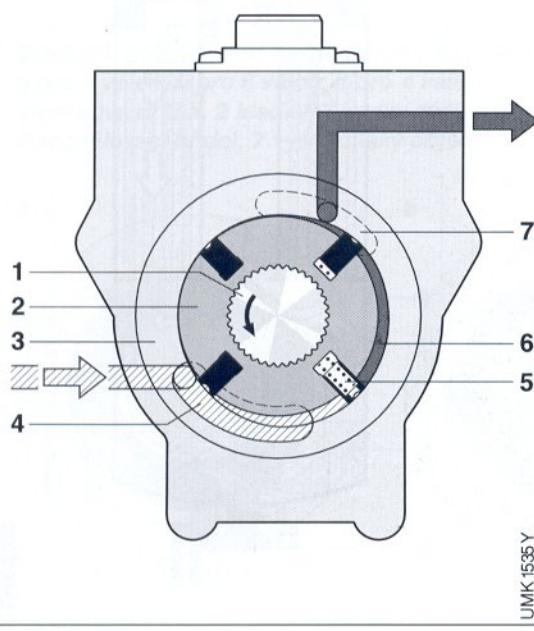
Pro chlazení a odvzdušnění rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty protéká palivo přes přepouštěcí škrticí ventil umístěný na tělese čerpadla zpět do palivové nádrže.

Přepouštěcí škrticí ventil je spojen s přepadem (5) rozdělovací hlavy. Uvnitř tělesa ventilu je pružinou zatížený kuličkový ventil (3), který umožní odtok paliva z čerpadla až při dosažení přednastaveného otvíracího tlaku.

V přítoku do kuličkového ventilu je v tělesu ventilu umístěn otvor, který zajišťuje propojení s přepadem čerpadla prostřednictvím škrticího otvoru (4) s velmi malým průměrem. Toto zaškrbené propojení usnadňuje samočinné odvzdušnění čerpadla. Celý nízkotlaký okruh čerpadla je přizpůsoben tak, aby přes přepad čerpadla odtékal zpět do

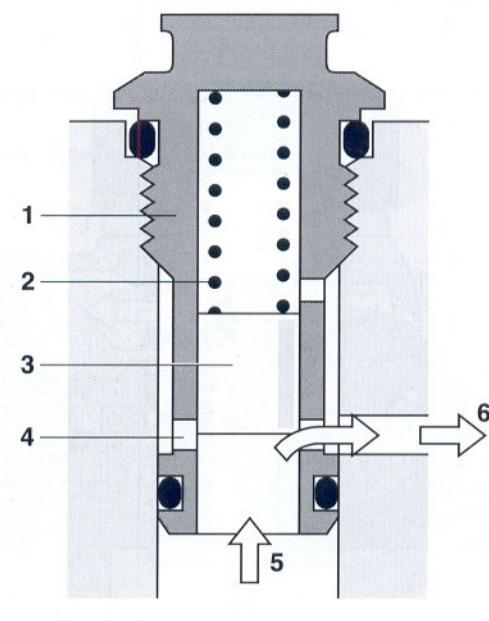
Obrázek 3: Křídlové podávací čerpadlo

- 1 Hnací hřidel
- 2 Křídlové kolo
- 3 Excentrický prstenec
- 4 Přítok (sací ledvina)
- 5 Křídlo
- 6 Komora
- 7 Výtok (výtlačná ledvina)



Obrázek 4: Ventil pro regulaci tlaku

- 1 Těleso ventilu
- 2 Tlačná pružina
- 3 Píst ventilu
- 4 Otvor (umístěn radiálně)
- 5 z výtlačné ledviny
- 6 do sací ledviny



palivové nádrže definované množství paliva (obrázek 5).

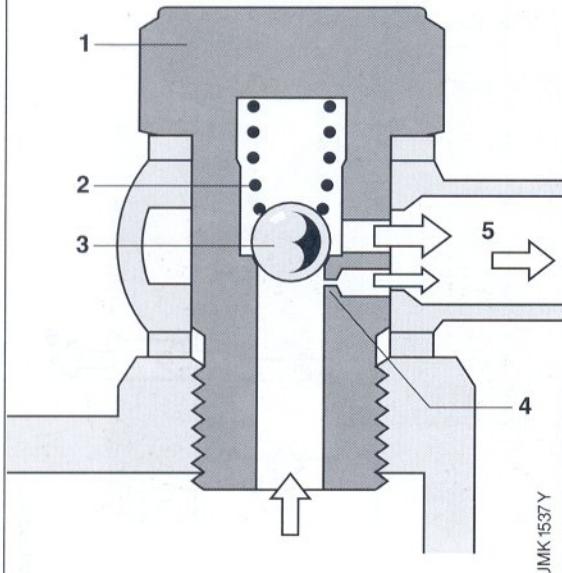
### Palivový filtr

Použití palivového filtru speciálně přizpůsobeného požadavkům vstříkovací soustavy je předpokladem pro bezporuchový provoz, protože nečistoty v palivu mohou vést k poškození komponentů čerpadla, výtlacných ventilů a vstříkovacích trysek. Palivo může obsahovat vodu ve vázané (emulze) nebo nevázané formě (např. kondenzovaná voda v důsledku změny teploty). Pokud se tato voda dostane do systémů vstříkování, může dojít k poškození na základě vzniku koroze.

Systém vstříkování s rotačním vstříkovacím čerpadlem s radiálními písty potřebuje proto stejně jako jiné systémy vstříkování palivový filtr s papírovou vložkou a s prostorem pro shromažďování vody (obrázek 6), který lze otevřením šroubu pro vypuštění vody v odpovídajících intervalech vyprazdňovat.

Obrázek 5: Přepouštěcí ventil

- 1 Těleso ventilu
- 2 Tlačná pružina
- 3 Kuličkový ventil
- 4 Škrticí otvor
- 5 do přepadu



## Vysokotlaká část

Ve vysokotlaké části (obrázek 7) dochází vedle vytváření vysokého tlaku také k rozdělování a odměřování paliva s řízením počátku dodávky, k tomu je potřebný pouze jeden nastavovací člen (vysokotlaký elektromagnetický ventil).

### Vytváření vysokého tlaku pomocí vysokotlakého čerpadla s radiálními písty

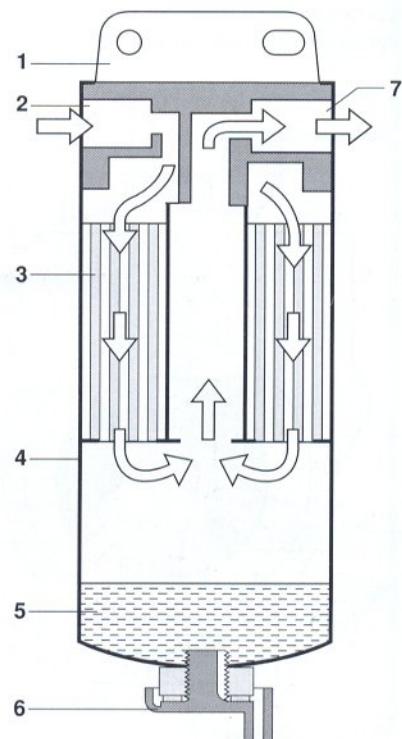
Vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty vytváří tlak potřebný pro vstříkování (cca 1000 barů na straně čerpadla). Čerpadlo je poháněno hnacím hřídelem a sestává z (obrázek 8):

- unašeče,
- patek kladek (4) s kladkami (2),
- prstence s vačkami (1),
- podávacích pístů (5) a
- přední části (hlavy) rozdělovacího hřídele (6).

Otočný pohyb hřídele pohonu je prostřednictvím unašeče přenášen přímo na rozdělovací hřídel, protože unašeč zapadá do vodicích zárezů umístěných

Obrázek 6: Palivový filtr

- 1 viko filtru
- 2 přítok paliva
- 3 papírová vložka filtru
- 4 těleso
- 5 prostor k hromadění vody
- 6 šroub k vypouštění vody
- 7 výtok paliva



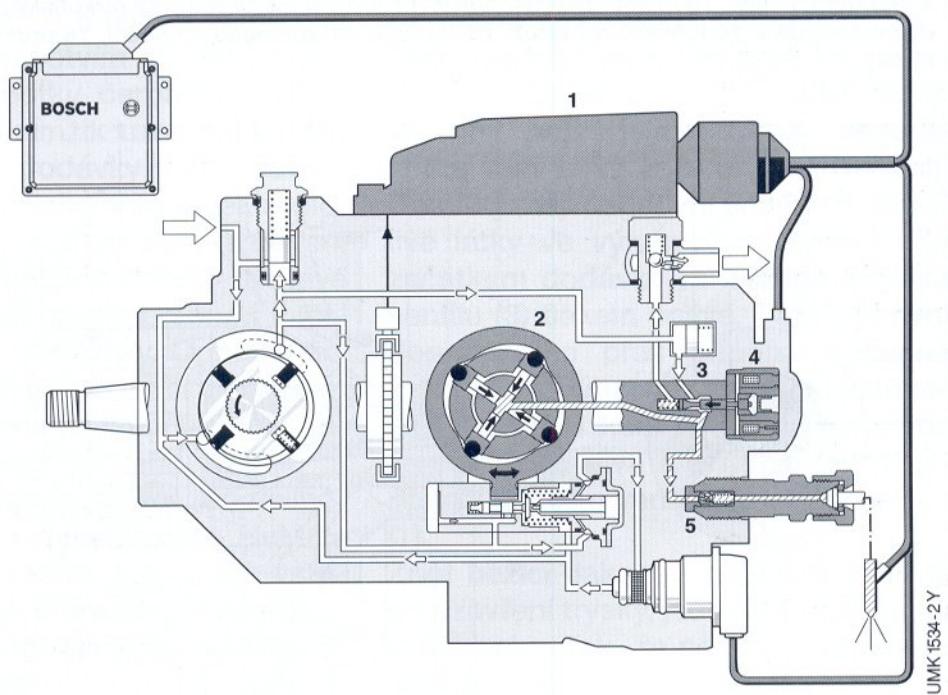
radiálně na konci hřídele pohonu. Vodicí zářezy (3) slouží současně k uchycení patek kladek (4), které společně se zde uloženými kladkami (2) probíhají po vnitřní vačkové dráze prstence s vačkami (1) umístěného kolem hřídele pohonu. Vnitřní vačková dráha má vyvýšené vačky, jejich počet je přizpůsoben počtu válců motoru. V hlavě rozdělovacího hřídele jsou radiálně vedeny podávací písty (proto také označení „vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty“).

Podávací písty jsou opřeny o patky kladek a pohybují se proto odpovídajíc průběhu zdvihu na vačkové dráze. Vyvýšenými vačkami jsou stlačovány a komprimují palivo v centrálním vysokotlakém prostoru (7). Podle počtu válců a použití existují provedení se 2, 3 nebo 4 podávacími pisty (obrázek 8a, b, c).

**Obrázek 7: Vysokotlaká část rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty**

Pro lepší znázornění jsou některé komponenty znázorněny v pootočené poloze

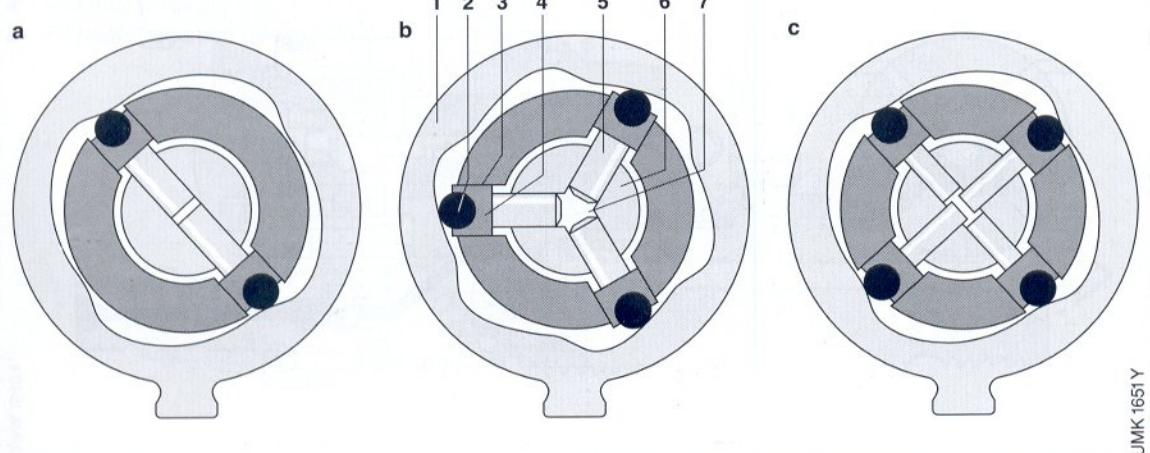
**1** řídicí jednotka, **2** vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty (pootočeno o 90°), **3** těleso rozdělovací hlavy, **4** vysokotlaký elektromagnetický ventil, **5** hrdlo výtlacné trubky.



**Obrázek 8: Přiřazení podávacích pístů vysokotlakého čerpadla s radiálními písty (příklady).**

**a** pro 4 válců, **b** pro 6 válců, **c** pro 4 válce

**1** vačková dráha, **2** kladky, **3** vodící zářez hřídele pohonu, **4** patka kladek, **5** podávací píst, **6** rozdělovací hřídel, **7** vysokotlaký objem.



## Rozdělování paliva pomocí rozdělovací hlavy

Rozdělovací hlava sestává z (obrázek 9):

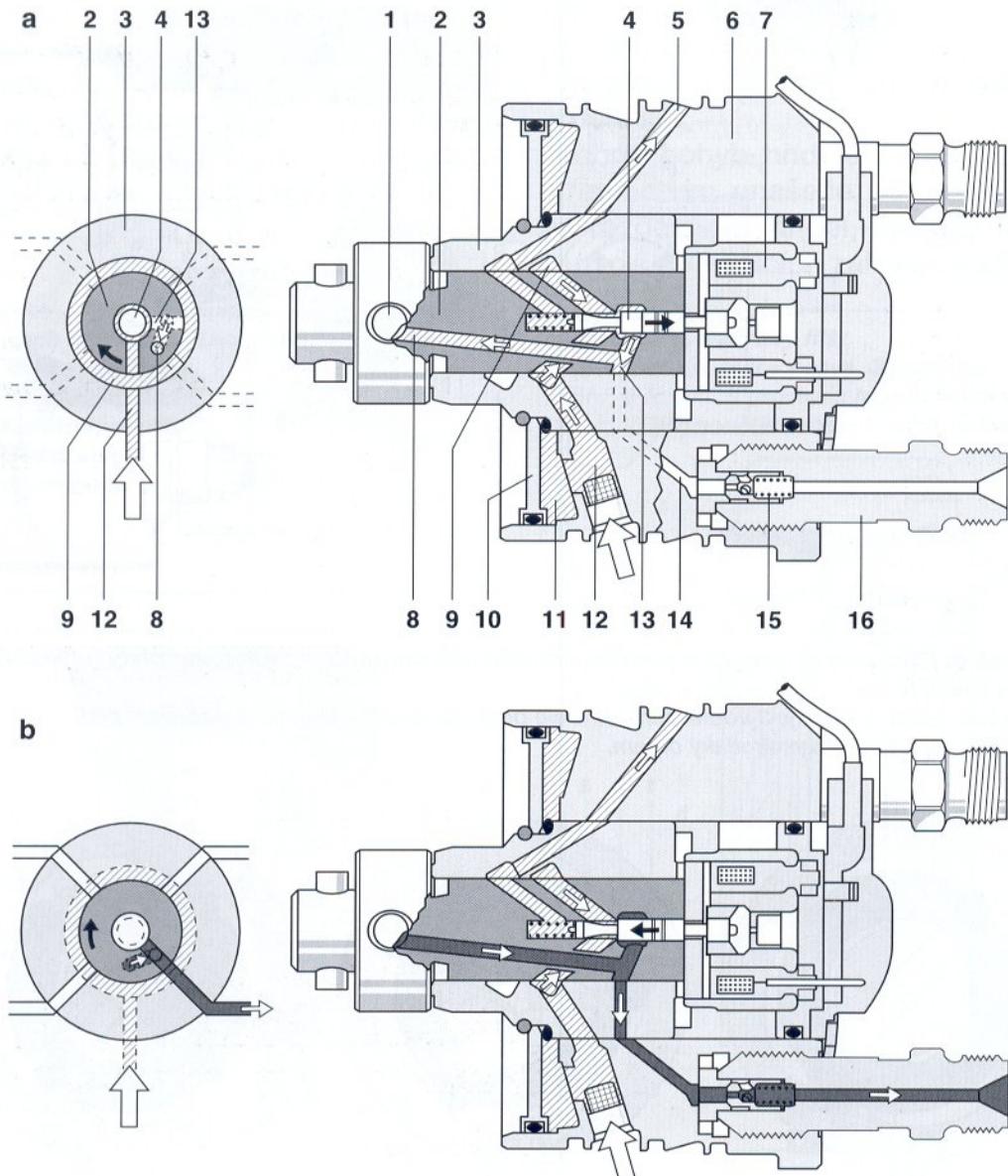
- příruby (6),
- do příruby vloženého řidicího pouzdra (3),
- v řidicím pouzdře vedené zadní části rozdělovacího hřídele (2),
- ventilové jehly (4) vysokotlakého elektromagnetického ventilu (7),
- membrány zásobníku (10) a
- hrídla výtláčné trubky (16) se škrticím zpětným ventilem (15).

Ve fázi plnění (obrázek 9a) během zpětného chodu vačky jsou podávací písty (1) při otevřené jehle ventilu (4) přitlačovány směrem ven. Přes nízkotlaký přítok (12), kruhový kanálek (9) a jehlu ventilu (4) proudí palivo z podávacího čerpadla do rozdělovací hlavy a plní vysokotlaký prostor (8). Přebytečné palivo odtéká přes přepad paliva (5).

V podávací fázi (obrázek 9b) jsou podávací písty (1) při uzavřené jehle ventilu (4) tlačeny vačkami směrem dovnitř.

Obrázek 9: Těleso rozdělovací hlavy.

a fáze plnění, b fáze dodávky, 1 podávací píst, 2 rozdělovací hřídel, 3 řidící pouzdro, 4 jehla ventilu, 5 zpětné vedení paliva, 6 příruba, 7 vysokotlaký elektromagnetický ventil, 8 vysokotlaký objem, 9 kruhový kanálek, 10 membrána zásobníku, 11 prostor membrány, 12 nízkotlaký přítok, 13 rozdělovací drážka, 14 vysokotlaký výtok, 15 škrticí ventil zpětného proudění, 16 připojka výtláčné trubky.



Tím bude palivo, které se nachází v nyní uzavřeném vysokotlakém prostoru (8) stlačeno. Přes rozdělovací drážku (13), která se propojí při otočném pohybu rozdělovací hřídele (2) s vysokotlakým výtokem (14), se dostane palivo pod tlakem přes přípojku výtlačné trubky (16) se škrticím zpětným ventilem (15), výtlačné vedení a držák trysky do vstřikovací trysky, zde se vstříkuje do spalovacího prostoru motoru.

### Odměřování paliva pomocí vysokotlakého elektromagnetického ventilu

Vysokotlaký elektromagnetický ventil (obrázek 9, poz. 7) s jehlou ventilu (4) uzavírá prostřednictvím řídicího impulu z řídící jednotky čerpadla v dolní úvrati vačky. Okamžik uzavření ventilu určuje počátek dodávky vstřikovacího čerpadla. Prostřednictvím elektronického rozpoznání okamžiku uzavření (BIP Begin of Injection Period) dostává řídící jednotka čerpadla přesnou informaci o počátku dodávky. Odměřování paliva je uskutečněno mezi počátkem dodávky a koncem ovládání vysokotlakého elektromagnetického ventilu a označuje se jako „trvání dodávky“. Doba uzavření vysokotlakého elektromagnetického ventilu tak určuje vstřikovanou dávku. Otevřením vysokotlakého elektromagnetického ventilu je ukončena dodávka s vysokým tlakem. Prebytečné palivo, které je podáváno

až do horní úvrati vačky, se dostává do membránového prostoru. Vysoké špičky tlaku, které přitom vznikají na nízko-tlaké straně jsou zatlumeny membránou zásobníku. Kromě toho podporuje v membránovém prostoru uložené množství paliva proces plnění pro další vstřikování.

Pro zastavení motoru se vysokotlaká dodávka pomocí vysokotlakého elektromagnetického ventilu zcela přeruší. Proto již není použit přídavný ventil odstavení jako u rotačních vstřikovacích čerpadel VE.

