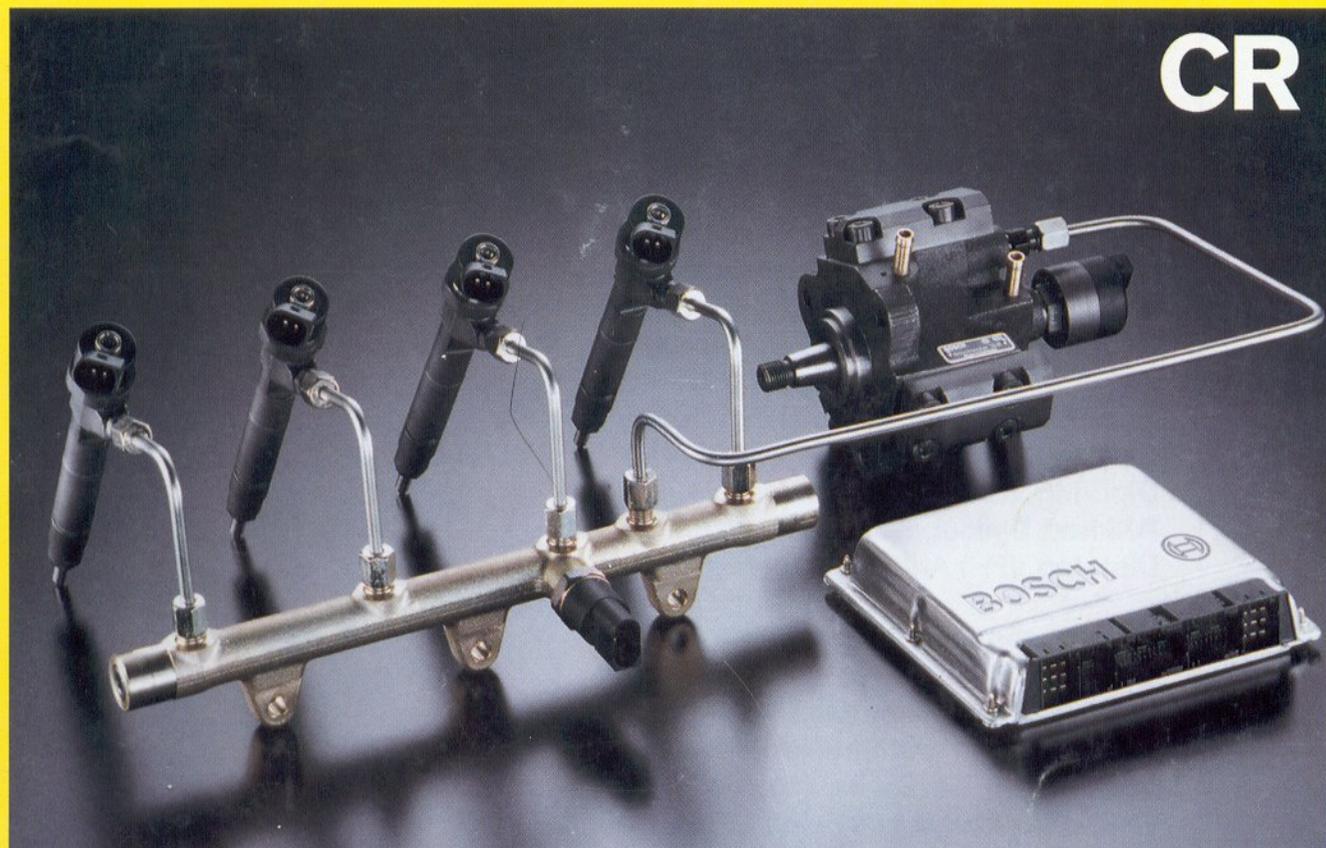


# System vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common Rail

98/99



Technická příručka



**BOSCH**

**Vydavatel:**

Robert Bosch GmbH, 1998  
Postfach 30 02 20  
D-70442 Stuttgart.  
Unternehmensbereich Kraftfahrzeug  
Ausrüstung,  
Abteilung Technische Information  
(KH/VSK5).

**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:**

Dr.-Ing. Ralf Isenburg,  
Dipl.-Ing. (FH) Micha Münzrnmay  
(STZ- System- und Simulationstechnik,  
Prof. H. Kull, Esslingen)  
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

Není-li uvedeno jinak, jedná se  
o pracovníky společnosti Robert  
Bosch GmbH, Stuttgart.