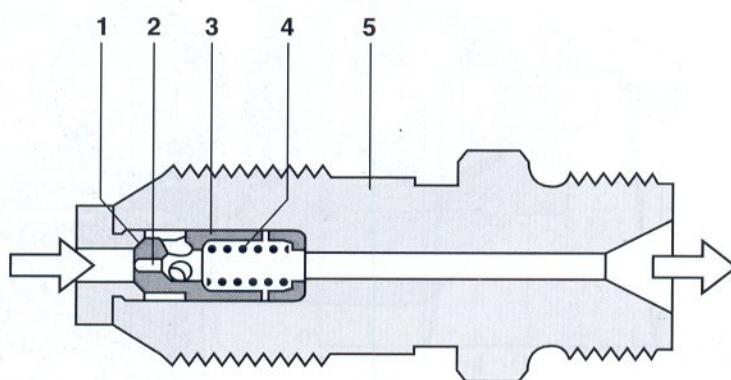
### Zatlumení tlakových vln pomocí škrticího zpětného ventilu

Škrticí zpětný ventil (obrázek 10) zamezuje, aby na konci vstřiku vzniklé tlakové vlny popř. jejich odrazy nevedly k otevření jehly trysky (dostřikování). Dostříky mají negativní účinky na škodlivé látky ve výfukových plynech. Se začátkem dodávky se zvedne kuželka ventilu (3) tlakem paliva. Palivo je nyní dopravováno přes přípojku výtlačné trubky (5) a výtlačné vedení do vstřikovací trysky S koncem dodávky naráz klesne tlak paliva a pružina ventilu (4) přitlačí kuželku ventilu do sedla ventilu (1).

Zpět běžící tlakové vlny, které vznikají při uzavření trysky, jsou nyní tryskou (2) redukovány tak, že nemohou vniknout škodlivé odrazy tlakových vln.

**Obrázek 10: Škrticí ventil zpětného proudění (integrován v přípojce výtlačné trubky).**

- 1 Sedlo ventilu
- 2 Tryska
- 3 Kuželka ventilu
- 4 Průduška ventilu
- 5 Přípojka výtlačné trubky



# Přesuvník vstříku

## Úloha

Při konstantním počátku vstříku a stoupajících otáckách motoru se zvětšuje úhel klikové hřídele mezi počátkem vstříku a počátkem spalování, proto dochází k počátku spalování ve správném okamžiku (ve vztahu k poloze pístu motoru).

Nejvhodnější spalování a nejlepší výkon vznětového motoru se však dosáhnou pouze při určité poloze klikového hřídele popř. pístu. Přesuvník vstříku, sestávající ze snímače úhlu otočení, vlastního přesuvníku a elektromagnetického ventilu pro ovládání přesuvníku vstříku, má za úkol přesunout počátek dodávky vstříkovacího čerpadla se stoupajícími otáckami proti klikovému hřídeli vznětového motoru. Tato jednotka optimálně přizpůsobuje okamžik vstříku k provoznímu stavu motoru tím,

že kompenzuje časový posuv podmíněný prodlevou vstříku a vznícení (obrázek 1). Příklad průběhu pracovních dob ukazují obrázky 2 až 4:

Počátek dodávky (FB) leží za okamžikem uzavření vysokotlakého elektromagnetického ventilu. Vytváří se vysoký tlak paliva ve vysokotlakém palivo-vém vedení. Tento tlak na straně trysky  $p_D$  (obrázek 3) otevírá jehlu vstříkovací trysky při dosažení otvíracího tlaku trysky a vede k počátku vstříku (SB).

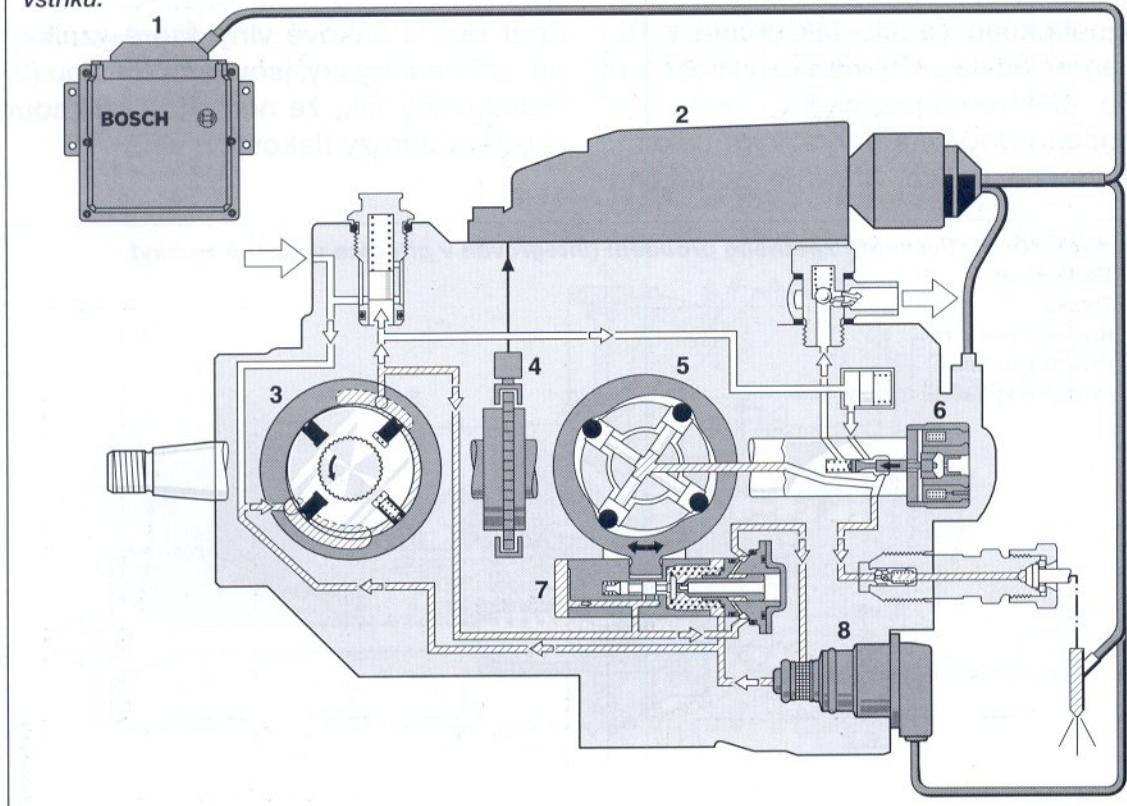
Čas mezi počátkem dodávky a počátkem vstříku se nazývá prodleva vstříku (SV). Stoupá-li tlak ve spalovacím prostoru motoru (obrázek 2) ještě výše, zahájí se spalování (VB). Časový interval mezi počátkem vstříku a spalováním je průtah vznícení (ZV).

Když se znova otevře vysokotlaký elektromagnetický ventil, poklesne vysoký tlak paliva (konec dodávky); jehla trysky se uzavře (konec vstříku SE).

Obrázek 1: Přesuvník vstříku v rotačním vstříkovacím čerpadle s radiálními písty

Pro zlepšení znázornění jsou některé komponenty pootočeny z hlediska jejich polohy.

1 řídící jednotka motoru, 2 řídící jednotka čerpadla, 3 křidlové dopravní čerpadlo (otočeno o  $90^\circ$ ), 4 snímač úhlu otočení, 5 vysokotlaké čerpadlo s radiálními písty (otočeno o  $90^\circ$ ), 6 vysokotlaký elektromagnetický ventil, 7 přesuvník vstříku (otočen o  $90^\circ$ ), 8 elektromagnetický ventil přesuvníku vstříku.



Potom následuje konec spalování (VE). V procesu dodávky vstřikovacího čerpadla se otvírá vstřikovací tryska tlakovou vlnou, která se šíří ve vysokotlakém palivovém vedení rychlostí zvuku. Šíření tlakové vlny je určeno délkou vstřikovacího vedení a rychlostí zvuku, která v naftě činí cca 1500 m/s. Doba šíření vlny je čas mezi počátkem dodávky a počátkem vstřiku a označuje se také jako prodleva vstřiku (SV).

Prodleva vstřiku je v podstatě nezávislá na otáčkách, se stoupajícími otáčkami se zvětšuje úhel na klikovém hřídeli mezi počátkem dodávky a počátkem vstřiku. V důsledku toho se vstřikovací tryska také otvírá stále později (ve vzáhu k poloze pístů motoru).

Po vstříknutí potřebuje nafta určitý čas, aby přešla do plynného stavu a vytvořila se vzduchem vznícení schopnou směs.

K tomu potřebný časový interval mezi počátkem vstřiku a počátkem spalování je nezávislý na otáckách motoru a u vznětových motorů se nazývá průtah vznícení.

Průtah vznícení je ovlivněn následujícími veličinami:

- schopností vznícení nafty (udána cetanovým číslem),
  - kompresním poměrem,
  - teplotou vzduchu a
  - rozprášením paliva

**Časový interval průtah vznícení činí zpravidla jednu milisekundu.**

**Obrázek 3: Průběh tlaku ve vedení na straně trysky  $p_D$  při plném zatížení a vyšších otáčkách**

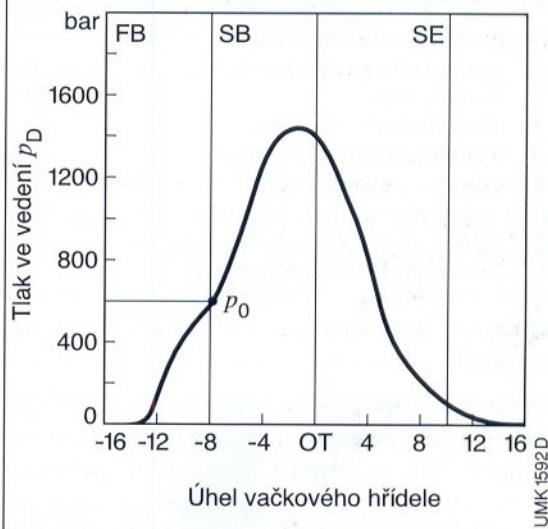
#### **FB počátek dodávky:**

### *SB počátek vstřiku*

*SE konec vstřiku.*

OT horní úvrat'

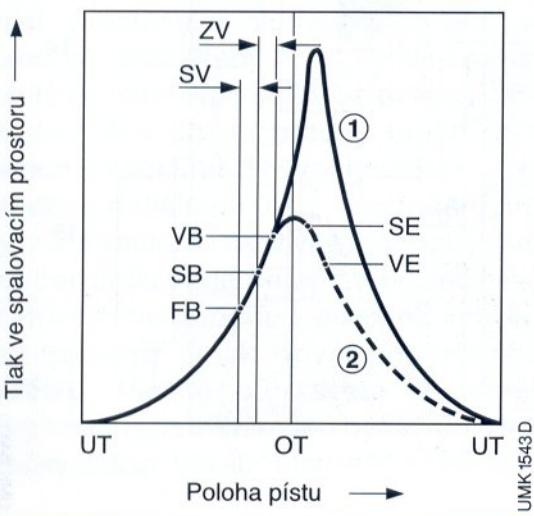
*p<sub>0</sub>* otvírací tlak trysky



**Obrázek 2: Průběh pracovního taktu při plném zatížení a vyšších otáčkách (není v měřítku)**

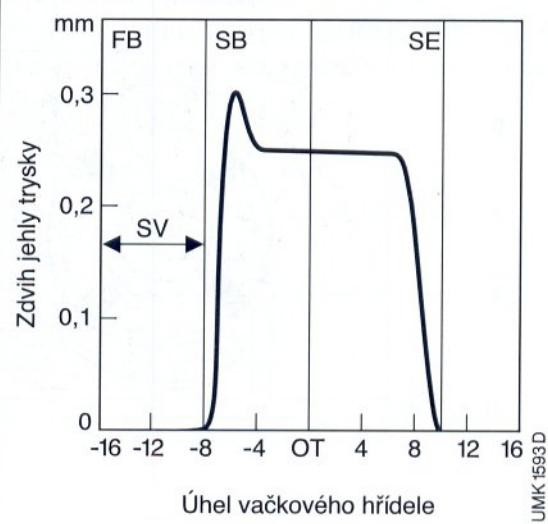
*FB počátek dodávky, SB počátek vstřiku,  
SV prodleva vstřiku, VB počátek spalování,  
ZV průtah vznícení, SE konec vstřiku,  
VE konec spalování.*

① tlak při spalování, ② kompresní tlak,  
UT dolní úvrať, OT horní úvrať



**Obrázek 4: Průběh zdvihu jehly trysky při plném výkonu a vyšších otáčkách**

**FB** počátek dodávky,  
**SB** počátek vstříku,  
**SV** prodleva vstříku,  
**SE** konec vstříku,  
**OT** horní úvrat.



## Konstrukce

Hydraulicky ovládaný přesuvník vstříku je vestavěn v tělese rotačního vstříkovacího čerpadla s radiálními písty na spodní straně, příčně k podélné ose čerpadla (obrázek 5).

Prstenec vaček (1) zasahuje kulovým čepem (2) do příčného otvoru pístu přesuvníku vstříku (3), čímž je převáděn axiální pohyb pístu přesuvníku vstříku na otočný pohyb prstence vaček. Ve středu pístu přesuvníku vstříku je umí-

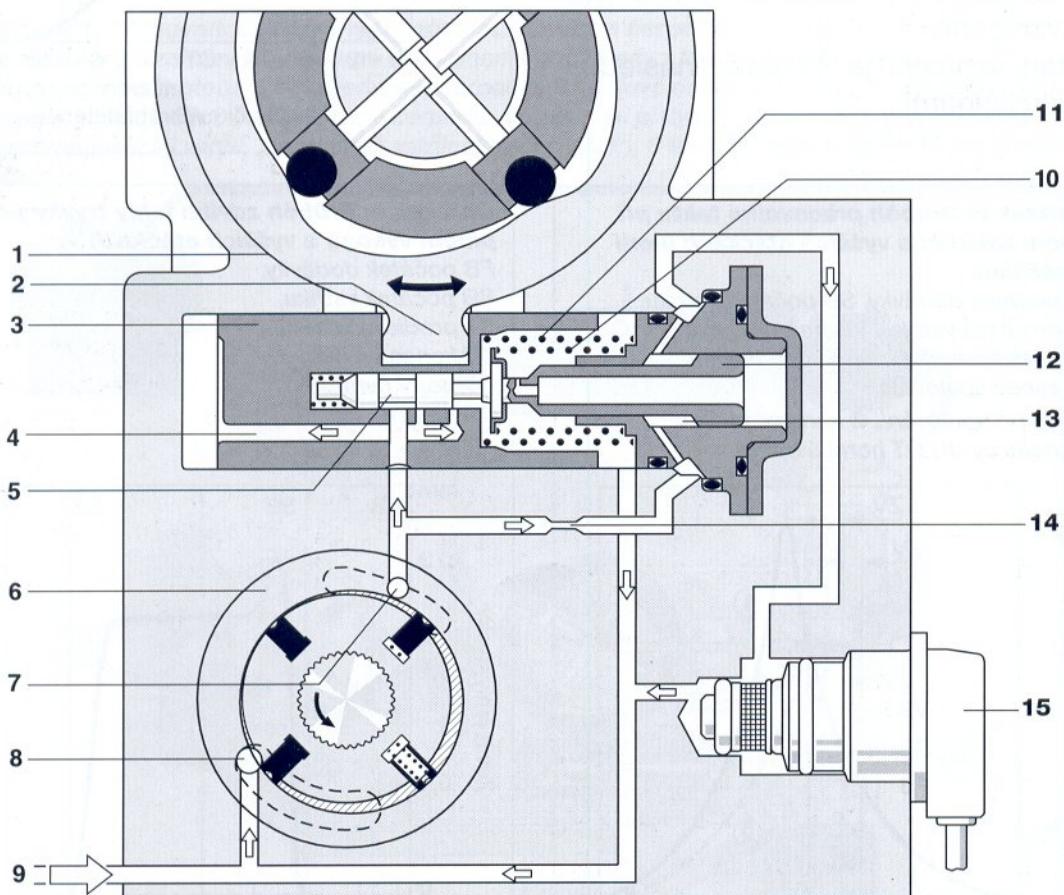
stěno regulační šoupátko (5), které otvírá a zavírá řídicí otvor v pístu přesuvníku vstříku. Ve stejném směru osy leží pružinou předepnutý hydraulický řídicí píst (12), který určuje požadovanou pozici pro regulační šoupátko.

Příčně k ose pístu přesuvníku vstříku je umístěn elektromagnetický ventil přesuvníku vstříku (poz. 15, ve schematickém obrázku 5 vyklopen do roviny přesuvníku vstříku). Ten ovlivňuje tlak u řídicího pístu, když je ovládán z řídicí jednotky čerpadla.

**Obrázek 5: Přesuvník vstříku s elektromagnetickým ventilem přesuvníku vstříku**

Schématicky v jedné rovině

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1 Prstenec s vačkami,                | 9 Přítok z palivové nádrže,                     |
| 2 Kulový čep,                        | 10 Pružina řídicího pístu,                      |
| 3 Píst přesuvníku vstříku,           | 11 Vratná pružina                               |
| 4 Přítokový/odtokový kanál           | 12 Řídicí píst,                                 |
| 5 Regulační šoupátko,                | 13 Kruhový prostor hydraulického dorazu,        |
| 6 Křídlové dopravní čerpadlo,        | 14 Tryska,                                      |
| 7 Výtlak čerpadla (výtláčná strana), | 15 Elektromagnetický ventil přesuvníku vstříku. |
| 8 Přítok čerpadla (strana sání),     |   |



# Princip činnosti

## Regulace počátku vstřiku

Podle provozního stavu motoru (zatížení, otáčky, teplota motoru) vytváří řídící jednotka motoru požadovanou hodnotu pro počátek vstřiku, ta je obsažena v poli charakteristik počátku vstřiku. Regulátor počátku vstřiku v řídící jednotce čerpadla trvale porovnává skutečný počátek vstřiku se zadanou požadovanou hodnotou a při odchylkách mění střídu signálu, kterým je elektromagnetický ventil ovládán. Jako informace o skutečné hodnotě počátku vstřiku má k dispozici signál snímače úhlu otočení nebo alternativně signál snímače pohybu jehly v držáku trysky.

## Vyšší předvstřik

V klidové poloze je píst přesuvníku vstřiku (3) přidržován vratnou pružinou (11) („poloha nižšího předvstřiku“). Během provozu je regulován tlak paliva pomocí ventilu regulace tlaku ve vnitřním prostoru čerpadla v závislosti na otáčkách. Tento tlak paliva působí jako řídící tlak přes trysku (14) na kruhový prostor hydraulického dorazu (13) a posouvá při uzavřeném elektromagnetickém ventilu přesuvníku vstřiku (15) řídící píst (12) proti síle pružiny ve směru „vyšší předvstřik“ (v obrázku 5 doprava). V důsledku toho se posouvá také regulační šoupátko (5) směrem k „vyššímu předvstřiku“, proto se otvírá přítokový kanál (4) za přesuvníkem vstřiku. Nyní může proudit palivo do prostoru za pístem přesuvníku vstřiku a zatlačit píst přesuvníku vstřiku doprava ve směru „vyšší předvstřik“. Axiální pohyb pístu přesuvníku vstřiku se přenáší přes kulový čep (2) na otočný pohyb prstence s vačkami (1) vysokotlakého čerpadla s radiálními písty. Pootočení prstence s vačkami relativně k hřídeli poholu čerpadla vede při zvýšení předstřiku k dřívějšímu náběhu kladek na vyvýšené vačky a tím k dřívějšímu začátku vstřiku. Možné přestavení ve směru zvýšení předstřiku může být až 20° úhlu vačky (odpovídá 40° úhlu klikové hřídele).

## Snížení předvstřiku

Elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku (15) se otvídá, když dostává taktované signály z řídící jednotky čerpadla. V důsledku toho klesá řídící tlak v kruhovém prostoru hydraulického dorazu (13). Řídící píst (12) se pohybuje prostřednictvím síly pružiny ve směru „snížení předvstřiku“ (v obrázku 5 doleva).

Píst přesuvníku vstřiku (3) zůstává nejprve stát. Teprve, když regulační šoupátko (5) otevře řídící otvor do odtokového kanálu, může odtékat palivo z prostoru za pístem přesuvníku vstřiku. Průžina (11) a reakční moment nyní tlačí na píst přesuvníku vstřiku ve směru „snížení předvstřiku“ do výchozí polohy.

## Regulace řídícího tlaku

Rychlejším otvíráním a zavíráním (takováním) jehly elektromagnetického ventilu působí elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku jako proměnná tryska. Dokáže trvale ovládat řídící tlak tak, že řídící píst může zaujmout libovolnou pozici mezi polohami vysokého a nízkého předvstřiku. Přitom se využívá proměnné střídy, tzn. poměru doby otevření k celkové době pracovního taktu jehly elektromagnetického ventilu, tato střída je určena řídící jednotkou čerpadla.

Má-li se například přestavit řídící píst více ve směru „vyššího“ předvstřiku, změní se z řídící jednotky čerpadla střída tak, že se sníží podíl doby pro otevřený stav. Přes elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku odtéká méně paliva a řídící píst se pohybuje ve směru „zvýšení předvstřiku“.