Přetisk, rozmnožování a překlad, i čá-  
stečný, pouze s naším předběžným  
souhlasem a s uvedením zdroje.  
Obrázky, popisy a schémata slouží  
pouze pro vysvětlení a doplnění textu.  
Nemohou být použity jako podklady  
pro konstrukci, montáž a dodávku.

Nepřebíráme žádnou záruku za shodu  
obsahu s právě platnými zákonnými  
předpisy.

Bez záruky.

Změny vyhrazeny

1. české vydání, 1999

Přeloženo z německého originálu  
Diesel-Speichreinspritzsystem  
Common-Rail  
Robert Bosch GmbH, 2. vydání,  
listopad 1998

**Překlad:**

Ing. Miloš Chlup  
Ing. Radan Staněk

**Vydavatel:**

Robert Bosch obdobyťová spol. s r.o.  
Automobilová diagnostika  
Pod Višňovkou 26/1661  
142 01 Praha 4 – Krč  
Tel.: 02/61 300 422-8  
Fax: 02/61 300 518

**Grafická příprava:**

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

ISBN 80-902585-6-5

# System vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common Rail

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.

Rostoucí požadavky na nižší spotřebu, nižší škodliviny ve výfukových plynech a vždy klidný chod vznětového motoru se již nedají plnit mechanicky regulovaným systémem vstřikování. K tomu jsou nutné velmi vysoké vstřikovací tlaky, přesný průběh vstřiku a velmi přesné odměřování vstřikované dávky.

V této "Technické příručce" získáte všechny poznatky o vstřikovacím systému "Common Rail", jeho součástech, stavbě a funkci, stejně jako o tom, jak nový systém plní zvláště dobře výše uvedené požadavky. Nové na tomto systému jsou zásobník pod stálým tlakem, Rail, zvláštní vysokotlaké zásobování palivem, vstřikovače a elektronická regulace, která zvládá i obtížné úlohy řízení. S tímto vstřikovacím systémem mohou být dodrženy zpřísněné emisní zákony i jejich budoucí vydání.

---

## Přehled systémů vstřikování vznětových motorů

Oblast použití	2
Požadavky	2
Typy konstrukce	4

---

## System vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common Rail

Přehled systému	6
Způsoby vstřikování	8
Snížení emisí	10
Palivový systém	12
Konstrukce a funkce součástí	14
Řízení systému s EDC	30

---

## Elektronická regulace vznětového motoru EDC

Požadavky	42
Přehled systému	42
Zpracování dat v EDC	43
Přenos dat k dalším systémům	44

---

## Pomocné startovací systémy

---

# 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 traktory (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).

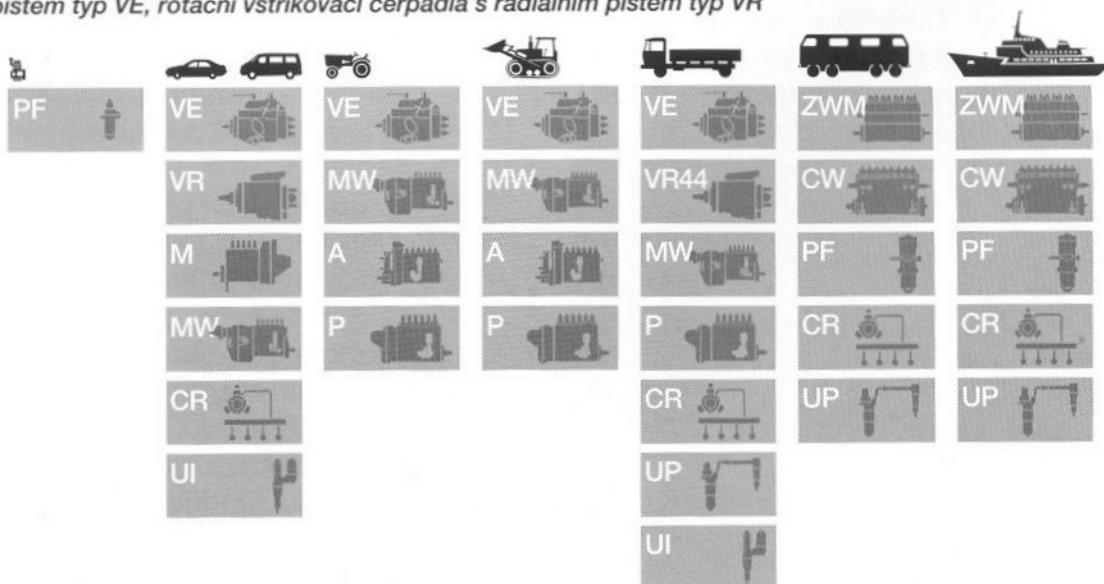
## Požadavky

Stále přísnější předpisy pro emise výfukových plynů a hluku 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 vstřík) 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 odměřováním 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 vstříkovaní, je u osobních automobilů (a již také u užitkových automobilů) nahrazena mechanická regulace systé-

mů vstříkovaní elektronickou regulací vznětového motoru (EDC). Při současném stavu techniky se pro vznětové motory motorových vozidel využívají hlavně níže uvedené systémy vysokotlakého vstříkovaní.

*Oblasti použití, požadavky*

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

Systém vstříkovaní konstrukce	Vstříkovaní					Údaje o motoru				
	vstříkovaná dávka na zdvih cm <sup>3</sup>	max. tlak na straně trysky bar	mechanické e em	přímé vstříkovaní IDI	neřímé vstříkovaní IDI	úvodní vstřík VE	následný vstřík NE	počet válců	max. otáčky min <sup>-1</sup>	max. výkon na válec kW
Radová vstříkovací čerpadla										
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
Rotační vstříkovací čerpadla s axiálními písty										
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
Rotační vstříkovací čerpadla s radiálními písty										
VR...MV	0,135	1700	e, MV	DI	-	-	-	4, 6	4500	37
Jednoválcová vstříkovací čerpadla										
PF(R)...	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 3a)	3000	45
UI 31 2)	0,3	1600	e, MV	DI	VE	-	-	8 3a)	3000	75
UI 32 2)	0,4	1800	e, MV	DI	VE	-	-	8 3a)	3000	80
UI-P1 3)	0,062	2000	e, MV	DI	VE	-	-	6 3a)	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
Zásobníkový systém Common Rail										
CR 5)	0,1	1350	e, MV	DI	VE <sup>5a)</sup> / NE	-	-	3...8	5000 5b)	30
CR 6)	0,4	1400	e, MV	DI	VE <sup>6a)</sup> / NE	-	-	6...16	2800	200

1) EDC elektronická regulace pro vznětové motory, 2) UI sdružená vstříkovací jednotka pro užitková vozidla, 3) UI pro osobní vozidla, 3a) se dvěma řídicími jednotkami je možný i větší počet válců, 4) UP čerpadlo-vedení-tryska pro užitková vozidla a autobusy, 5) CR 1. generace pro osobní vozidla a lehká užitková vozidla, 5a) do 90° KH před HÚ volně volitelné, 5b) do 5500 min<sup>-1</sup> při deceleraci, 6) CR pro užitková vozidla, autobusy a diesellokomotivy, 6a) 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 uspořádány v řadě. Zdvih pístu je neměnný. Aby bylo možné dosáhnout změny dávky, jsou v pístu šikmé řídicí hrany, takže lze otočením pístu prostřednictvím posuvné regulační tyče dosáhnout požadovaného užitého zdvihu. Mezi vysokotlakým prostorem čerpadla a začátkem vstřikovacího vedení jsou podle podmínek vstřiku umístěny přídavné výtlačné ventily. Ty určují přesné ukončení vstřiku, zamezují dostřiku u vstřikovací trysky a zajišťují rovnoměrné 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 zdvihovými šoupátky

Řadová vstřikovací čerpadla se zdvihovými šoupátky se liší od běžných řadových vstřikovacích čerpadel se zdvihovým šoupátkem kluzně umístěným na pístu čerpadla, pomocí tohoto šoupátka lze měnit úvodní zdvih a tedy také počátek dodávky popř. vstřiku pomocí přídavného ovládacího hřídele. Pozice zdvihového šoupátka se nastavuje v závislosti na různých veličinách. Řadová vstřikovací čerpadla se zdvihovými 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 tolik zdvihů, 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 točivému pohybu také zdvihový pohyb.

U běžného rotačního vstřikovacího čerpadla s axiálním pístem VE s mechanickým odstředivým regulátorem otáček nebo elektronicky regulovaným nastavovacím mechanismem určuje užité 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 šoupátka. Řídicí a regulační signály jsou zpracovány ve dvou elektronických řídicích 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 dávákuje 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 řídicí a regulační signály zpracovány ve dvou řídicích jednotkách (řídicí 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 pohon), 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 viskózními 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 vahadlo 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 přídatných 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 polí 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 otáčkách motoru a vstřikované dávce a je připraven v „Railu“, (tlakovém zásobníku paliva) pro vstřikování. Okamžik vstřiku a vstřikovaná dávka jsou vypočítávány elektronickou řídicí jednotkou a prostřednictvím injektorů (vstřikovací jednotky) na každém válci motoru jsou realizovány ovládaným elektromagnetickým ventilem.