# Řízení systémů s EDC

## Systémové bloky

Elektronická regulace dieselu EDC s rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písty (obrázek 3) je rozčleněna do tří systémových bloků:

1. Snímače a čidla požadované hodnoty pro snímání provozních podmínek a požadovaných hodnot. Převádějí různé fyzikální veličiny na elektrické signály.
2. Řídicí jednotka motoru a řídicí jednotka čerpadla pro zpracování informací podle určitých matematických výpočetních postupů (zpravidla algoritmů) na elektrické výstupní signály.
3. Akční členy pro převod elektrických výstupních signálů řídicích jednotek na mechanické veličiny.

Řídicí jednotky ovládají akční členy pomocí elektrických výstupních signálů přímo přes výkonové koncové stupně nebo předávají tyto signály dalším systémům.

## Snímače

### Snímače teploty

Snímače teploty se používají v několika místech:

- v okruhu chladicí kapaliny, aby bylo možné z teploty chladicí kapaliny odvodit teplotu motoru (obrázek 1),
- v kanálu sání, zde se měří teplota nasávaného vzduchu,
- v motorovém oleji, pro měření teploty oleje a
- ve vstřikovacím čerpadle, pro měření teploty paliva.

Snímače jsou vybaveny teplotně závislými rezistory.

Rezistory mají negativní teplotní koeficient a jsou částí zapojení děliče napětí, který je napájen s 5 V. Úbytek napětí na rezistoru je načítán analogově - digitálním převodníkem a je měřítkem pro teplotu. V mikro-řadiči řídicí jednotky motoru je uložena charakteristika,

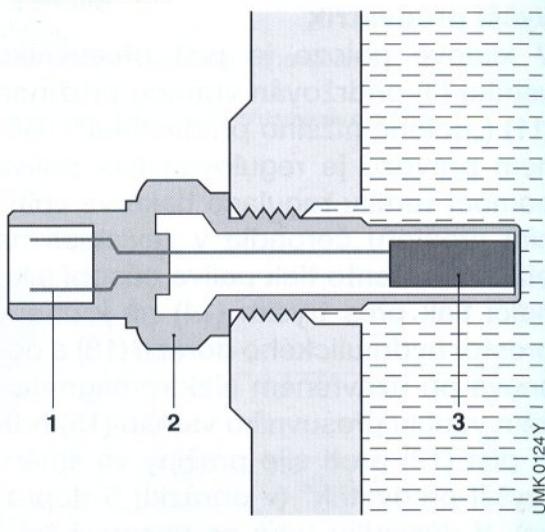
z ní se pro každou hodnotu napětí přiřadí příslušná hodnota teploty (obrázek 2).

### Snímač otáčení klikového hřídele

Poloha pístů ve válcích je rozhodující pro správný okamžik vstřiku. Otáčky udávají počet otáček klikového hřídele za minutu. Tato důležitá vstupní veličina se vypočítává v řídicí jednotce motoru ze signálu indukčního snímače otáček klikového hřídele.

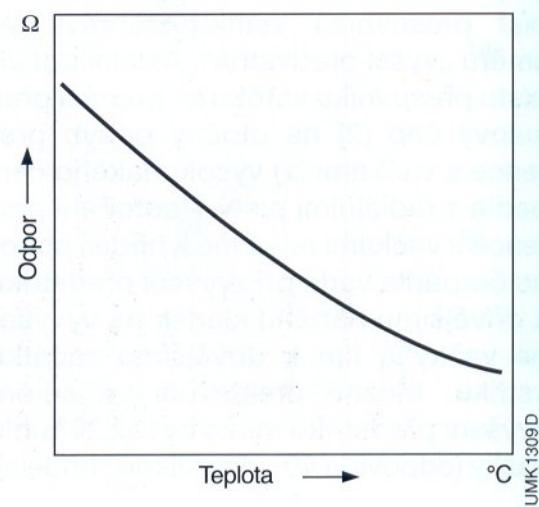
Obrázek 1: Snímač teploty chladicí kapaliny

1 elektrická přípojka, 2 těleso,  
3 rezistor NTC



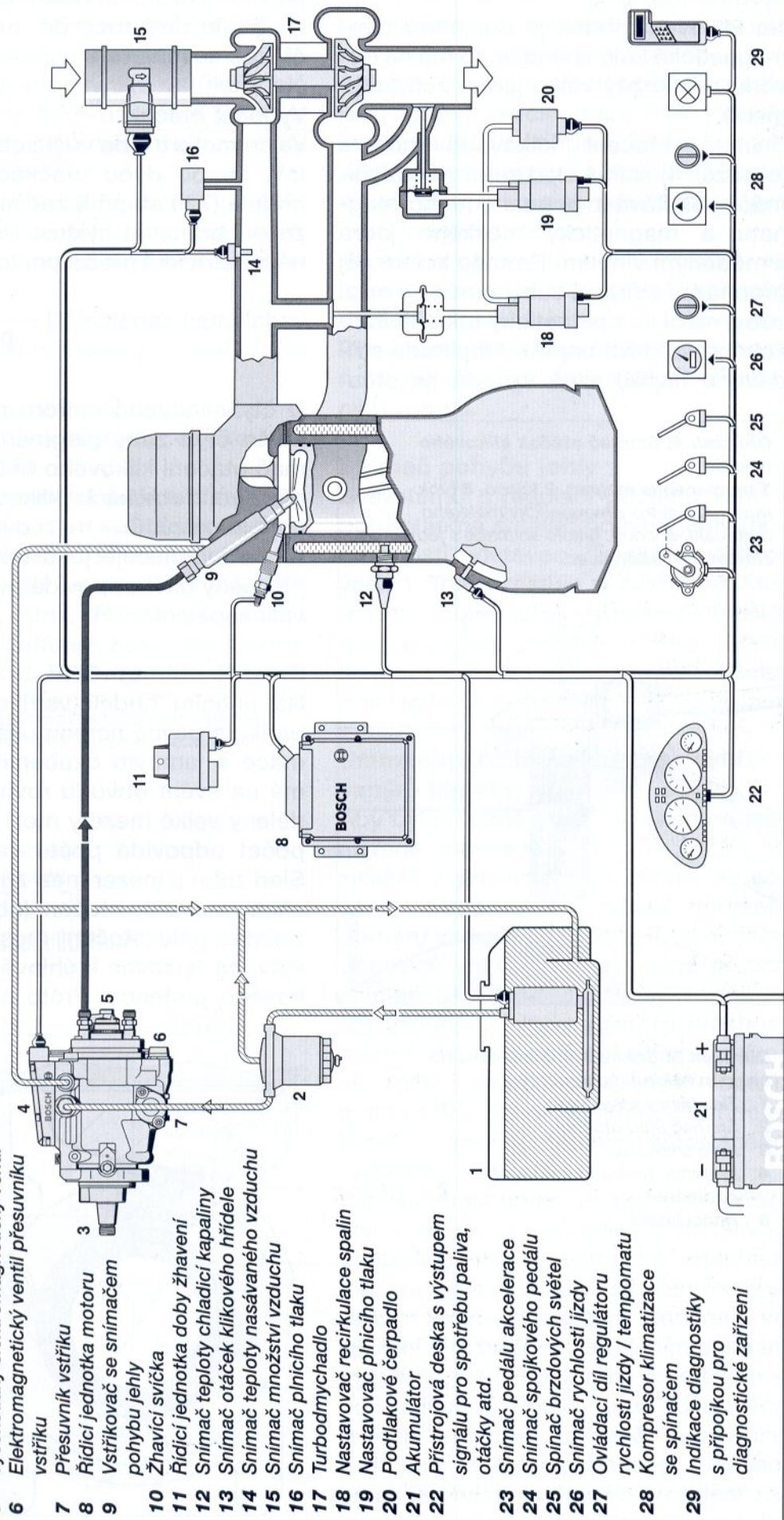
UMK0124 Y

Obrázek 2: Charakteristika snímače teploty (NTC)



UMK1309 D

**Obrázek 3: Přehled systémů vstřikovací soustavy s rotárním vstřikovačem čerpadlem s radiálními písty (VR) a různé komponenty systému**



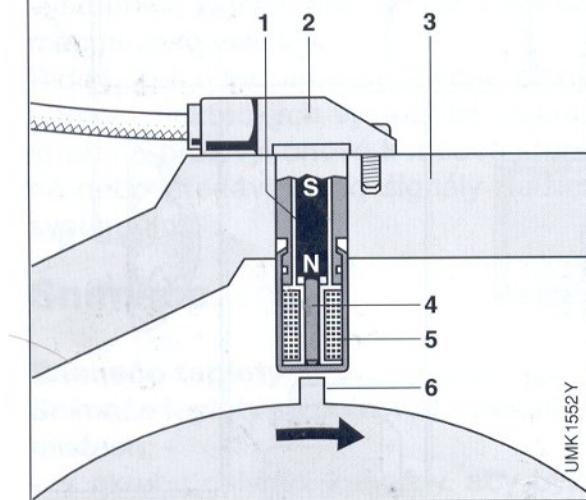
### Vytváření signálu

Na klikovém hřídeli je umístěno feromagnetické kolo snímače, to má na obvodu pro každý válec jeden zub (segment).

Snímač otáčení klikového hřídele (obrázek 4) snímá sled zubů z kola snímače. Sestává z permanentního magnetu a magneticky měkkého jádra s měděným vinutím. Protože kolem něj procházejí střídavě zuby a mezery mezi zuby, mění se magnetický tok a je indikováno střídavé napětí. Amplituda střídavého napětí silně vzrůstá se stou-

**Obrázek 4: Snímač otáček klikového hřídele**

1 permanentní magnet, 2 těleso, 3 blok motoru, 4 jádro z magneticky měkkého materiálu, 5 vinutí, 6 kolo snímače s jedním zubem pro každý válec.



**Obrázek 5: Snímač úhlu otočení na hnacím hřídeli (schematicky)**

- 1 Flexibilní vodivá fólie,
- 2 Snímač úhlu otočení,
- 3 Kolo snímače,
- 4 Prstenec uložení s možností pootočení,
- 5 Hnací hřídel.

pajícími otáčkami. Dostatečná amplituda je k dispozici od minimálně 50 otáček za minutu.

### Výpočet otáček

Válce motoru jsou vůči sobě přesazeny tak, že po dvou otáčkách klikového hřídele (720 stupňů) začíná první válec znova pracovní cyklus. Při rovnomořném rozdelení přesazení to znamená:

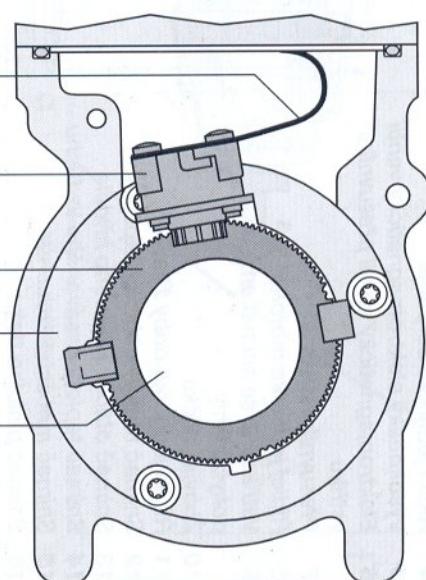
$$\text{vzdálenost zapálení } [{}^\circ] = \frac{720}{\text{počet válců}}$$

U čtyřválcového motoru má kolo snímače čtyři zuby (segmenty), tzn. snímač otáčení klikového hřídele dostává při dvou otáčkách klikového hřídele osm impulzů. Čas mezi dvěma impulzůmi se také označuje jako čas segmentu, příslušný úhel odpovídá polovině intervalu zapálení.

### Snímač úhlu otočení

Na hnacím hřídeli vstříkovacího čerpadla je pevně namontováno kolo snímače s jemným ozubením. Toto kolo má na svém obvodu rovnomořně rozdeleny velké mezery mezi zuby, jejichž počet odpovídá počtu válců motoru. Sled zubů a mezer mezi zuby je snímán snímačem úhlu otočení (obrázek 5).

Snímač úhlu otočení musí svůj signál vytvářet relativně k úhlové poloze vačkového prstence. Proto není upevněn



pevně jako kolo snímače, ale otočně na hřídeli pohonu vstřikovacího čerpadla a je společně otáčen s prstencem vaček při pohybech přesuvníku vstřiku (celé uspořádání se také označuje jako inkrementální systém měření úhlu a času IWZ).

Signál snímače úhlu otočení je přes flexibilní vodivou fólii přenášen uvnitř vstřikovacího čerpadla do řídicí jednotky čerpadla.

Signál DWS se využívá pro následující účely:

- určení momentální úhlové pozice,
- měření aktuálních otáček vstřikovacího čerpadla a
- určení momentální pozice přestavení přesuvníku vstřiku (skutečná pozice).

Momentální úhlová pozice určuje ovládací signál pro vysokotlaký elektromagnetický ventil. Pouze při úhlovém správném ovládání je zaručeno, že dojde při odpovídajícím zdvihu vačky jak

k uzavření, tak také k otevření vysokotlakého elektromagnetického ventilu ve správném okamžiku (obrázek 6).

Aktuální otáčky vstřikovacího čerpadla jsou vstupní veličinou pro řídicí jednotku čerpadla. Pro případ, že dojde k závadě snímače otáček klikového hřídele, slouží také jako náhradní otáčky pro řídicí jednotku motoru.

Skutečná pozice přesuvníku vstřiku se určuje porovnáním signálů snímače otáček klikového hřídele a úhlové polohy snímače úhlu otočení. Tato hodnota je potřebná pro regulaci přesuvníku vstřiku.

### **Snímač pohybu jehly**

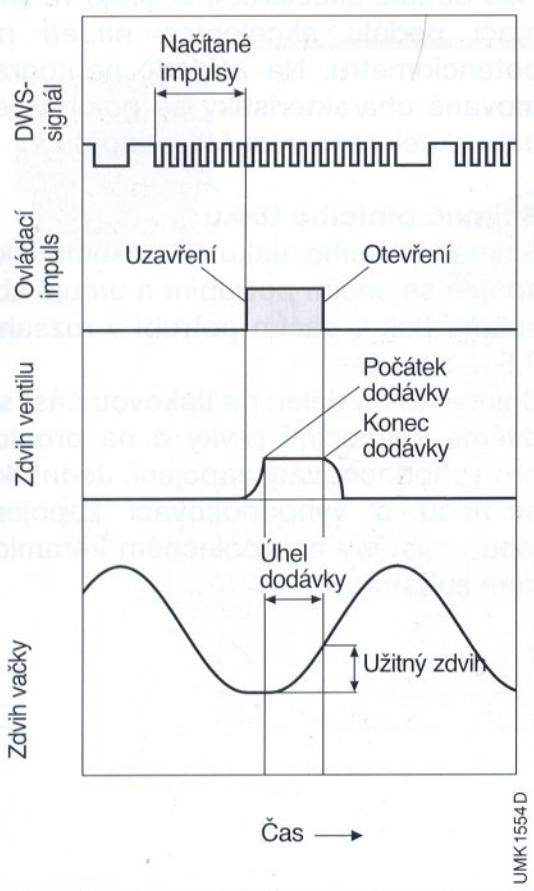
U systémů s regulací počátku vstřiku potřebujeme snímač pohybu jehly (podrobnosti odstavec „Trisky a vstřikovače“). Tento zjišťuje okamžik, ve kterém se otevře jehla vstřikovací trysky: toto je potom začátek vstřiku. Signál snímače pohybu jehly je zpracováván řídicí jednotkou motoru.

### **Snímač množství vzduchu s vyhřívaným filmem**

Aby bylo možné dodržet zákonem stanovené maximální hodnoty emisí, je zvláště v přechodovém režimu spalovacího motoru nutné přesné dodržení poměru vzduchu a paliva. K tomu jsou potřebné snímače, které velmi přesně snímají skutečně nasávaný hmotový tok vzduchu. Přitom nesmějí přesnost měření snímače zatížení ovlivnit pulzace, zpětné proudění, recirkulace spalin a variabilní řízení vačkového hřídele, jakož i změny teploty nasávaného vzduchu.

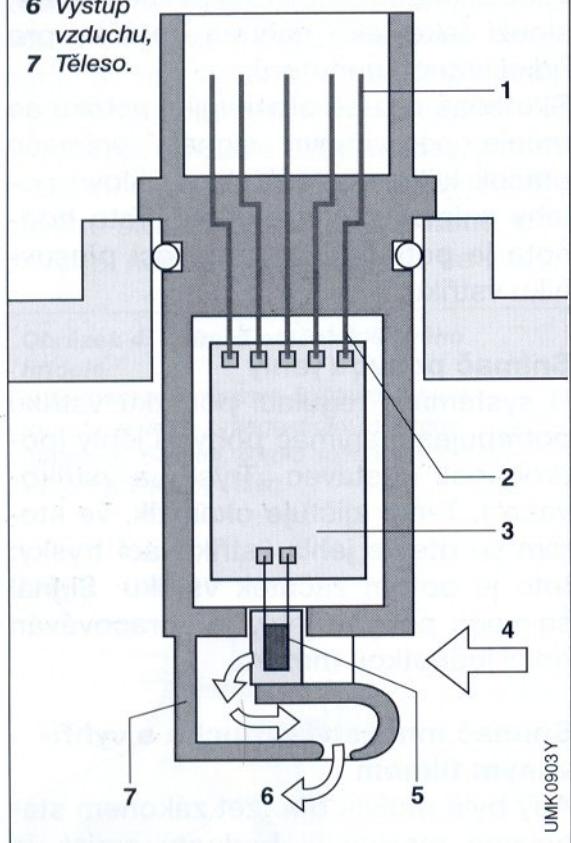
Vyhřívanému prvku ve snímači množství vzduchu s vyhřívaným filmem je odebráno teplo protékajícím vzduchem (obrázky 7 a 8). Měřicí systém realizovaný v mikro-mechanice umožňuje ve spojení s hybridním zapojením snímání množství vzduchu včetně směru proudu vzduchu. Přitom jsou zjišťována zpětná proudění u silně pulzujícího vzduchu. Mikro-mechanický snímací prvek je umístěn v kanále proudění zásvuného snímače (obrázek 7, poz. 5).

**Obrázek 6: Vytvoření ovládacích signálů pro vysokotlaký elektromagnetický ventil (příklad)**



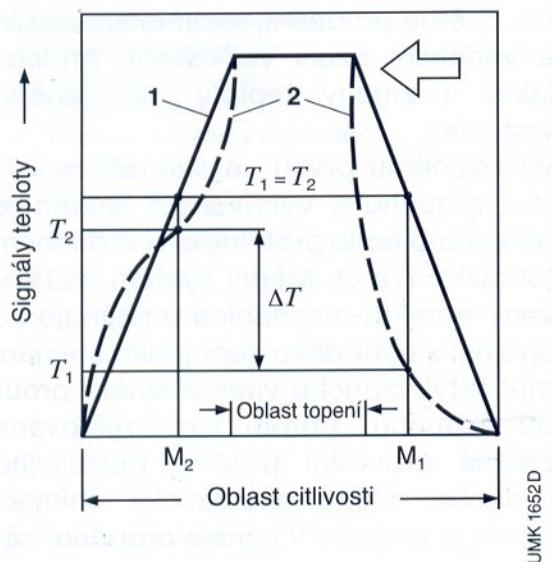
Obrázek 7: Snímač měřiče množství vzduchu s vyhřívaným filmem

- 1 Elektrické připojky,
- 2 Elektrické propojení,
- 3 Vyhodnocovací elektronika (hybridní zapojení),
- 4 Vstup vzduchu
- 5 Prvek snímače
- 6 Výstup vzduchu,
- 7 Těleso.



Obrázek 8: Měřič množství vzduchu s vyhřívaným filmem (princip měření)

- 1 Teplotní profil bez proudění,
- 2 Teplotní profil s prouděním,
- $M_1, M_2$  měřicí body,  $T_1, T_2$  teplotní signál,
- $\Delta T$  teplotní rozdíl udává měřicí signál.



Zásuvný snímač může být instalován ve vzduchovém filtru nebo v měřicí trubici ve vedení vzduchu. Podle nutného maximálního průtoku vzduchu pro spalovací motor existují různé velikosti měřicích trubic. Průběh napětí signálu v závislosti na množství vzduchu je rozdělen na oblast signálů pro proudění vzad a vpřed. Pro zvýšení přesnosti měření je měřicí signál vztaven k referenčnímu napětí vytvářenému řídicí jednotkou motoru. Charakteristika je upravena tak, že např. při diagnostice v dílně lze zjistit přerušení vedení pomocí řídicí jednotky motoru. Pro určení teploty nasávaného vzduchu může být také integrován snímač teploty.

### Snímač pedálu akcelerace

Na rozdíl od konvenčních rotačních nebo řadových vstřikovacích čerpadel není u systému EDC přenášen požadavek řidiče na akceleraci do vstřikovacího čerpadla pomocí lanka nebo táhla, ale je snímán snímačem pedálu akcelerace a předáván do řídicí jednotky motoru (označuje se také jako „elektronický pedál plynu“). V závislosti na poloze pedálu akcelerace vznikne ve snímači pedálu akcelerace napětí na potenciometru. Na základě naprogramované charakteristiky se poloha pedálu akcelerace vypočte z napětí.

### Snímač plnicího tlaku

Snímač plnicího tlaku je pneumaticky spojen se sacím potrubím a určuje absolutní tlak v sacím potrubí v rozsahu 0,5 ... 3 bary.

Snímač je rozdělen na tlakovou část se dvěma snímacími prvky a na prostor pro vyhodnocování zapojení. Jednotky snímačů a vyhodnocovací zapojení jsou umístěny na společném keramickém substrátu.

Snímací prvek sestává z membrány ve tvaru zvonu, ta obklopuje referenční objem s určitým vnitřním tlakem. Podle velikosti plnicího tlaku je membrána různě vychýlená.

Na membráně jsou umístěny „piezoresistivní“ rezistory, jejich vodivost se mění v důsledku mechanického pnutí. Tyto rezistory jsou zapojeny do můstku, proto vede vychýlení membrány ke změně vyvážení můstku. Můstkové napětí je proto mírou pro plnicí tlak.

Vyhodnocovací zapojení má za úkol zesílit napětí můstku tak, aby se kompenzovaly teplotní vlivy a linearizovala tlaková charakteristika. Výstupní signál zapojovacího zapojení je přiváděn do řídicí jednotky motoru. Pomocí naprogramovaných charakteristik se vypočte plnicí tlak ze změřeného napětí.

## Řídicí jednotky

### Podmínky použití

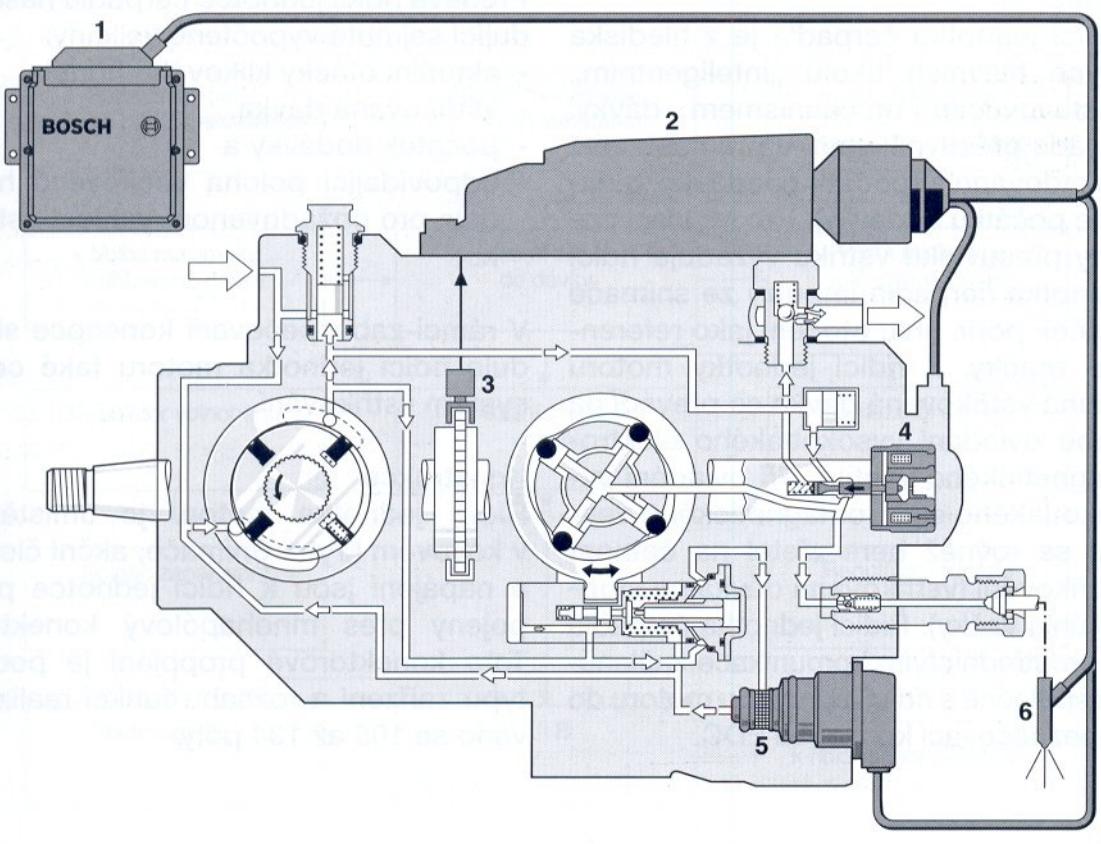
Vstřikovací soustava s rotačním vstřikovacím čerpadlem s radiálními písty VR má dvě řídicí jednotky pro elektronickou regulaci dieselu: jednu řídicí jednotku čerpadla a jednu řídicí jednotku motoru. Toto rozdelení je nutné, aby se na jedné straně zamezilo přehřívání určitých elektronických konstrukčních prvků a aby se na druhé straně omezilo ovlivnění rušivými signály, které mohou být způsobeny velmi vysokými proudy (až 20 A) ve vstřikovacím čerpadle.

Řídicí jednotka čerpadla snímá interní signály snímačů v čerpadle pro úhel otočení a teplotu paliva a společně s údaji z řídicí jednotky motoru je vyhodnocuje pro přizpůsobení okamžiku vstřiku a vstřikované dávky (obrázek 9), řídicí jednotka motoru zpracovává přidavně veškerá data externích snímačů

**Obrázek 9: Řízení vstřikovacího čerpadla**

Pro lepší znázornění jsou různé komponenty pootočeny z hlediska jejich polohy.

- 1 řídicí jednotka motoru,
- 2 řídicí jednotka čerpadla,
- 3 snímač úhlu otočení,
- 4 vysokotlaký elektromagnetický ventil,
- 5 elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku,
- 6 snímač pohybu jehly vstřikovací trysky.



umístěných na motoru a v okolním prostředí a vypočítává z nich akční zásahy, které je nutné provést na motoru. Pro tyto účely jsou v obou řídících jednotkách uložena příslušná pole charakteristik. Vstupní zapojení řídicích jednotek zpracovává data ze snímačů a mikroprocesory z nich vypočítávají při zohlednění provozních stavů akční signály pro optimální jízdní režim. Přenos dat mezi řídícími jednotkami motoru a čerpadla je realizován přes systém sběrnice CAN.

Na řídící jednotky jsou kladený vysoké požadavky z hlediska

- teploty okolního prostředí (v normálním jízdním režimu -40 ... +85 °C),
- odolnosti vůči provozním látkám (olej, palivo, atd.),
- vlhkosti a
- mechanického namáhání.

Vysoké jsou rovněž požadavky na elektromagnetickou snášenlivost (EMV) a na omezení vyzařování vysokofrekvenčních rušivých signálů.

### Řídící jednotka čerpadla

#### Úloha

Řídící jednotka čerpadla je z hlediska svých hlavních úkolů „inteligentním“ nastavovacím mechanismem dávky. Ovládá přesuvník vstřiku pro nastavení požadovaného počátku dodávky (regulace počátku dodávky). Pro regulaci polohy přesuvníku vstřiku vyžaduje řídící jednotka čerpadla impulzy ze snímače otáček popř. úhlu otočení jako referenční značky. Z řídící jednotky motoru udaná vstřikovaná dávka se převádí na dobu ovládání vysokotlakého elektromagnetického ventilu. Při ovládání vysokotlakého elektromagnetického ventilu se rovněž bere zřetel na četnost vstřikování (vstřikovaná dávka na stupně úhlu vačky). Řídící jednotka čerpadla je prostřednictvím komunikace začleněna společně s řídící jednotkou motoru do zabezpečovací koncepce EDC.

#### Konstrukce

Řídící jednotka čerpadla je namontována přímo na čerpadle a je realizována mikrohybridní technikou. Je vybavena devítipólovým konektorem, který spojuje řídicí jednotku čerpadla s řídicí jednotkou motoru a přes který probíhá komunikace obou jednotek. Řídící jednotka čerpadla je chlazena palivem, které protéká v kanálu pod tělesem řídicí jednotky.

Jako přímé vstupy snímačů ze vstříkovacího čerpadla vstupují pouze měřicí signály snímače úhlu otočení (signál DWS) a snímače teploty paliva. Pro další zpracování je kromě toho signál snímače otáčení klikového hřídele, ten je již předem zpracován řídicí jednotkou motoru. V důsledku exponované montážní polohy na vstříkovacím čerpadle je kryt řídicí jednotky čerpadla utěsněn.

### Řídící jednotka motoru

#### Úloha

Řídící jednotka motoru vyhodnocuje signály externích snímačů a vypočítává z nich ovládací signály pro akční členy. Předává řídící jednotce čerpadla následující sejmuty vypočtené veličiny:

- aktuální otáčky klikového hřídele,
- vstřikovaná dávka,
- počátek dodávky a
- odpovídající poloha vačkového hřídele pro požadovanou rychlosť vstřiku.

V rámci zabezpečovací koncepce sleduje řídící jednotka motoru také celý systém vstřikování.

#### Konstrukce

Řídící jednotka motoru je umístěna v kovovém krytu. Snímače, akční členy a napájení jsou k řídící jednotce připojeny přes mnohapólový konektor. Toto konektorové propojení je podle typu zařízení a rozsahu funkcí realizováno se 105 až 134 póly.

Výkonové konstrukční prvky pro přímé ovládání akčních členů jsou integrovaný do řídicí jednotky motoru tak, aby byl zaručen velmi dobrý odvod tepla přes těleso jednotky. Řídicí jednotka motoru se dodává jak s utěsněným, tak také s neutěsněným krytem.

### **Regulace provozních stavů**

Aby motor pracoval v každém provozním stavu s optimálním spalováním, vyhodnocuje se v řídicí jednotce motoru vždy odpovídající vstřikovaná dávka. Přitom je nutné zohlednit různé veličiny (obrázek 10).

### **Startovací dávka**

Při startování se vypočítává vstřikovaná dávka v závislosti na teplotě a otáčkách. Aby bylo možné bezpečně startovat, potřebuje motor při nízkých teplotách daleko větší vstřikovací dávku, než v teplém stavu. Při nízkých teplotách se sráží palivo na stěnách válců a nepřispívá ke spalování. Startovací

dávka je zapnuta od zapnutí spínače zapalování (obrázek 10, spínač zapnut v poloze A) až do dosažení minimálních otáček (startovací otáčky). Řídicí nemá na startovací dávku žádný vliv.

### **Jízdní režim**

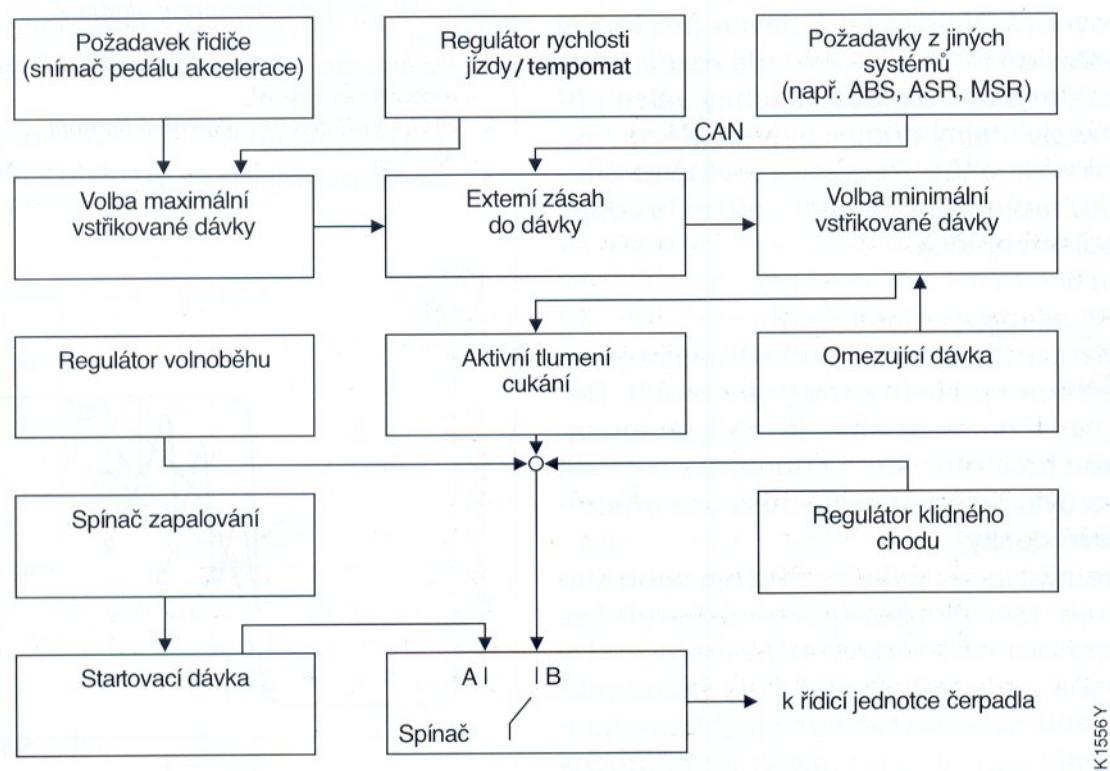
Při normálním jízdním režimu se vypočítává vstřikovaná dávka v závislosti na poloze pedálu akcelerace (snímač pedálu akcelerace) a na otáčkách (obrázek 10, poloha spínače B). Toto se provádí pomocí pole charakteristik pro jízdní vlastnosti. Požadavek řidiče a výkon vozidla jsou tak vzájemně přizpůsobeny nejlepším možným způsobem.

### **Regulace volnoběhu**

Při volnoběhu motoru určuje spotřebu paliva hlavně stupeň účinnosti a volnoběžné otáčky. Značný podíl spotřeby paliva motorových vozidel připadá v městském provozu na tento provozní režim. Proto je výhodou dosažení co nejnižších volnoběžných otáček. Vol-

**Obrázek 10: Určení vstřikované dávky v řídicí jednotce motoru**

Poloha přepínače A: start,  
Poloha přepínače B: jízda.



noběh však musí být nastaven tak, aby volnoběžné otáčky nepoklesly za všech podmínek, jako při zatížení palubní sítě, zapnutí klimatizace, zařazení rychlosti u vozidel s automatickou převodovkou, aktivní servořízení atd. a aby motor pracoval klidně a nedošlo k jeho zastavení. Pro vyregulování volnoběžných otáček mění regulátor volnoběhu vstříkovovanou dávku tak dlouho, až budou změny skutečné otáčky stejné jako požadované otáčky. Požadované otáčky a regulační charakteristika jsou přitom ovlivněny zařazenou rychlostí a teplotou motoru (snímač teploty chladicí kapaliny). K externím zatěžovacím momentům se přidávají ještě interní třecí momenty, které musejí být regulací volnoběhu vyrovnaný. Tyto se po celou dobu životnosti motoru mění pouze nepatrně, ale plynule a jsou kromě toho silně teplotně závislé.

#### Regulace klidného chodu motoru

V důsledku mechanických tolerancí a stárnutí nevytvářejí všechny válce motoru stejný krouticí moment. To má za následek „neklidný“ chod motoru, zvláště ve volnoběhu. Regulátor klidného chodu motoru zajišťuje změny otáček po každém spalování a vzájemně je porovnává. Vstříkovaná dávka pro každý válec se potom na základě rozdílů otáček nastaví tak, aby všechny válce přinášely stejný podíl k vytváření krouticího momentu. Regulátor klidného chodu motoru je aktivní pouze v dolní oblasti otáček.

#### Regulace rychlosti jízdy

Jízdu s konstantní rychlostí zajišťuje regulátor rychlosti jízdy (tempomat). Reguluje rychlosť vozidla na požadovanou hodnotu. Tuto hodnotu lze nastavit na ovládacím panelu v blízkosti přístrojové desky.

Vstříkovaná dávka se zvyšuje nebo snižuje tak dlouho, až bude skutečná rychlosť odpovídat nastavené požadované rychlosti. Pokud řidič při zapnutém regulátoru rychlosti jízdy sešlápné pedál spojky nebo brzdy, bude proces regulace vypnut. Při sešlápnutí pedálu

akcelerace lze zrychlit nad momentální požadovanou rychlosť. Pokud se pedál akcelerace znova uvolní, reguluje regulátor rychlosti jízdy zpět na poslední platnou požadovanou rychlosť. U vypnutého regulátoru rychlosti jízdy lze prostřednictvím tlačítka pro opětné nastavení nastavit znova poslední platnou požadovanou hodnotu rychlosťi.

#### Regulace omezení dávky

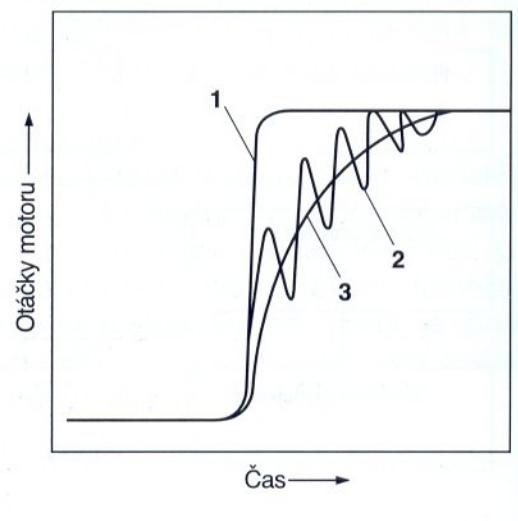
Vstříkováno nesmí být vždy řidičem požadované nebo fyzikálně možné množství paliva. To má následující důvody:

- příliš vysoké emise škodlivých látek,
- příliš velké emise sazí v důsledku velkého množství paliva,
- mechanické přetížení v důsledku vysokého krouticího momentu nebo překročení otáček nebo
- tepelné přetížení v důsledku vysoké teploty chladicí kapaliny, oleje nebo turbodmychadla.

omezení dávky je vytvářeno na základě různých vstupních veličin, např. nasávané množství vzduchu, otáčky a teplota chladicí kapaliny.

**Obrázek 11: Aktivní tlumení škubání motoru**

- 1 Rychlé sešlápnutí pedálu akcelerace (požadavek řidiče),
- 2 Průběh otáček bez aktivního tlumení škubání,
- 3 s aktivním tlumením škubání.



## Aktivní tlumení škubání motoru

Při náhlém sešlápnutí nebo uvolnění pedálu akcelerace vznikne velká rychlosť změny vstřikované dávky a tím také krouticího momentu motoru. Elasticke uložení motoru a pohonné soustavy vytvoří na základě této velké změny výkonu škubací kmitání, které se projeví v kolísání otáček motoru (obrázek 11). Aktivní tlumení škubání motoru snižuje tato periodická kolísání otáček tím, že mění vstřikované dávky ve stejné periodě s kmitáním: při stoupajících otáčkách se dávka snižuje, při klesajících otáčkách se vstřikuje více. Škubavý pohyb je tím silně zatlumen.

## Regulace počátku vstřiku

Počátek vstřiku má silný vliv na výkon, spotřebu paliva, hlučnost a emise výfukových plynů. Jeho požadovaná hodnota je v závislosti na otáčkách motoru a vstřikované dávce uložena v řídicí jednotce motoru. Kromě toho lze ještě provádět korekci v závislosti na teplotě chladicí kapaliny. Pro optimální počátek vstřiku je rovněž nutné zohlednit rozptylová pásmá emisí oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ) a uhlovodíků (HC) (obrázek 12). Pro zjištění aktuální skutečné hodnoty počátku vstřiku se vyhodnocuje signál snímače pohybu jehly. Pokud se liší skutečná hodnota počátku vstřiku od

požadované hodnoty, bude požadovaná hodnota počátku vstřiku změněna z řídicí jednotky motoru. Počátek dávky je okamžik, ve kterém se uzavírá vysokotlaký elektromagnetický ventil v rozdělovací hlavě. Jeho hodnota se zjistí z požadované hodnoty počátku vstřiku, přitom je zohledněna doba prodlevy, kterou potřebuje tlaková vlna ve vedení než dosáhne vstřikovacích ventilů.

Pokud je snímač pohybu jehly vadný nebo není v systému vůbec použit, lze přesto nadále provozovat rotační vstřikovací čerpadlo s radiálními písty (potom však s daleko většími tolerancemi počátku vstřiku).