# System vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail

## Přehled systému

### Oblast použití

Zavedením prvního sériově vyráběného řadového vstřikovacího čerpadla v roce 1927 začala u firmy Bosch výroba naftových vstřikovacích systémů. Těžiště nasazení řadových vstřikovacích čerpadel leží do dneška u nejrůznějších užitkových vozidel a stacionárních motorů až po lokomotivy a lodě se vstřikovacími tlaky až cca. 1350 bar a výkonem až cca. 160 kW na válec. Nejrůznější požadavky, např. zástavba motorů s přímým vstřikováním do malých dodávkových a osobních vozidel, vedly k vývoji různých systémů vstřikování nafty, které jsou sladěny s příslušnými požadavky. Přitom mají také velký význam zvýšení měrného výkonu, snížení spotřeby paliva, stejně jako snížení emisí hluku a škodlivin.

Vstřikovací systém Bosch s tlakovým zásobníkem "Common Rail" nabízí pro motory s přímým vstřikováním výrazně vyšší pružnost pro přizpůsobení vstřikovacího systému motoru než konvenční vačkou poháněné systémy:

- široký rozsah použití (pro osobní a lehká užitková vozidla s výkonem až 30 kW na válec, pro těžká užitková vozidla až po lokomotivy a lodě s výkonem až do cca. 300 kW na válec),
- vyšší vstřikovací tlak až cca. 1400 bar,
- proměnný předvstřik
- možnost rozdělení vstřikované dávky na úvodní, hlavní a následný vstřik
- přizpůsobení vstřikovacího tlaku provoznímu stavu.

### Funkce

U vstřikovacího systému "Common Rail" je odděleno vytváření tlaku a vstřikování. Vstřikovací tlak je vytvářen nezávisle na otáčkách motoru a vstřikované dávce. Palivo je připraveno pro vstřikování ve vysokotlakém zásobníku paliva "Railu". Vstřikovaná dávka je určena řídicím, okamžik vstřiku a vstřikovací tlak jsou vypočteny z uložených polí hodnot v elektronické řídicí jednotce a realizovány vstřikovačem (vstřikovací jednotkou) každého válce prostřednictvím řízeného magnetického ventilu. Části řídicí jednotky a senzory vstřikovacího zařízení s Common Railem obsahují:

- řídicí jednotku,
- snímač otáček klikové hřídele
- snímač otáček vačkové hřídele
- snímač polohy pedálu
- snímač plnicího tlaku
- snímač tlaku v zásobníku (Railu)
- snímač teploty chladicí kapaliny
- snímač hmotnosti nasávaného vzduchu.

Řídicí jednotka shromažďuje pomocí snímačů požadavky řidiče (poloha pedálu) a aktuální provozní poměry motoru a vozidla. Zpracovává signály vytvářené snímači a vedené po datových vedeních. Se získanými informacemi přebírá v dané situaci řídicí a regulující vliv nad vozidlem a zejména nad motorem. Snímač otáček klikové hřídele snímá otáčky motoru a snímač otáček vačkové hřídele zjišťuje pořadí vstřiku (fázovou polohu). Potenciometr jako snímač polohy pedálu předává řídicí jednotce prostřednictvím elektrického signálu požadavek řidiče na točivý moment.

Snímač hmotnosti nasávaného vzduchu dává řídicí jednotce informaci o aktuální hmotnosti vzduchu, aby se spalování přizpůsobilo odpovídajícím emisním předpisům. U motorů s turbodmychadlem a regulací plnicího tlaku měří snímač plnicího tlaku plnicí tlak. Podle teploty chladicí kapaliny a vzduchu může řídicí jednotka při nízkých teplotách a studeném motoru přizpůsobit požadované hodnoty předvstřiku, úvodní vstřikované dávky a dalších parametrů provozním podmínkám. Podle vozidla jsou ještě připojeny k řídicí jednotce dodatečné snímače a datová vedení, aby bylo vyhověno rostoucím bezpečnostním a komfortním požadavkům.