## Odstavení

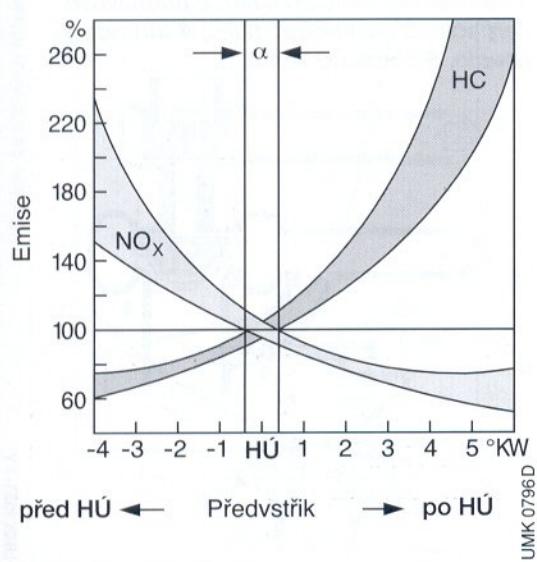
Pracovní princip „samovznícení“, má za následek, že vznětový motor lze zastavit pouze přerušením přívodu paliva. U elektronické regulace dieselu se motor zastavuje povelom z řídicí jednotky motoru „vstřikovaná dávka 0“.

## Akční členy

### Vysokotlaký elektromagnetický ventil

Pro odměrování dávek je ve vysokotlaké části vstřikovacího čerpadla integrován vysokotlaký elektromagnetický ventil. Na začátku procesu vstřiku protéká proud přes cívku elektromagnetu a kotva elektromagnetu je společně s jehlou ventilu zatlačena ve směru k sedlu ventilu. Když je sedlo ventilu jehlou ventilu zcela uzavřeno, nemůže již odtékat palivo. V důsledku toho stoupá rychle tlak ve vysokotlaké části a poté se otevře právě ovládaná vstřikovací tryska. Když je dosažena požadovaná vstřikovaná dávka, bude přerušen proud k elektromagnetu, díky tomu se vysokotlaký elektromagnetický ventil znova otevře a sníží se tlak ve vysokotlaké části. Snížením vstřikovacího tlaku se uzavře vstřikovací tryska a vstřikování je ukončeno.

**Obrázek 12: Rozptylové pásmo emisí  $\text{NO}_x$  a HC v závislosti na počátku vstřiku**  
α optimální počátek vstřiku.



## Rotační vstříkovací čerpadlo s radiálními pisty VR

Pro přesné ovládání tohoto procesu může řídící jednotka čerpadla určit skutečný okamžik uzavření vysokotlakého elektromagnetického ventilu na základě průběhu proudu (obrázek 13).

### Elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku

Řídící jednotka čerpadla ovládá píst přesuvníku vstřiku prostřednictvím elektromagnetického ventilu přesuvníku vstřiku (obrázek 14), který je trvale takto veden řídicím proudem s konstantním kmitočtem.

Poměr sepnutého a nesepnutého intervalu (střída) určuje průtočné množství. Průtočné množství lze měnit tak, aby přesuvník vstřiku dosáhl požadované pozice.

### Řídící jednotka doby žhavení

Za dobrý studený start a za zlepšení fáze zahřívání relevantní pro hodnoty emisí je zodpovědné řízení doby žhavení.

Doba předžhavení je závislá na teplotě chladicí kapaliny. Další fáze žhavení u startovaného nebo běžícího motoru jsou určeny řadou parametrů, mimo jiné vstříkovánou dávkou a otáčkami motoru. Řízení doby žhavení se provádí přes výkonové relé.

### Elektropneumatický převodník

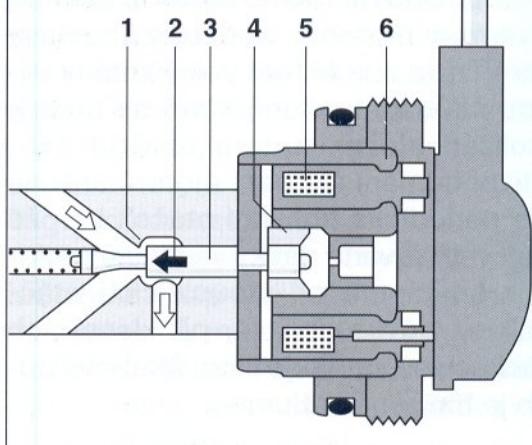
Ventily nebo klapky nastavovačů plnicího tlaku, rozvíjení a recirkulace spalin jsou mechanicky ovládány pomocí podtlaku nebo přetlaku. Řídící jednotka motoru k tomu vytváří elektrický signál, který je převáděn elektromagnetickým převodníkem na přetlak nebo podtlak.

### Nastavovač plnicího tlaku

Motory osobních automobilů s plněním turbodmychadlem musí dosáhnout vysokého krouticího momentu již při nízkých otáčkách. Proto je těleso turbíny dimenzováno pro malý průtok výfukových plynů. Aby při větším průtoku výfukových plynů nebyl plnicí tlak příliš velký, musí být v této oblasti část výfukového potoku odváděna do výfukového kanálu.

Obrázek 13: Vysokotlaký elektromagnetický ventil

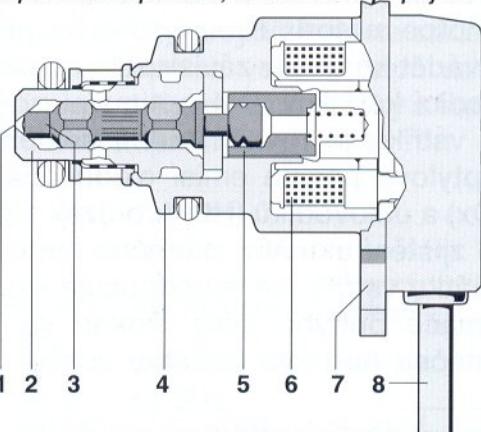
1 sedlo ventilu, 2 směr uzavření, 3 jehla ventilu, 4 kotva elektromagnetu, 5 cívka, 6 elektromagnet.



UMK1559 Y

Obrázek 14: Elektromagnetický ventil přesuvníku vstřiku

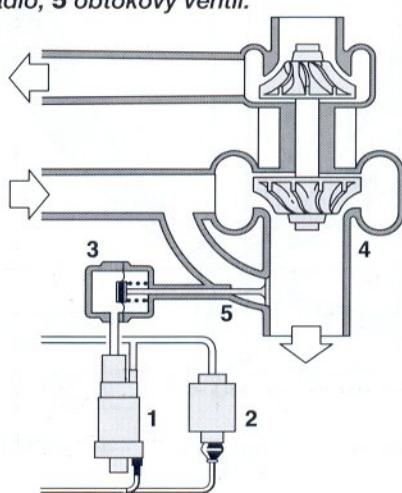
1 škrticí otvor, 2 vnitřní těleso ventilu, 3 jehla ventilu, 4 vnější těleso ventilu, 5 kotva elektromagnetu, 6 cívka elektromagnetu, 7 upevňovací příruba, 8 elektrická připojka.



UMK1560 Y

Obrázek 15: Nastavovač plnicího tlaku

1 nastavovač plnicího tlaku, 2 podtlakové čerpadlo, 3 nastavovač tlaku, 4 turbodmychadlo, 5 obtokový ventil.



UMK1551-7Y

kových plynů vedena přes obtokový ventil („Waste-gate“) kolem turbíny do výfukové soustavy. Nastavovač plnicího tlaku (obrázek 15) přitom mění průřez obtokového ventiliu v závislosti na otáčkách motoru, vstřikované dávce atd. Místo obtokového ventiliu lze také použít variabilní geometrii turbíny (VTG). Ta mění úhel náběhu lopatek turbodmychadla a ovlivňuje tím plnicí tlak.

### Nastavovač rozvíření

Řízení rozvíření ovlivňuje točivý pohyb nasávaného vzduchu. Rozvíření se většinou vytváří spirálovými sacími kanály. Určuje předběžné smísení paliva a vzduchu ve spalovacím prostoru a má velký vliv na kvalitu spalování. Zpravidla se vytváří při nízkých otáčkách silnější rozvíření a při vysokých otáčkách slabší rozvíření. Rozvíření lze nastavit pomocí nastavovače rozvíření (klapka nebo šoupátko) v oblasti sacího ventiliu.

### Nastavovač recirkulace spalin

Při recirkulaci spalin se část spalin přivádí do sacího traktu. Až do určitého

stupně se může stoupající podíl spalin projevovat pozitivně na převod energie a tím snižovat emise škodlivých látek. V závislosti na provozním režimu sestává nasávaná směs vzduchu/plynů až ze 40 % výfukových plynů (obrázky 16 a 17).

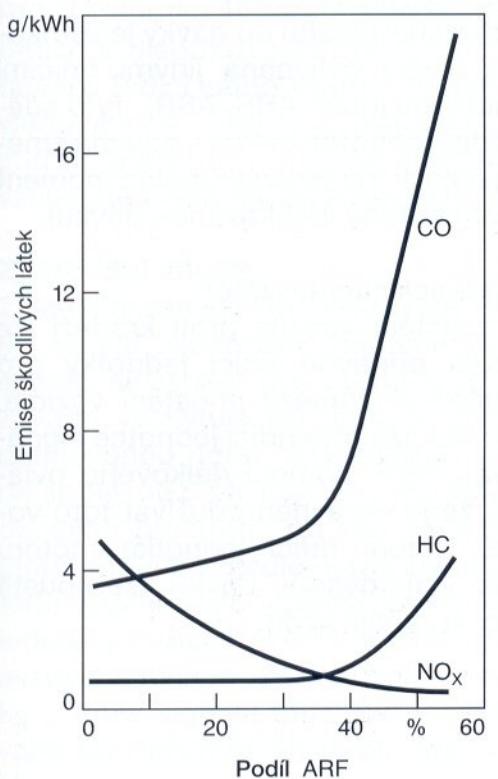
Pro regulaci v řídicí jednotce motoru se měří skutečné množství čerstvého vzduchu a porovnává se s požadovanou hodnotou pro množství vzduchu v tomto provozním režimu. Pomocí regulací vytvořených signálů se otevírá nastavovač recirkulace spalin (ventil) tak, aby spaliny proudily do sacího traktu.

### Regulace škrticí klapky

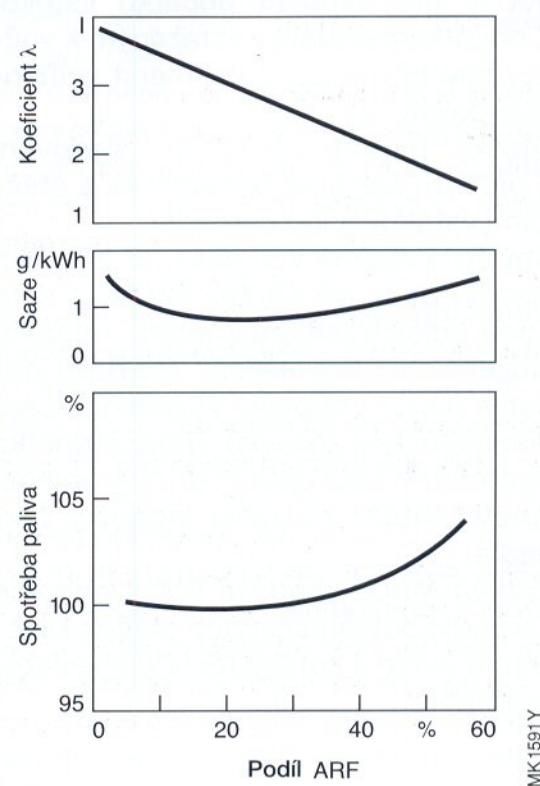
Škrticí klapka má u vznětových motorů zcela jinou funkci než u zážehových motorů:

Slouží pro zvýšení velikosti recirkulace spalin tak, že snižuje přetlak v sacích potrubích. Regulace škrticí klapky je aktivní pouze v dolní oblasti otáček.

**Obrázek 16: Vliv podílu recirkulovaných výfukových plynů (ARF) na emise škodlivých látek**



**Obrázek 17: Vliv podílu recirkulovaných výfukových plynů (ARF) na koeficient  $\lambda$ , emisi sazí a spotřebu**



## Přenos informací

### Komunikace řídicích jednotek

Komunikace mezi řídicí jednotkou a řídicí jednotkou čerpadla probíhá přes CAN - sběrnici (Controller Area Network). Tímto způsobem jsou přenášeny požadované hodnoty, provozní data a stavové informace potřebné pro provoz a sledování závad.

Jsou definovány tři zprávy z řídicí jednotky motoru do řídicí jednotky čerpadla (MSG1 až MSG3) z řídicí jednotky čerpadla do řídicí jednotky motoru (PSG1 až PSG3).

### Zprávy řídicí jednotky motoru

Zpráva MSG1 řídicí jednotky motoru pro řídicí jednotku čerpadla obsahuje

- vstřikovou dávku (požadovaná hodnota),
- počátek dodávky (ve vztahu k vačkovému hřídeli a klikovému hřídeli) a
- otáčky motoru.

Řídicí jednotka čerpadla určuje z požadované hodnoty vstřikované dávky dobu ovládání vysokotlakého elektromagnetického ventilu. Počátek dodávky vztažený ke klikovému hřídeli je potřebný pro výpočet počátku vstřiku. S počátkem dodávky vztaženým k vačkovému hřídeli se může měnit vstřikování paliva.

Otáčky motoru slouží ke sledování a pro tyto účely se porovnávají s otáčkami vstřikovacího čerpadla.

Aby bylo možné v servisu při inspekci vozidla popř. při údržbě zjišťovat data obou řídicích jednotek (např. v paměti uložená chybová hlášení), má řídicí jednotka motoru přípojku vyvedenou přes diagnostickou zásuvku. Řídicí jednotka motoru předává datové dotazy pomocí zprávy MSG2 do řídicí jednotky čerpadla.

Zpráva MSG3 předává řídicí jednotce čerpadla polohu snímače otáček klikového hřídele a konfiguraci řídicí jednotky motoru.

### Zprávy řídicí jednotky čerpadla

Zpráva PSG1 řídicí jednotky čerpadla do řídicí jednotky motoru obsahuje

- dobu ovládání vysokotlakého elektromagnetického ventilu,
- otáčky vstřikovacího čerpadla,
- teplotu vstřikovacího čerpadla a
- chybová hlášení.

Doba ovládání vysokotlakého elektromagnetického ventilu a otáčky vstřikovacího čerpadla se využívají v řídicí jednotce motoru pro sledování. Teplota vstřikovacího čerpadla je přídavnou ovlivňující veličinou při výpočtu počátku dodávky a doby ovládání ventilu.

Řídicí jednotka čerpadla vysílá jako zprávu PSG2 zprávou MSG2 požadované servisní zprávy zpět do řídicí jednotky motoru. Zde lze data řídicí jednotky čerpadla potom načíst přes diagnostickou zásuvku.

Po každém „vynulování“, řídicí jednotky čerpadla se provede vlastní test. Jeho výsledek se zprávou PSG3 vysílá do řídicí jednotky motoru. Ta odpoví zprávou MSG3.

### Přenos informací s jinými systémy

#### Externí zásah do dávky

U externího zásahu do dávky je vstřikovaná dávka ovlivněna jinými řídicími jednotkami (např. ABS, ASR). Tyto sdělují řídicí jednotce motoru, zda má změnit a o kolik má změnit krouticí moment motoru (a tedy vstřikovanou dávku).

#### Elektronický imobilizátor

Pro zajištění vozidla proti krádeži lze pomocí přídavné řídicí jednotky pro imobilizátor zamezit spuštění vozidla. Řidič dokáže této řídicí jednotce signalizovat, např. pomocí dálkového ovládání, že je oprávněn používat toto vozidlo. Potom řídicí jednotka motoru uvolní vstřikovanou dávku, lze spustit motor a zahájit jízdu.

## Klimatizace

Pro dosažení příjemné teploty interiéru vozidla při vysokých venkovních teplotách chladí klimatizace vzduch pomocí kompresoru chlazení.

Jeho výkonová potřeba může podle motoru a jízdní situace činit 1 ... 30 % výkonu motoru. Cílem tedy není regulační teploty, ale optimální využití momentu motoru.

Pokud řidič silně akceleruje, (požaduje tedy maximální krouticí moment), bude kompresor klimatizace krátkodobě z EDC vypnut.

## Integrovaná diagnostika

### Sledování snímačů

Při sledování snímačů se pomocí integrované diagnostiky kontroluje, zda jsou tyto dostatečně napájeny a zda jejich signál leží v povolené oblasti (např. teplota mezi -40 a 150 °C). Důležité signály jsou realizovány podle možnosti dvojnásobně (redundantně), tzn. je možné v případě závady přepnout na jiný, podobný signál.

### Modul sledování

Řídicí jednotka motoru má vedle mikrořadiče k dispozici také modul pro sledování. Řídicí jednotka motoru a modul sledování se kontrolují vzájemně. Pokud se přitom zjistí závada, mohou obě vzájemně nezávisle zastavit vozidlo.

### Zjišťování závad

Zjišťování závad je možné pouze v rámci oblasti sledování snímače. Větve signálu se označí jako vadná, pokud se závada vyskytuje po určitou, předem definovanou dobu. Závada potom bude společně s příslušnými podmínkami okolního prostředí, při kterých vznikla (např. teplota chladicí kapaliny, otáčky atd.) uložena do paměti závad řídicí jednotky motoru. Pro řadu závad je realizována funkce „zjištění opět v pořádku“; větve signálu musí být identifikována po definovanou dobu jako v pořádku.

### Zpracování závad

Podle závažnosti vzniklé závady rozlišujeme různé reakce systému:

- přepnutí na předem zadanou hodnotu,
- reverzibilní vypnutí a
- nereverzibilní vypnutí.

### Přepnutí na předem zadanou hodnotu

Při překročení přípustné oblasti signálu určitého snímače se přepíná na předem zadanou hodnotu.

Tento postup je použit u následujících vstupních signálů:

- napětí akumulátoru,
- teplota chladicí kapaliny, vzduchu, oleje,
- plnicí tlak,
- atmosférický tlak a
- množství vzduchu.

Kromě toho se při porušení plausibility signálů ze snímače pedálu akcelerace a brzdy využívá náhradní hodnoty ze snímače pedálu akcelerace.

### Reverzibilní vypnutí

Vedení MAB (vypnutí dávky) umožňuje řídicí jednotce motoru přímo zasahovat do koncového stupně vysokotlakého elektromagnetického ventilu a přerušit jeho ovládání. Potom tedy nebude vstřikováno žádné palivo. Tento zásah je reverzibilní.

To znamená, že se palivo opět uvolní pro vstřikování, když se již nevyskytuje podmínka, která vedla k vypnutí (např. při trvalém sledování ovládání při deCELERaci).

Pokud dojde k odchylce porovnání dvojnásobné hodnoty otáček čerpadla s otáčkami motoru a tato odchylka je větší než zadaná mezní hodnota, bude vozidlo rovněž reverzibilně vypnuto.

### Nereverzibilní vypnutí

Hlavní relé vypnutí je nereverzibilní a jeho vypnutí se provede výhradně při závadě „vysokotlaký elektromagnetický ventil trvale ovládán“, protože potom není možné odstavení vozidla pomocí „nulové dávky“ nebo prostřednictvím vedení MAB.

# Trysky a vstříkovače

## Otvorové trysky

### Úloha a typ konstrukce

Vstříkovací trysky a příslušné držáky trysek jsou důležitým konstrukčním dílem mezi vstříkovacím čerpadlem s radiálními písty a vznětovým motorem.

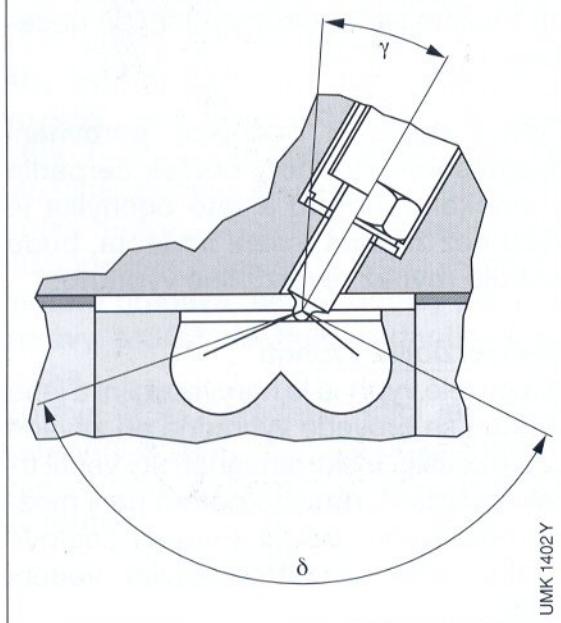
Jejich úkolem je:

- dávkované vstříkování,
- příprava paliva,
- tvar průběhu vstříku,
- utěsnění vůči spalovacímu prostoru.

Z hlediska různých metod spalování a řady tvarů spalovacího prostoru je nutno příslušným poměrům přizpůsobit tvar, směr paprsku, „průraznou sílu“, rozprášení paprsků paliva tryskou a stejně tak dobu vstříkování a vstříkované dávky k počtu stupňů úhlu vačkového hřídele.

Konstrukcí držáku trysek se standardizovanými rozměry se dosahuje potřebná flexibilita s minimem jednotlivých variant.

**Obrázek 1: Kužel paprsku**  
γ sklon kuželev, δ kužel paprsků.



### Použití

Otvorové trysky se používají pro motory s přímým vstříkem. Rozdělují se na trysky se slepým otvorem a s otvory vratnými do sedla.

Kromě toho se otvorové trysky liší konstrukční velikostí:

- typ P s průměrem jehly 4 mm nebo
- typ S s průměrem jehly 5 a 6 mm.

### Konstrukce

Rozstříkovací otvory leží na plásti kuželev paprsku (obrázek 1). Jejich počet a průměr je závislý na:

- vstříkování dávce,
- tvaru spalovacího prostoru a
- rozvíjení vzduchu (vý) ve spalovacím prostoru.

Náběhové hrany rozstříkovacích otvorů mohou být zaobleny pomocí hydroerozivního (HE) opracování.

V místech, kde se vyskytuje vysoké rychlosti proudění (náběh rozstříkovacího otvoru), zajišťují abrazivní částečky (způsobující opotřebení) obsažené v HE-médii opracování materiálu.

HE-zaoblení lze používat jak pro trysky se slepým otvorem, tak také pro trysky s otvory v sedle. Cílem přitom je:

- zamezit opotřebení hran způsobenému abrazivními částečkami v palivu a/nebo
- zúžit toleranci průtoku.

Pro nízké emise uhlovodíků je mimořádně důležité, aby byl udržován co nejmenší objem (zbytkový objem) vyplněný palivem pod hranou sedla jehly ventilu. Toto je dosaženo u trysek s otvory v sedle.

### Provedení

#### Trysky se slepým otvorem

Rozstříkovací otvory trysek se slepým otvorem (obrázek 2) jsou umístěny ve slepém otvoru.

U kulatého zakončení (obrázek 3) jsou vstříkovací otvory v závislosti na rozdílnosti vrtány mechanicky nebo elektroerozně (elektrické erodování částic).

Trysky se slepým otvorem s kónickým vrcholem jsou všeobecně vrtány elektroerozivně.

Trysky se slepým otvorem jsou nabízeny s válcovým a kónickým slepým otvorem v různých rozměrech:

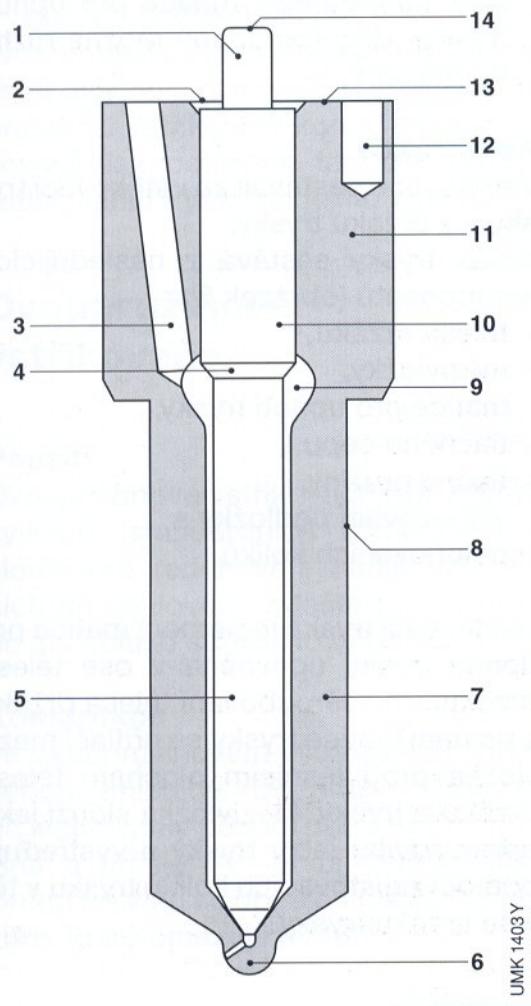
Trysky se slepým otvorem válcového tvaru a kulovým vrcholem (obrázek 3a), které sestávají z válcového a polokulového dílu, mají vysokou volnost z hlediska dimenzování počtu otvorů, délky otvorů a úhlu rozstříkování. Zaoblené zakončení trysky má tvar polokoule a tím zaručuje, společně s tvarem slepého otvoru, rovnoměrnou délku otvorů. Trysky s válcovým slepým otvorem a kónickým vrcholem (obrázek 3b) se používají pouze pro délky otvorů 0,6 mm. Kónický tvar zaobleného vrcholu zvyšuje

odolnost zakončení v důsledku větší tloušťky stěny mezi poloměrem zaoblení a sedlem tělesa trysky.

Otvorové trysky s kónickým slepým otvorem a kónickým zaobleným vrcholem (obrázek 3c) mají menší objem slepého otvoru než trysky s válcovým slepým otvorem. Z hlediska objemu slepého otvoru leží mezi tryskami s otvorem v sedle a tryskami se slepým otvorem s válcovým slepým otvorem. Pro dosažení rovnoměrné tloušťky stěny zaobleného vrcholu je zakončení provedeno také kónicky, stejně jako slepý otvor.

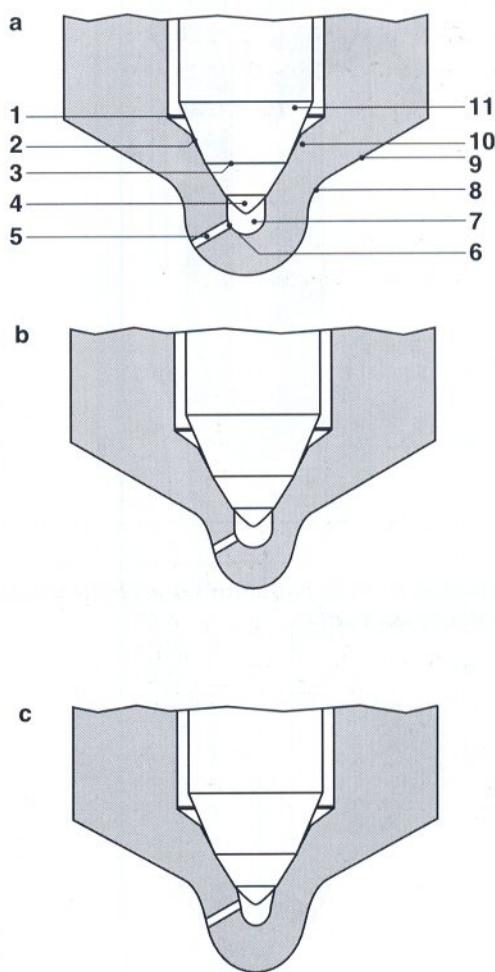
**Obrázek 2: Vstříkovací tryska se slepým otvorem**

1 tlačný čep, 2 plocha dorazu zdvihu,  
3 přítokový otvor, 4 tlakový náběh,  
5 dřík jehly, 6 zaoblený vrchol trysky,  
7 dřík tělesa trysky, 8 povrch tělesa trysky,  
9 tlaková komora, 10 vedení jehly,  
11 lem tělesa trysky, 12 polohovací otvor,  
13 těsnící plocha, 14 zakončení tlačného čepu.



**Obrázek 3: Tvary slepých otvorů**

a válcový slepý otvor s kulovým vrcholem,  
b válcový slepý otvor a kónický vrchol,  
c kónický slepý otvor a kónický vrchol.  
1 hrana odsazení, 2 náběh sedla, 3 sedlo jehly  
4 hrot jehly, 5 vstříkovací otvor, 6 náběh  
vstříkovacího otvoru, 7 slepý otvor, 8 poloměr  
zaoblení, 9 kužel vrcholu trysky, 10 sedlo  
tělesa trysky, 11 tlumící kužel.

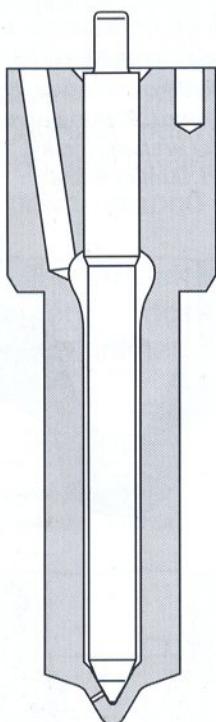


### Trysky s otvory do sedla

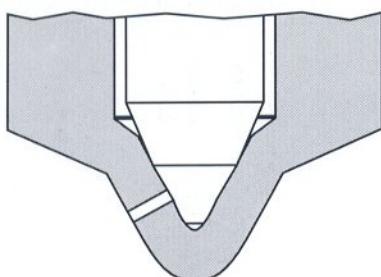
Pro minimalizaci zbytkového objemu - a tím emisí HC - je umístěn začátek vstřikovacího otvoru na kónusu sedla tělesa trysky a je při uzavřené trysce zcela zakryt jehlou. Nevzniká přímé propojení mezi slepým prostorem (obrázek 4 a 5). Objem slepého otvoru je oproti tryskám se slepým otvorem snížen. Trysky s otvory do sedla mají oproti tryskám se slepými otvory značně nižší hranici zatížení a lze je vyrábět pouze ve velikosti P s délkou otvoru 1 mm.

Tvar zaobleného vrcholu je z důvodů pevnosti kónický. Vstřikovací otvory jsou všeobecně vrtány elektroerozivně.

Obrázek 4: Tryska s otvory do sedla



Obrázek 5: Tvar zaobleného vrcholu trysky s otvory do sedla



### Standardní držáky trysek

#### Typy konstrukce

Pro vstřikování u motorů s přímým vstřikem jsou ve spojení s rotačními vstřikovacími čerpadly s radiálními písty používány držáky trysek s otvorovými tryskami. Držáky trysek se rozdělují na

- standardní držáky trysek (jednopružinové držáky) s a bez snímače pohybu jehly
- dvoupružinové držáky trysek s a bez snímače pohybu jehly.

#### Použití

Zde popisované držáky trysek vykazují následující vlastnosti:

- válcový vnější tvar s průměrem 17 a 21 mm,
- dole umístěná pružina (v důsledku toho menší pohyblivá hmota),
- zafixované trysky u přímého vstřiku a
- standardizované jednotlivé díly (pružiny, tlačné čepy, matice pro upnutí trysky), díky tomu jsou možné různé kombinace.

#### Konstrukce

Vstřikovače sestávají ze vstřikovací trysky a z držáku trysky.

Držák trysky sestává z následujících komponentů (obrázek 6):

- tělesa držáku,
- mezivložky,
- matice pro upnutí trysky,
- tlačného čepu,
- tlačné pružiny,
- vymezovací podložky a
- polohovacích kolíků.

Vstřikovací tryska je pomocí matice pro upnutí trysky upevněna v ose tělesa držáku. Při sešroubování tělesa držáku a upínací matice trysky se přitlačí mezivložka proti těsnicím plochám tělesa držáku a trysky. Mezivložka slouží jako doraz zdvihu jehly trysky a vystřeďuje pomocí zajišťovacích kolíků trysku v tělesu držáku trysky.

V tělese držáku se nachází:

- tlačný čep,
- tlačná pružina a
- vymezovací podložka.

Tlačný čep vyštřeďuje tlačnou pružinu, vedení tlačného čepu je realizováno tlačným čepem jehly trysky.

V tělese držáku vede přítokový otvor držáku trysky přes mezivložku k přítokovému otvoru tělesa trysky a spojuje tak trysku s výtlacným vedením vstřikovacího čerpadla. V případě potřeby lze do držáku trysky namontovat štěrbino-vý filtr.

### Princip činnosti

Tlačná pružina v tělese držáku tlačí přes tlačný čep na jehlu trysky. Předepnutí této pružiny určuje otevřiací tlak vstřikovací trysky. Otvírací tlak lze nastavit vymezovací podložkou.

Palivo je vedeno z přítokového kanálu v tělese držáku k mezivložce a potom přes těleso vstřikovací trysky k sedlu trysky. Při vstřikování se jehla trysky zvedne tlakem paliva a palivo vstřikuje vstřikovacími otvory do spalovacího prostoru. Vstřikování končí, když vstřikovací tlak poklesne tak, že pružina zatlačí jehlu trysky do jejího sedla.

## Dvoupružinové vstřikovače

### Použití

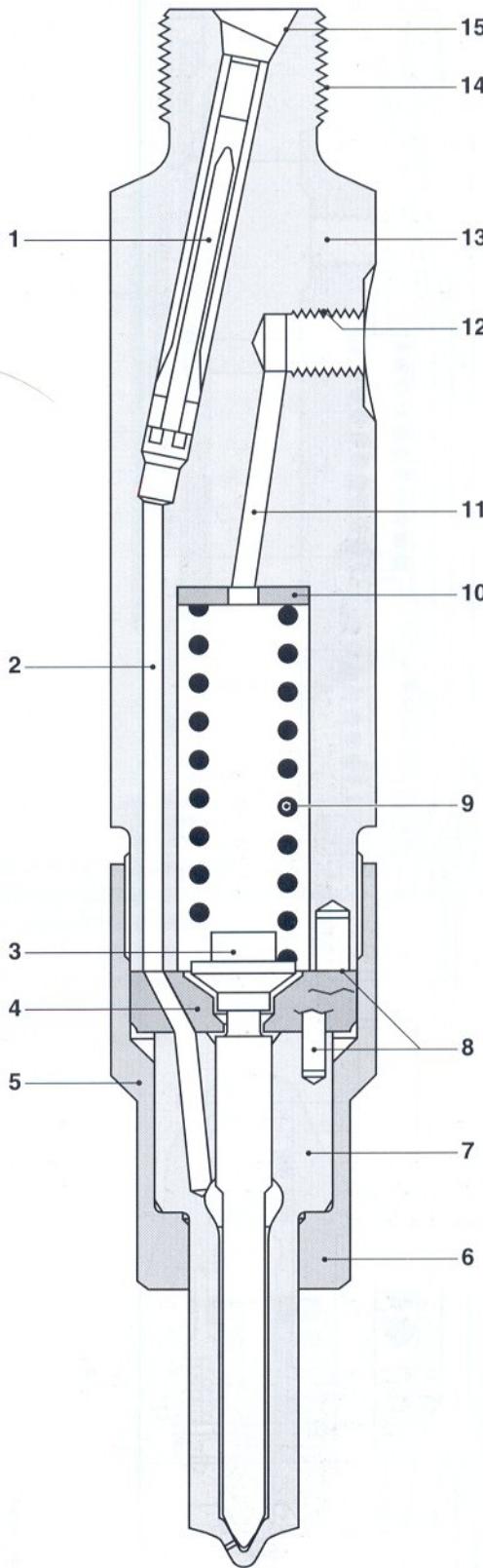
Dvoupružinové vstřikovače jsou dalším vývojem standardních vstřikovačů a slouží pro redukování hluků vznikajících při spalování, zvláště ve volnoběhu a v oblasti středního výkonu.

### Konstrukce

Ve dvoupružinovém vstřikovači jsou za sebou umístěny dvě pružiny. Nejprve na jehlu trysky působí pouze jedna pružina a určuje tím první otevřiací tlak. Druhá pružina se opírá o dorazové pouzdro, které omezuje úvodní zdvih.

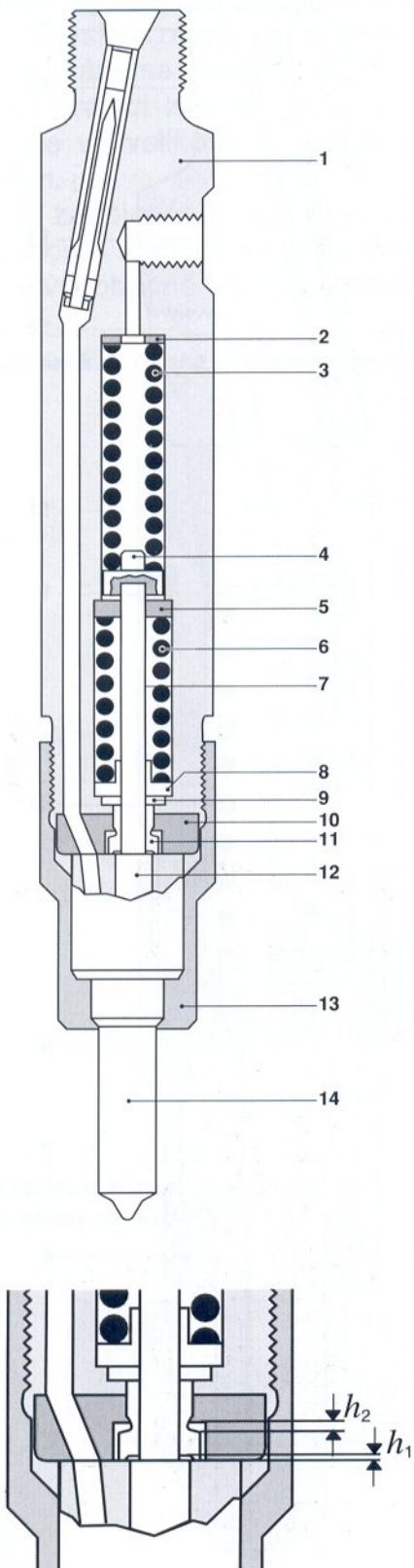
Obrázek 6: Standardizovaný vstřikovač

- 1 stěrbinový filtr, 2 přítokový kanál (vývrt),
- 3 tlačný čep, 4 mezivložka,
- 5 maticy pro upnutí trysky, 6 vyztužení dna,
- 7 tryska, 8 polohovací kolík, 9 tlačná pružina,
- 10 vymezovací podložka, 11 otvor přepadu,
- 12 připojovací závit přepadu paliva,
- 13 těleso držáku, 14 připojovací závit,
- 15 těsnící kužel.



Obrázek 7: Dvoupružinový vstříkovovač pro přímý vstřík

1 těleso držáku, 2 vymezovací podložka,  
3 tlačná pružina 1, 4 tlačný čep,  
5 vodicí podložka, 6 tlačná pružina 2,  
7 tlačný kolík, 8 taliř pružiny,  
9 vymezovací podložka, 10 mezivložka,  
11 dorazové pouzdro, 12 jehla trysky,  
13 upínací matice trysky, 14 těleso trysky.  
 $h_1$  úvodní zdvih,  $h_2$  hlavní zdvih



U zdvihu nad úvodním zdvihem bude zvednuto dorazové pouzdro, na jehlu trysky potom působí obě pružiny (obrázek 7).

### Princip činnosti

Při vstříkování se otevře jehla trysky nejprve pouze na úvodní zdvih. Do spalovacího prostoru se v důsledku toho dostane pouze malé množství paliva. Stoupá-li tlak v držáku trysky nadále, otevře se jehla trysky na plný zdvih a vstříkuje se hlavní dávka (obrázek 8). Tento dvoustupňový průběh vstříkování vede k „měkčímu“ spalování, se snížením hluku.

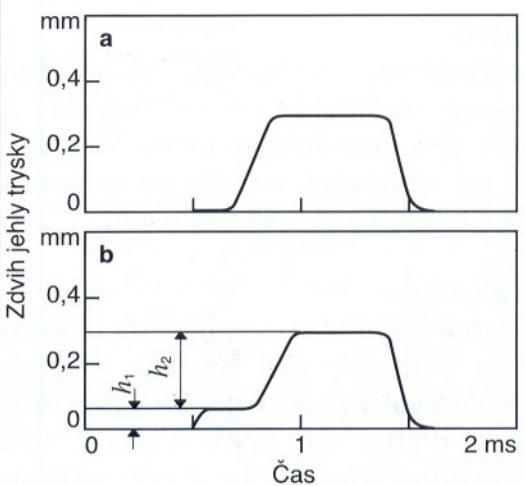
## Vstříkovovače se snímačem pohybu jehly

### Použití

Počátek vstříku je důležitou veličinou pro optimální provoz vznětového motoru. Jeho vyhodnocení umožňuje např. změnu předvstříku v závislosti na zatížení a otáčkách a/nebo regulaci recirkulace spalin.

Obrázek 8: Porovnání průběhu zdvihu jehly

- a standardní vstříkovovač (jednopružinový vstříkovovač),  
b dvoupružinový vstříkovovač  
 $h_1$  úvodní zdvih,  $h_2$  hlavní zdvih.



K tomu je potřebný držák trysky se snímačem pohybů jehly (obrázek 10), ten dává signál při otevření jehly trysky.

### Konstrukce

Prodloužený tlačný čep je ponořen do cívky.