Obrázek 1 ukazuje jako příklad naftové vstřikovací zařízení se vstřikovacím systémem s tlakovým zásobníkem "Common Rail" na čtyřválcovém vznětovém motoru s různými komponenty.

### Základní funkce

Základní funkce řídí vstřikování paliva ve správný okamžik, se správným množstvím a s daným tlakem. Zajišťují tím příznivou spotřebu a klidný běh vznětového motoru.

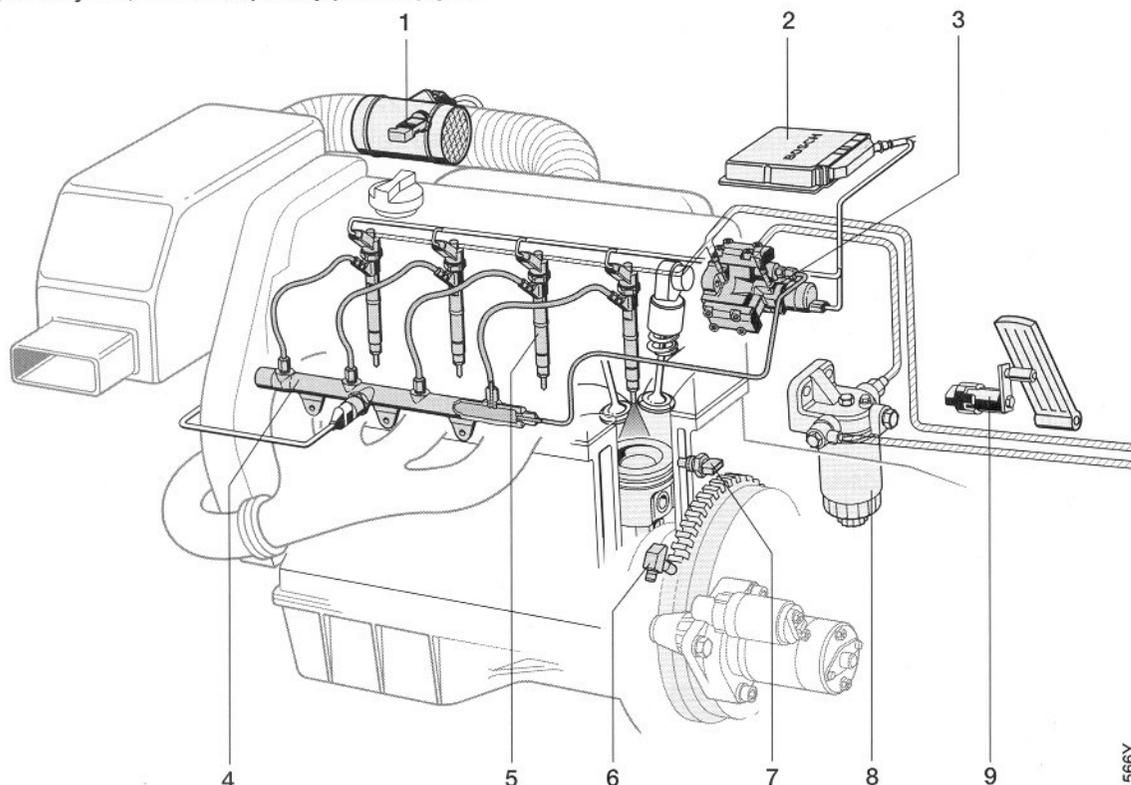
### Přídavné funkce

Přídavné řídicí a regulační funkce slouží ke snížení emisí a spotřeby nebo zvýšení bezpečnosti a komfortu. Příklady pro to jsou: recirkulace výfukových plynů, regulace plnicího tlaku, tempomat, elektronický imobilizér apod.

Systémy s datovou sběrnici CAN umožňují výměnu dat s dalšími elektronickými systémy vozidla (např. ABS, elektronické řízení převodovky). Diagnostické rozhraní dovoluje vyhodnocení uložených systémových dat při inspekci vozidla.