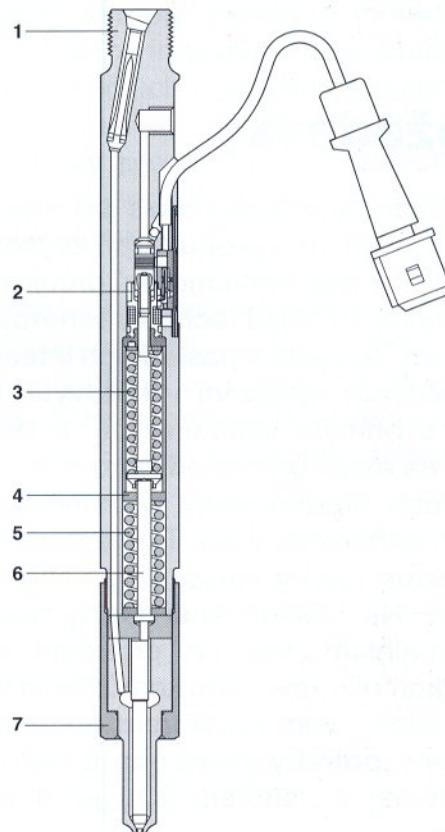
Hloubka ponoření (délka překrytí „X“, obrázek 11) určuje velikost magnetického toku.

### Princip činnosti

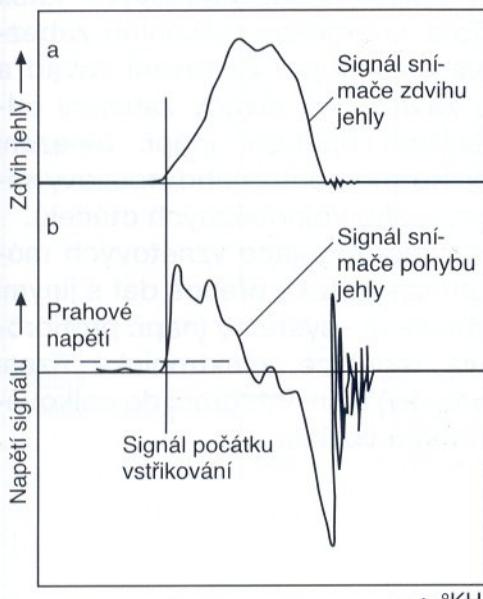
Pohyb jehly trysky indukuje změnu magnetického toku v cívce signálové napětí závislé na rychlosti a neproporcionálně na zdvihu. Toto napětí je přímo zpracováno vyhodnocovacím zapojením (obrázek 9).

Překročení prahové hodnoty napětí slouží vyhodnocovacímu zapojení jako signál počátku vstřiku.

**Obrázek 10: Dvoupružinový vstříkovač se snímačem pohybu jehly pro motory s přímým vstříkem**  
1 těleso držáku, 2 snímač pohybu jehly, 3 tlačná pružina 1, 4 vodicí podložka, 5 tlačná pružina 2, 6 tlačný kolík, 7 matice upnutí trysky.

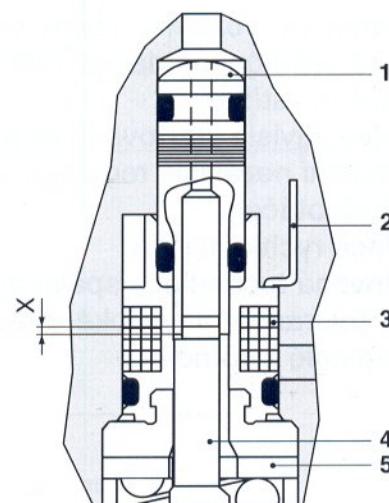


**Obrázek 9: Porovnání křivky zdvihu jehly s korespondujícím průběhem napěťového signálu snímače pohybu jehly**



**Obrázek 11: Snímač pohybu jehly dvoupružinového držáku trysky pro motory s přímým vstříkem**

1 nastavovací čep, 2 kontaktní praporek, 3 cívka snímače, 4 tlačný čep, 5 talíř pružiny.  
X délka překrytí.



# Elektronická regulace vznětových motorů EDC

## Požadavky

Snižování spotřeby paliva při současném zvyšování výkonu popř. zvyšování krouticího momentu motorů určují aktuální vývoj v oblasti techniky vznětových motorů. To vedlo v posledních letech ke zvýšenému využívání vznětových motorů s přímým vstřikem (DI), u těchto jsou na rozdíl od metody vírové komůrky nebo předkomůrky podstatně zvýšeny vstřikovací tlaky. Tím je dosaženo zlepšené tvorby směsi a úplného spalování. Na základě lepší tvorby směsi a minimálních ztrát při proudění mezi předkomůrkou/vírovou komůrkou a hlavním spalovacím prostorem dochází ke snížení spotřeby paliva oproti motorům s nepřímým vstřikem (IDI) až o 10 ... 15 %.

Moderní motory musí kromě toho vyhovět vysokým požadavkům z hlediska emisí škodlivých látek a hluku.

To vede ke zvýšeným požadavkům na systém vstřikování a na jeho regulaci.

- vysoké vstřikovací tlaky,
- tvarování průběhu vstřikování,
- variabilní počátek vstřiku,
- úvodní vstřik
- každému provoznímu stavu přizpůsobená vstřikovaná dávka, plnicí tlak a počátek vstřiku,
- teplotně závislá startovací dávka,
- na zatížení nezávislá regulace volnoběžných otáček,
- regulace rychlosti jízdy,
- regulovaná recirkulace spalin a
- malé tolerance a vysoké přesnosti během celé životnosti.

Běžná mechanická regulace otáček snímá pomocí různých přizpůsobovacích jednotek nejrůznější provozní stavy a zaručuje vysokou kvalitu přípravy směsi. Omezuje se však na jednoduché regulační okruhy u motoru a nedokáže dostatečně případně dostatečně rychle snímat různé důležité ovlivňující veličiny.

## Přehled systémů

Moderní elektronická regulace vznětových motorů EDC (Electronic Diesel Control) je v posledních letech díky zvýšenému výpočetnímu výkonu mikroprocesorů schopna splnit výše uvedené požadavky.

Na rozdíl od vozidel s konvenčními řadovými nebo rotačními vstřikovacími čerpadly nemá řidič u systému EDC žádný přímý vliv na vstřikované množství paliva, např. prostřednictvím pedálu akcelerace a bovdenu. Vstřikovaná dávka je určena řadou různých ovlivňujících veličin, např. provozní stav, požadavek řidiče, emise škodlivých látek atd. Toto podmiňuje rozsáhlou zabezpečovací koncepci zjišťování závad a podle závažnosti závady zahájení odpovídajících opatření (např. omezení krouticího momentu nebo nouzový režim v rozsahu volnoběžných otáček). Elektronická regulace vznětových motorů umožňuje také přenos dat s jinými elektronickými systémy (např. protiprůluzová regulace, elektronické řízení převodovky) a tím integraci do celkového systému vozidla.

# Zpracování dat u systému EDC

## Vstupní signály

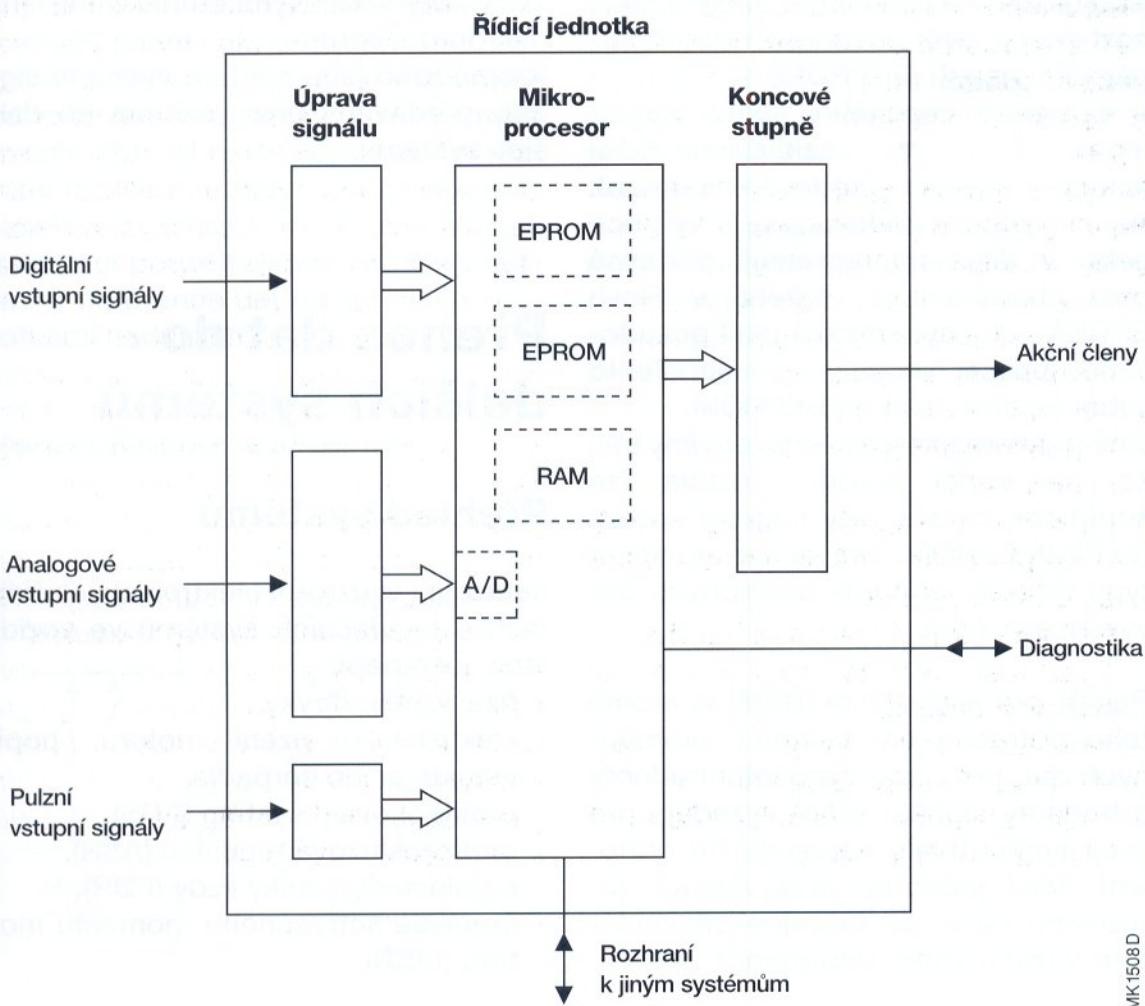
Snímače vytvářejí vedle akčních členů, jako periferních zařízení, rozhraní mezi vozidlem a řídicí jednotkou, jako jednotkou pro zpracování informací. Signály ze snímačů jsou přiváděny do jedné nebo více řídicích jednotek přes ochranná zapojení a případně přes převodníky signálu a zesilovače (obrázek 1):

- Analogové vstupní signály (např. informace analogových snímačů o nasávaném množství vzduchu, tlaku, teplotě motoru a nasávaného vzduchu, napětí akumulátoru atd.) jsou analogově-digitálním převodníkem (A/D) převáděny v mikroprocesoru řídicí jednotky na digitální hodnoty.

- Digitální vstupní signály (například spínací signály: zapnuto/vypnuto nebo digitální signály snímačů jako impulzy počtu otáček Hallový sondy) může mikroprocesor zpracovávat přímo.
- Pulzní vstupní signály z indukčních snímačů s informacemi o otáčkách a referenčních značkách jsou zpracovávány ve spínaném obvodu řídicí jednotky pro potlačení rušivých impulzů a jsou převáděny na obdélníkové signály.

Podle stupně integrace může docházet k přípravě signálů částečně, nebo také zcela, již přímo ve snímačích. Podmínky okolního prostředí panujícího v místě instalace určují potom zatížení snímače.

Obrázek 1: Zpracování signálů v řídicí jednotce



## Zpracování signálů

Vstupní signály jsou omezeny ochrannými obvody na přípustnou napěťovou úroveň. Užitný signál je pomocí filtrace zbaven rušivých signálů a pomocí zesilovače přizpůsoben ke vstupnímu napětí řídicí jednotky.

## Zpracování signálů v řídicí jednotce

Mikroprocesory v řídicí jednotce zpracovávají vstupní signály většinou digitálně. K tomu potřebují program, který je uložen v pevné paměti (ROM nebo Flash EPROM).

Kromě toho jsou charakteristiky a pole charakteristik specifické pro motor uloženy v Flash EPROM. Data pro immobilizér, data pro seřízení, výrobní data a případně v provozu vzniklé závady jsou uloženy v paměti pro zápis a čtení neztrácející svůj obsah po vypnutí napájecího napětí (EEPROM).

V důsledku značného počtu variant motoru a vybavení vozidla jsou řídicí jednotky vybaveny kódováním variant. Pomocí tohoto kódování se u výrobce nebo v dílně naprogramují přídavná pole charakteristik uložená v Flash EPROM, aby bylo možné plnit požadované funkce varianty vozidla. Tento výběr se uloží také do EEPROM.

Jiné typy zařízení jsou koncipovány tak, že na konci výroby vozidla lze kompletní datové věty naprogramovat do Flash EPROM. Tím se snižuje počet typů řídicích jednotek potřebných pro výrobce vozidel.

Paměť pro zápis/čtení (RAM) je kromě toho potřebná pro ukládání proměnných dat, jako jsou výpočetní hodnoty a hodnoty signálů. RAM vyžaduje pro svoji funkci trvalé napájení. Při odpojení řídicí jednotky přes spínač zapalování nebo po odpojení akumulátoru vozidla ztrácí tato paměť svůj ve-

škerý datový obsah. Adaptivní hodnoty (naučené hodnoty o stavu motoru a provozních režimech, na které bere program zřetel) by bylo nutné v tomto případě po připojení akumulátoru k řídicí jednotce znova zjišťovat. Aby se tomu zamezilo, ukládají se potřebné adaptivní hodnoty do EEPROM místo do RAM.

## Výstupní signály

Mikroprocesory řídí výstupními signály koncové stupně, které mají dostatečný výkon pro přímé připojení k akčním členům. Ovládání speciálních akčních členů je vysvětleno v příslušné části popisu. Koncové stupně jsou chráněny proti zkratu vůči kostře nebo napětí akumulátoru a také proti zničení v důsledku elektrického přetížení. Tyto závady a rozpojení přívodních vedení jsou zajištěny koncovými stupni a hlášeny mikroprocesoru.

Kromě toho jsou některé výstupní signály předávány přes rozhraní do dalších systémů.

## Přenos dat do dalších systémů

### Přehled systémů

Intenzivní využívání elektronických řídicích a regulačních systémů ve vozidlech, jako např.

- řízení převodovky,
- elektronické řízení motoru, popř. vstříkovacího čerpadla,
- protiblokovací systém (ABS),
- protiproluzová regulace (ASR),
- regulace dynamiky jízdy (FDR),
- regulace setrvačného momentu motoru (MSR),

- elektronický imobilizátor (EWS),

- palubní počítače atd.

vyžadují propojení těchto jednotlivých řídících jednotek do sítě. Přenos informací mezi systémy snižuje počet snímačů a zlepšuje využití jednotlivých systémů. Rozhraní speciálně pro motorová vozidla vyvinutých komunikačních systémů lze rozdělit do dvou kategorií:

- konvenční rozhraní a
- sériová rozhraní, např. Controller Area Network (CAN).

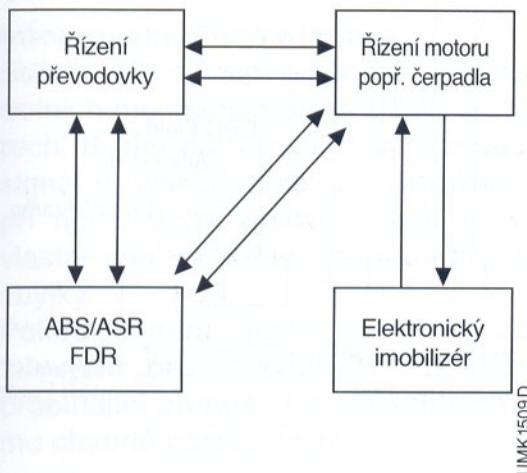
## Konvenční přenos dat

Konvenční přenos dat v motorových vozidlech je charakteristický tím, že každému signálu je přiřazeno jednotlivé vedení (obrázek 2). Binární signály lze přenášet pouze pomocí dvou stavů „1“, nebo „0“, (binární kód), např. kompresor klimatizace „zapnut“ nebo „vypnuto“.

Pomocí změny střídy lze přenášet plynule proměnlivé veličiny, jako např. stav snímače pedálu akcelerace.

Vzrůst potřeby přenosu dat mezi elektronickými komponenty v motorovém vozidle však již nelze konvenčními rozhraními plně zvládnout. „Komplexnost“ kabelových svazků lze v současnosti zvládnout pouze velkými výdaji a požadavky na přenos dat mezi řídícími jednotkami nadále stoupají.

Obrázek 2: Konvenční přenos dat.



UMK1509D

## Sériový přenos dat (CAN)

Problémy při přenosu dat pomocí konvenčních rozhraní lze vyřešit využitím sběrnicových systémů (datové sběrnice), např. CAN, což je systém sběrnice speciálně vyvinutý pro motorová vozidla. Pokud mají elektronické řídící jednotky sériové rozhraní CAN, mohou výše uvedené signály přenášet přes CAN.

Pro CAN v motorových vozidlech tím vznikají tři různé oblasti použití:

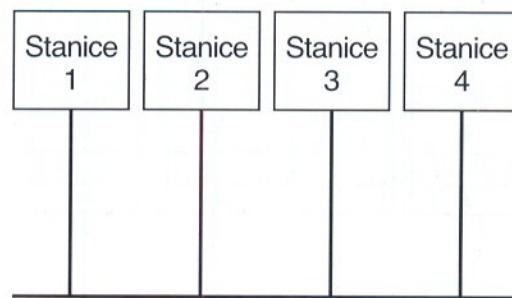
- propojení řídících jednotek,
- elektronika karosérie a komfortní elektronika a
- mobilní komunikace.

Následující popis se omezuje na propojení řídících jednotek.

### Propojení řídicích jednotek

U propojení řídicích jednotek jsou propojeny elektronické systémy jako řízení motoru popř. vstříkovací čerpadlo, protiblokovací systém ABS, protiprokluzová regulace ASR, popř. regulace dynamiky jízd ESP, elektronické řízení převodovky atd. Řídící jednotky se přitom berou jako stanice se stejným oprávněním nad lineárním propojením se strukturou sběrnice (obrázek 3). Tato struktura má výhodu v tom, že systém sběrnice zůstává plně k dispozici pro další stanice při výpadku jedné ze sta-

Obrázek 3: Lineární struktura sběrnice



UAE0283D

nic. V porovnání s jinými logickými uspořádáními (jako kruhové struktury nebo hvězdicové struktury) se tím podstatně sníží pravděpodobnost celkového výpadku. U kruhových popř. hvězdicových struktur by vedl výpadek jediného účastníka popř. centrální jednotky k celkovému výpadku.

Typické přenosové rychlosti jsou mezi cca 125 kbit/s a 1 Mbit/s (řídicí jednotka motoru a řídicí jednotka čerpadla např. komunikují při elektronické regulaci vznětového motoru u rotačních vstřikovacích čerpadel s radiálními písty s přenosovou rychlosťí 500 kbit/s). Přenosové rychlosti musejí být tak vysoké, aby bylo zaručeno požadované chování v reálném čas.

### Adresování vztažené k obsahu

Sběrnicový systém CAN adresuje nejen jednotlivé stanice, ale přiřazuje každé „zprávě“ pevný „identifikátor“ s délkou 11 nebo 29 bitů. Tento identifikátor označuje obsah zprávy (např. otáčky motoru).

Stanice vyhodnocuje pouze ta data, jejichž identifikátor je uložen v seznamu zpráv určených pro příjem (kontrola příjmu, obrázek 4). Veškerá ostatní data jsou jednoduše ignorována.

Adresování vztažené k obsahu umož-

ňuje vyslat jediný signál do několika stanic tak, že snímač vyšle svůj signál přímo popř. přes řídicí jednotku do sítě sběrnice a tento signál je potom na sběrnici rozdělen. Kromě toho lze realizovat řadu variant vybavení, protože lze např. přidávat další stanice do již existujícího systému sběrnice CAN.

### Priority

Identifikátor určuje vedle datového obsahu současně také prioritu (právo přednosti) zprávy při vysílání. Rychle se měnící signál (např. otáčky motoru) musí být také převeden velmi rychle, a proto dostává vyšší prioritu než signál, který se v poměru mění pomaleji (např. teplota motoru).

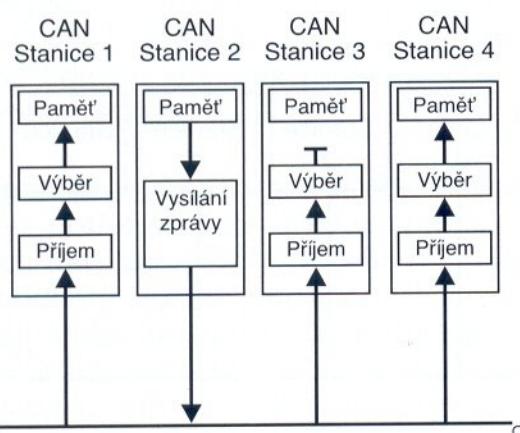
### Předávání sběrnice

Pokud je sběrnice volná, může jakákoli stanice začít přenášet svoji zprávu. Pokud začne současně vysílat několik stanic, prosadí se zpráva s nejvyšší prioritou, aniž by došlo ke ztrátě času popř. bitů. Vysílač zpráv s nižší prioritou se automaticky přepne na příjem a opakuje svůj pokus o vysílání, až bude sběrnice zase volná.

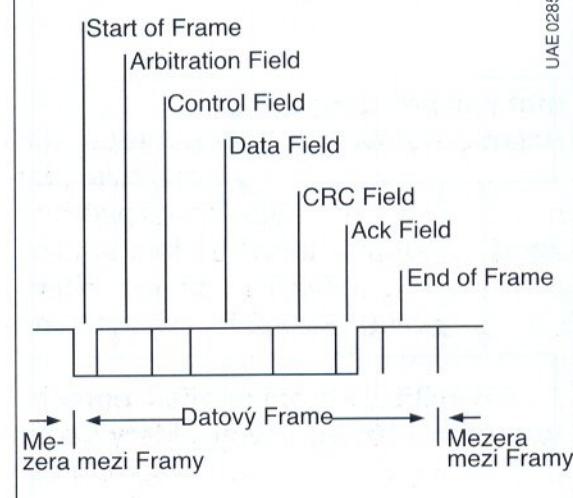
### Formát zpráv

Pro přenos na sběrnici je vytvořen datový rámec (Data Frame), jehož délka činí maximálně 130 bitů (standardní for-

Obrázek 4: Adresování a kontrola akceptovatelnosti



Obrázek 5: Formát zpráv



mát), popř. 150 bitů (rozšířený formát). Tím je zajištěno, aby se udržely co nejkratší čekací časy do příštího, možná velmi naléhavého přenosu. „Data Frame“ sestává ze sedmi za sebou následujících polí (obrázek 5):

- „Start of Frame“ označuje začátek zprávy a synchronizuje všechny stanice.
- „Arbitration Field“ sestává z identifikátoru zprávy a přídavného kontrolního bitu. Během přenosu tohoto pole kontroluje vysílač u každého bitu, zda má ještě stále oprávnění k vysílání nebo zda již vysílá jiná stanice s vyšší prioritou. Kontrolní bit rozhoduje, zda se u zprávy jedná o „Data Frame“ nebo o „Remote Frame“.
- „Control Field“ obsahuje kód pro počet datových bytů v „Data Field“.
- „Data Field“ má k dispozici informační obsah s délkou mezi 0 a 8 bytů. Zpráva s délkou 0 může být využita pro synchronizaci rozdělených procesů.
- „CRC Field“ obsahuje zabezpečovací slovo rámce pro zjišťování poruch vzniklých při přenosu.
- „Ack Field“ obsahuje potvrzovací signál všech přijímačů, které zprávu bezchybně přijaly.
- „End of Frame“ označuje konec zprávy.

### **Integrovaná diagnostika**

Sběrnicový systém CAN má řadu kontrolních mechanismů pro zjišťování poruch. K nim patří např. zabezpečovací signál v „Data Frame“ a „Monitoring“, při něm každý vysílač znovu přijímá vlastní zprávu a zjišťuje případné odchylinky.

Pokud některá stanice zjistí poruchu, tak vyšle „příznak chyby“, který ukončí probíhající přenos. Tím se zamezí příjmu chybné zprávy jinými stanicemi.

V případě vadné stanice se potom může pouze stát to, že veškeré zprávy, tedy také bezchybné, budou přerušeny chybovým příznakem. Aby se tomu zamezilo, je systém sběrnice CAN vybaven mechanismem, který dokáže rozlišit příležitostné závad od trvalých závad a tím dokáže lokalizovat výpadky stanic. Toto se provádí pomocí statistického vyhodnocování chybových situací.

### **Standardizace**

CAN byla standardizována mezinárodní organizací norem ISO pro přenos dat v motorových vozidlech:

- pro aplikace do 125 kbit/s jako ISO - 11 519-2 a
- pro aplikace nad 125 kbit/s jako ISO 11 898.

Další výbory (např. pro americký trh užitkových vozidel) a výrobci motorových vozidel se rovněž rozhodli pro CAN.

## Pomocné spouštěcí systémy pro vznětové motory

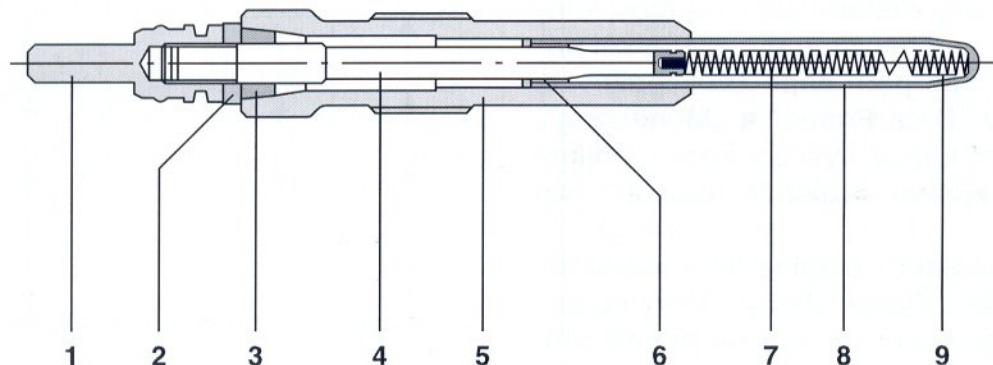
Studené vznětové motory se - na rozdíl od teplých vznětových motorů - obtížně spouštějí popř. dochází k obtížnému zapálení směsi, protože ztráty způsobené úniky a teplotou snižují při komprese směsi vzduchu s palivem tlak a teplotu na konci komprese. Použití pomocných spouštěcích systémů je proto za těchto okolností mimořádně důležité. Mezní teplota pro spouštění závisí na konstrukci motoru. Motory s předkomůrkou a s vířivou komůrkou mají v přídavném spalovacím prostoru umístěnu žhavicí svíčku (GSK) jako „horký bod“. U malých motorů s přímým vstřikem je tento horký bod na okraji spalovacího prostoru. Velké motory s přímým vstřikem pro užitková vozidla pracují alternativně s předehříváním vzduchu v sacím potrubí (plamenový start) nebo prostřednictvím snadno zápalného speciálního paliva (startovací pilot), které se vstříkuje do nasávaného vzduchu. V současnosti se skoro výhradně používají systémy s kolíkovými žhavicími svíčkami.

## Tužkové žhavicí svíčky

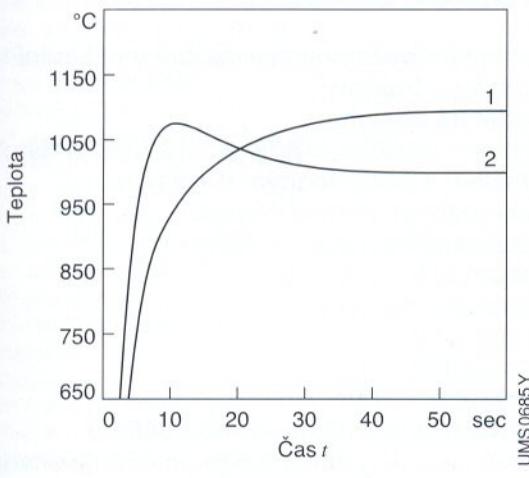
Žhavicí hrot žhavicí svíčky je plynотěsně a pevně zalisován do tělesa svíčky a sestává z kovové trubičky odolné vůči horkým plynům a korozi, žhavicí spirála je umístěna uvnitř ve stlačeném prášku oxidu hořčíku (obrázek 1). Tato žhavicí spirála je sestavena ze dvou řad propojených rezistorů: topná spirála umístěná ve špičce žhavicí trubky a regulační spirála. Topná spirála má na teplotě skoro nezávislý odporník, regulační spirála vykazuje kladný teplotní koeficient (PTC). Její odporník se u žhavicích tužkových svíček nejnovější generace (GSK2), se silně vzrůstající teplotou, zvyšuje silněji než u běžných tužkových svíček (typ S-RSK). Nové tužkové žhavicí svíčky GSK2 se proto vyznačují rychlejším dosažením teploty potřebné pro zapálení ( $850^{\circ}\text{C}$  za 4 s) a nižší teplotou v ustáleném stavu (obrázek 2); teplota svíčky je tím omezena na tuto nekritickou teplotu. Kromě toho lze tužkovou žhavicí svíčku po startu provozovat ještě až další tři minuty. Toto následné žhavení způsobuje zlepšený rozběh a zahřívání se značně sníženými emisemi hluku a spalin.

Obrázek 1: Kolíková žhavicí svíčka GSK2

1 připojovací konektor, 2 izolační podložka, 3 dvojité těsnění, 4 připojovací čep, 5 těleso, 6 utěsnění topného tělesa, 7 topná a regulační spirála, 8 žhavicí trubička, 9 vyplňovací prášek.



Obrázek 2: Žhavicí svíčky  
Diagram - teplota - čas  
1 S-RSK, 2 GSK2.



## Plamenová žhavicí svíčka

Plamenová žhavicí svíčka zahřívá nasávaný vzduch spalováním paliva. Obvykle vede dopravní palivové čerpadlo vstřikovací soustavy palivo přes elektromagnetický ventil plamenové svíčky. V připojovacím niplu plamenové svíčky je umístěn filtr a dávkovací jednotka. Tato dávkovací jednotka umožňuje průtok množství paliva přizpůsobený motoru tak, aby se toto množství dokázalo odpařit v odpařovací trubičce umístěné kolem žhavicí svíčky a smísilo se potom s nasávaným vzduchem. Tato směs vzplane v přední části plamenové svíčky u žhavicího kolíku s teplotou 1000 °C.

## Řídicí jednotka doby žhavení

Řídicí jednotka doby žhavení (GZS) má pro ovládání žhavicích svíček k dispozici výkonové relé a elektronický spínační blok. Jednotka např. ovládá dobu žhavení žhavicích svíček a zajišťuje bezpečovací a sledovací funkce. Pomocí diagnostických funkcí zjišťuje vyvinutější řídící jednotky doby žhavení výpadek jednotlivých žhavicích svíček a toto oznamují řidiči. Ovládací vstupy řídící jednotky doby žhavení jsou realizovány jako vícepólový konektor a pří-

vod ke žhavicím svíčkám je realizován z hlediska minimálního úbytku napětí pomocí vhodných závitových čepů nebo konektorů.

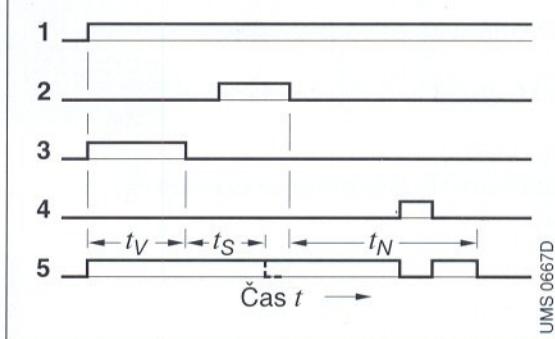
## Funkční průběh

Průběh předžhavení a startu je stejně jako u zážehového motoru určen spínačem startu žhavení. Při poloze klíčku „zapalování zapnuto“ se zahájí proces předžhavení. Při zhasnutí kontrolky žhavení jsou žhavicí svíčky dostatečně horké, proto lze zahájit proces spuštění. V následující fázi startu se odpaří vstřikované kapičky paliva, zapálí se stlačeným horkým vzduchem a uvolněné teplo vede k zahájení procesu spalování (obrázek 3).

Následné žhavení po spuštění přispívá k rozběhu a volnoběhu ve fázi zahřívání bez výpadků a tedy se sníženou kouřivostí a současně k redukování hluku při spalování u studeného motoru. Pokud se neprovede spuštění motoru, zamezí zabezpečovací vypnutí žhavicích svíček vybití akumulátoru.

Při napojení řídící jednotky doby žhavení k řídící jednotce systému EDC (Electronic Diesel Control) lze zde obsažené informace využít pro optimální ovládání žhavicích svíček v různých provozních režimech. Tím jsou dány další možnosti ke snížení emisí modrého kouře a hluku.

Obrázek 3: Typický průběh doby žhavení  
1 spínač startu žhavení, 2 spouštěč,  
3 kontrolka, 4 výkonový spínač, 5 žhavicí svíčka,  $t_V$  doba předžhavení,  $t_S$  připravenost ke startu,  $t_N$  doba následného žhavení.



**BOSCH****Automobilová diagnostika**

## Nabízí zařízení pro měření kouřivosti vznětových motorů

### Kouřoměr BOSCH RTT 110

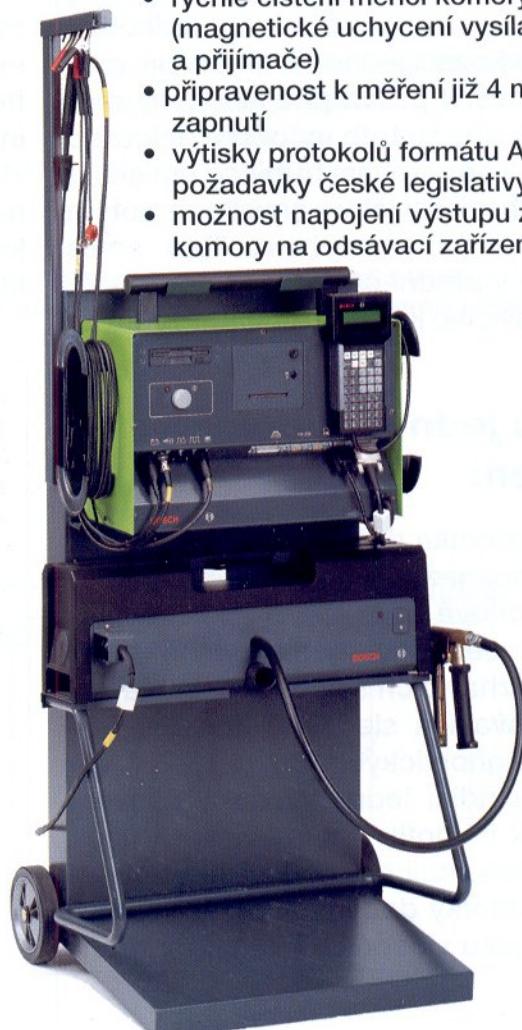


- univerzálně použitelný pro osobní a nákladní automobily i traktory
- jednoduchá obsluha s komfortní zadáváním údajů o vozidle a zákazníkovi datovým terminálem
- široké možnosti měření otáček:
  - z piezoelektrického snímače
  - z akumulátoru vozidla\*
  - z optického snímače\*
  - ze snímače HÚ\*
  - ze snímače RIV\*
  - ze signálů TD/TN\*
- napájecí napětí 12V zaručuje vysokou mobilitu
- odběrná hadice o délce až 5m umožňuje snadné měření vozidel s horním vyústěním výfuku
- patentovaná délka měřící komory 100 mm
- sebečistící mechanismus měřící komory-nově využitý princip a technologie využívání křemičitých skel, spalujících zbytky sazí na nich usazených
- automatický odvodňovač odvádí zkondenzované vodní páry
- nejvyšší přesnost, stabilita a reprodukovatelnost měření
- dlouhé intervaly údržby
- výtisky protokolů formátu A4 splňující požadavky české legislativy

### Kouřoměr BOSCH EAM 3.011

- univerzálně použitelný pro osobní a nákladní automobily i traktory
- jednoduchá obsluha
- zadáváním údajů o vozidle a zákazníkovi datovým terminálem s podsvíceným displejem
- široké možnosti měření otáček:
  - z piezoelektrického snímače
  - z akumulátoru vozidla
  - z optického snímače\*
  - ze snímače HÚ\*
  - ze snímače RIV\*
  - ze signálů TD/TN\*
- výfuková sonda s nastavitelnou délkou
- odběrná hadice o délce 3,5 m umožňuje snadné měření vozidel s horním vyústěním výfuku
- délka měřící komory 430 mm
- systém vícenásobných vzduchových závěsů s tangenciálním prouděním čistého vzduchu, snižující usazování sazí na optice přijímače a vysílače
- vyhřívání stěn měřící komory na teplotu 60 °C zabraňuje kondenzaci vodních par
- nejvyšší přesnost, stabilita a reprodukovatelnost měření
- dlouhé intervaly údržby

- rychlé čištění měřící komory (magnetické uchycení vysílače a přijímače)
- připravenost k měření již 4 minuty po zapnutí
- výtisky protokolů formátu A4 splňující požadavky české legislativy
- možnost napojení výstupu z měřící komory na odsávací zařízení



# Emisní systémová analýza Bosch ESA 3.110

- Modulární řešení počítačem řízeného měření emisí vznětových motorů
- bohaté základní příslušenství umožňující měření přídavných veličin
  - otáčky
    - z piezoelektrického snímače
    - ze signálů TD/TN/EST
    - z akumulátoru vozidla\*
    - z optického snímače\*
    - ze snímače HÚ\*
    - ze snímače RIV\*
  - teplota motoru
  - dynamický předvstřik
  - napětí
  - odpor
- jednoduchá obsluha s využitím textů návodů
- ovládání z místa řidiče pomocí dálkového bezkabelového ovládání
- plná automatizace měřicích postupů
- databanka zákazníků usnadňuje zadávání údajů při opakovaném měření emisí

\*) zvláštní příslušenství

- databanka předepsaných emisních hodnot včetně korigovaných součinitelů absorpcie\*
- odběrná hadice o délce 3,5 m umožňuje snadné měření vozidel s horním vyústěním výfuku
- délka měřící komory 430 mm
  - vysoká přesnost měření díky optimálnímu proudění v měřící komoře
  - dlouhé intervaly údržby díky vícenásobným vzduchovým závěsům
  - rychlé čištění měřící komory (magnetické uchycení vysílače a přijímače)
  - výfuková sonda s nastavitelnou délkou
  - možnost napojení výstupu z měřící komory na odsávací zařízení
  - výtisky protokolů formátu A4 splňující požadavky české legislativy
  - statistický program umožňuje automatické číslování protokolů
  - vedení evidence kontrolních nálepek
  - vedení evidence osvědčení
  - zpracování čtvrtletních hlášení
- široká nabídka příslušenství



Robert Bosch odbytová spol. s r.o.  
Divize automobilová diagnostika  
Pod Višňovkou 25/1661  
142 01 Praha 4 - Krč  
Tel.: 02/61 300 422-428  
Fax: 02/61 300 518  
Internet: [www.bosch.cz](http://www.bosch.cz)  
E-mail: [automobilova.diagnostika@cz.bosch.com](mailto:automobilova.diagnostika@cz.bosch.com)

**Distribuce:**

Robert Bosch odbytová spol. s r.o.  
Automobilová diagnostika  
Pod Višňovkou 25/1661  
142 01 Praha 4 – Krč  
Tel.: 02/61300 422-8  
Fax: 02/61300 518

**SOUČÁK**

Elektronika motc.	1 987 720 001
Bezpečnostní a komfortní systémy	1 987 720 037
Symboly a elektronická schémata	1 987 722 002
Odrůšení	1 987 722 008
Systém vstřikování K-Jetronic	1 987 720 009
Systém vstřikování KE-Jetronic	1 987 720 021
Systém vstřikování L-Jetronic	1 987 720 010
Systém vstřikování Mono-Jetronic	1 987 720 033
Systém řízení motoru Motronic	1 987 720 011
Emise zážehových motorů	1 987 722 020
Akumulátory	1 987 720 003
Zapalování	1 987 720 004
Zapalovací svíčky	1 987 720 005
Alternátory	1 987 720 006
Startéry	1 987 720 007
Přehled vstřikování vznětových motorů	1 987 722 038
Řadová vstřikovací čerpadla	1 987 722 012
Regulátory řadových čerpadel	1 987 722 013
Rotační vstřikovací čerpadla	1 987 722 014
Brzdové soustavy osobních vozidel	1 987 722 023
Vzduchové brzdové soustavy: schémata	1 987 722 015
Vzduchové brzdové soustavy: zařízení	1 987 722 016
Common Rail	1 987 720 054
Rotační čerpadlo s radiálními písty	1 987 720 053
Světelná technika	1 987 720 039
Regulace dynamiky jízdy	1 987 720 052

**Objednací číslo**

1 987 720 001
1 987 720 037
1 987 722 002
1 987 722 008
1 987 720 009
1 987 720 021
1 987 720 010
1 987 720 033
1 987 720 011
1 987 722 020
1 987 720 003
1 987 720 004
1 987 720 005
1 987 720 006
1 987 720 007
1 987 722 038
1 987 722 012
1 987 722 013
1 987 722 014
1 987 722 023
1 987 722 015
1 987 722 016
1 987 720 054
1 987 720 053
1 987 720 039
1 987 720 052