#### Obrázek 1:

1 snímač hmotnosti nasávaného vzduchu, 2 řídicí jednotka, 3 vysokotlaké čerpadlo, 4 vysokotlaký zásobník (Rail), 5 vstřikovač, 6 snímač otáček klikové hřídele, 7 snímač teploty chladicí kapaliny, 8 palivový filtr, 9 snímač polohy pedálu plynu



# Způsoby vstřikování

## Konvenční způsob vstřikování

U konvenčních vstřikovacích systémů jako u rotačních a řadových vstřikovacích čerpadel je dnes (1998) vstřik výlučně jako hlavní vstřik bez úvodní a následné vstřikované dávky (obr. 1). U rotačních vstřikovacích čerpadel s rozdělovačem ovládaných magnetickým ventilem jsou ovšem trendy, které v budoucnu rovněž umožní předvstřiknutí úvodní dávky před hlavním vstřikem. U konvenčních systémů je spojeno tvoření tlaku a příprava vstřikované dávky s vačkou a pístem. To má následující důsledky pro proces vstřikování:

- vstřikovací tlak stoupá s rostoucími otáčkami a vstřikovanou dávkou,
- během vstřikování vzrůstá vstřikovací tlak, ale odpadá do konce vstřiku zase na zavírací tlak trysky.

Následky toho jsou:

- malá vstřikovaná množství jsou vstřikována nižšími tlaky a
- špičkový vstřikovací tlak je více než dvojnásobkem středního vstřikovacího tlaku.
- průběh vstřiku se blíží tvarem trojúhelníku, jak je požadováno pro příznivé spalování.

Pro zatížení konstrukčních dílů vstřikovacího čerpadla a jeho pohonu je rozhodující špičkový vstřikovací tlak. Ten je u konvenčních vstřikovacích systémů měřítkem pro kvalitu tvorby směsi ve spalovacím prostoru.

## Postup vstřikování u Common Railu

Pro ideální postup vstřikování jsou dodatečně přidány ke konvenčnímu postupu vstřikování následující požadavky:

- Vstřikovací tlak a množství mají být v každém provozním bodu motoru stanoveny navzájem nezávisle (přídavný stupeň volnosti v tvorbě směsi).
- Vstřikovaná dávka má být na začátku vstřiku co nejmenší (během průtahu vznícení mezi začátkem vstřiku a začátkem hoření).

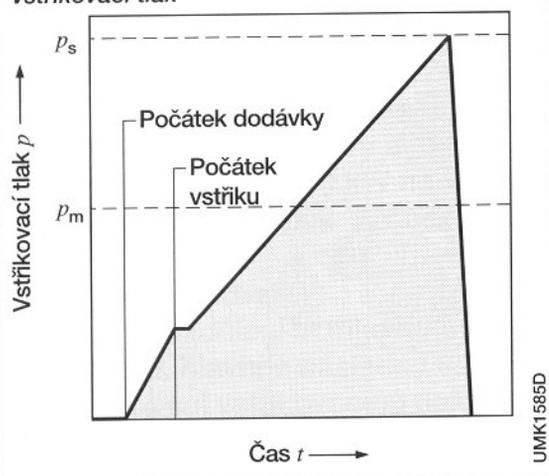
U systému vstřikování s tlakovým zásobníkem "Common Rail" s úvodním a hlavním vstřikem jsou tyto požadavky realizovány (obrázek 2 a 4).

Systém "Common Rail" je modulárně řešený. Za proces vstřikování odpovídají v první řadě:

- magnetickými ventily ovládané vstřikovače, které jsou zašroubované v hlavě válců,
- tlakový zásobník (Rail) a
- vysokotlaké čerpadlo.

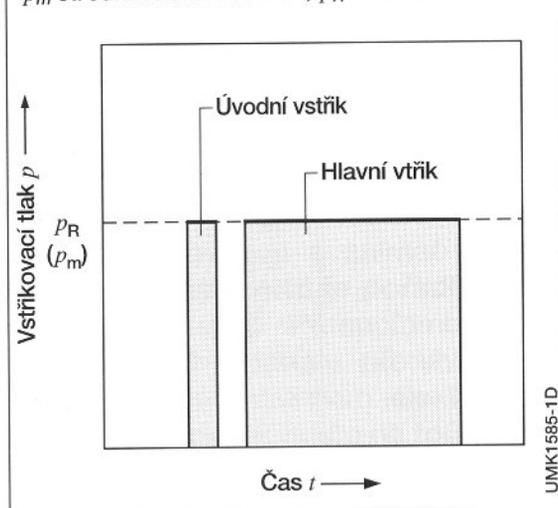
**Obrázek 1: Průběh vstřiku konvenčního vstřikování**

$p_m$  střední vstřikovací tlak,  $p_s$  špičkový vstřikovací tlak



**Obrázek 2: Průběh vstřiku vstřikování Common Rail**

$p_m$  střední vstřikovací tlak,  $p_R$  tlak v Railu



K provozu systému jsou kromě toho potřeba ještě další komponenty:

- elektronická řídicí jednotka
- snímač otáček klikové hřídele a
- snímač otáček vačkové hřídele (snímač fáze)

Jako vysokotlaké čerpadlo pro vytváření vysokého tlaku slouží u systémů v osobních vozidlech čerpadlo s radiálními písty. Tlak je vytvářen nezávisle na vstřikování. Otáčky vysokotlakého čerpadla jsou vázány stálým převodovým poměrem na otáčky motoru. Na základě téměř stejnoměrné dodávky může být vysokotlaké čerpadlo zřetelně menší a s menším vynakládaným špičkovým poháněcím momentem než u konvenčních vstřikovacích systémů. Vstřikovače, které jsou spojeny krátkým potrubím s "Railem", sestávají v podstatě z trysky a magnetického ventilu. Řídicí jednotka napájí magnetické ventily při zapnutí (začátek vstřiku). Při vypnutí proudu je vstřik ukončen. Vstřiknutá dávka paliva je při daném tlaku úměrná době sepnutí magnetického ventilu a nezávislá na otáčkách motoru a čerpadla (časově řízené vstřikování).

Požadované krátké spínací časy lze dosáhnout odpovídající dimenzí spouštěcího impulsu v řídicí jednotce s vysokým napětím a proudem.

Okamžik vstřiku je řízen systémem úhel-čas elektronické regulace vstřikování nafty EDC. K tomu jsou na klikové hřídeli a k rozpoznání válce případně fáze na vačkové hřídeli dva snímače otáček.

### Úvodní vstřik

Úvodní vstřik může být před horní úvratí až o  $90^\circ$ . Při počátku vstřiku úvodního vstřiku dříve než  $40^\circ$  klikového hřídele před HÚ může palivo zasáhnout horní plochu pístu a stěnu válce a vést k nepřípustnému ředění mazacího oleje. Při úvodním vstřiku je dodáno malé množství paliva ( $1 \dots 4 \text{ mm}^3$ ) do válce, které způsobí "předkondicionování" spalovacího

prostoru, může zlepšit účinnost spalování a dosáhnout následující efekty:

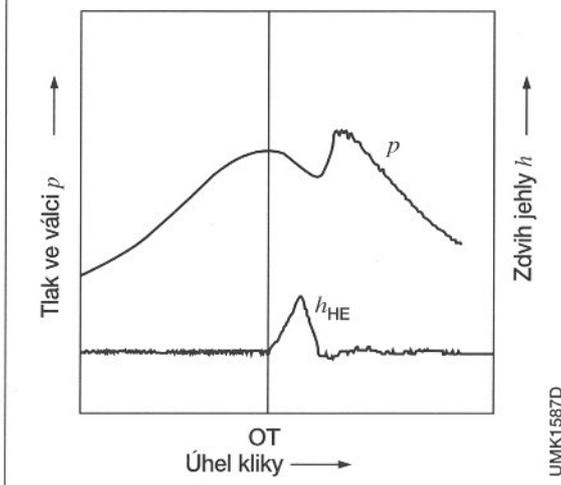
- Kompresní tlak bude předběžnou reakcí příp. částečným hořením lehce zvýšen, a tím
- průtah vznícení hlavního vstřiku zkrácen a
- nárůst spalovacího tlaku a špičkový spalovací tlak sníženy (měkčí spalování).

Tyto efekty snižují hluk spalování, spotřebu paliva a v mnoha případech emise. U průběhu tlaku bez úvodního vstřiku (obr. 3) stoupá tlak v oblasti před HÚ pouze mírně podle komprese, se začátkem hoření ale velmi strmě a vykazuje v tlakovém maximu ostrou špičku. Strmý nárůst tlaku a ostré špičky podstatně přispívají k hluku od spalování vznětového motoru. U průběhu tlaku s úvodním vstřikem (obr. 4) dosahuje tlak v oblasti před HÚ o něco vyššího tlaku a nárůst spalovacího tlaku proběhne s nižší strmostí.

Úvodní vstřik přispívá pouze nepřímo prostřednictvím zkrácení průtahu vznícení k nárůstu točivého momentu motoru.

**Obrázek 3: Zdvih jehly trysky a průběh tlaku bez úvodního vstřiku**

$h_{HE}$  zdvih jehly trysky při hlavním vstřiku



Podle počátku vstřiku hlavního vstřiku a odstupu mezi úvodním a hlavním vstřikem se může měrná spotřeba snižovat nebo zvyšovat.

### Hlavní vstřik

Hlavním vstřikem je dodávána energie pro práci odevzdávanou motorem. Ta v podstatě odpovídá průběhu točivého momentu. U systému vstřikování s tlakovým zásobníkem "Common Rail" zůstává velikost vstřikovacího tlaku během celého průběhu vstřiku téměř nezměnná.

### Následný vstřik

Následný vstřik může být nasazen k dávkování redukčního prostředku (palivová přísada) pro určité varianty NO<sub>x</sub>-katalyzátoru. Následuje hlavní vstřik během fáze expanze nebo výfuku až 200 ° KH za HÚ. Dopravuje přesně dávkované množství paliva do výfuku.

Na rozdíl od úvodního a hlavního vstřiku palivo neshoří, ale odpaří se vlivem zbytkového tepla výfukových plynů. Tato směs paliva a výfukových plynů je vedena při výfukovém taktu přes výfukový ventil do výfukového potrubí. Vlivem recirkulace výfukových plynů je ovšem část paliva přivedena opět ke spalování a působí jako velmi časný úvodní vstřik. Palivo ve výfuku působí jako vhodný NO<sub>x</sub>-katalyzátor, jako redukční prostředek oxidů dusíku.

Následkem toho jsou sníženy hodnoty NO<sub>x</sub> ve výfukových plynech.

Pozdní následný vstřik vede k ředění motorového oleje palivem; oprávněnost je zkoušena výrobcem motoru.

## Snížení emisí

### Tvoření směsi a průběh hoření

Ve srovnání se zážehovými motory pracují vznětové motory s těžko odpařitelnými palivy, připravují směs paliva a vzduchu mezi počátkem vstřiku a počátkem hoření a během spalování a dosahují tak méně homogenní směsi. Pracují vždy s přebytkem vzduchu ( $\lambda > 1$ ). Při nižším přebytku vzduchu stoupají emise sazí, CO a HC a spotřeba paliva.

Tvorba směsi bude popsána následujícími parametry tvorby směsi:

- vstřikovací tlak,
- míra vstřiku (doba vstřiku)
- rozdělení paprsků (počet, průřez a směr paprsků)
- počátek vstřiku
- pohyb vzduchu
- hmota vzduchu.

Všechny tyto veličiny mají vliv na emise a spotřebu paliva motoru. Tvorba NO<sub>x</sub> je podporována vysokou spalovací teplotou a koncentrací kyslíku. Saze podporuje nedostatek vzduchu a špatná tvorba směsi.

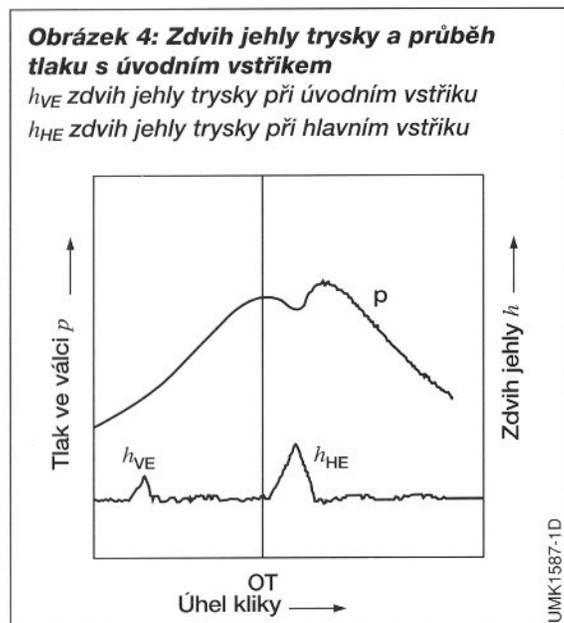
### Opatření na motoru

Tvar spalovacího prostoru a vedení vzduchu může kladně ovlivnit emise výfukových plynů. Na paprsky paliva vstřikující trysky pečlivě naladěný pohyb vzduchu ve spalovacím prostoru podporuje promísení vzduchu a paliva a tím úplné spálení paliva.

Vedle toho se projevuje kladně homogenní směs vzduchu a výfukových plynů a chlazená recirkulace výfukových plynů. Čtyřventilová technika a dmychadlo s variabilní geometrií turbíny přispívá také k nízkým emisím a vyššímu výkonu.

**Obrázek 4: Zdvih jehly trysky a průběh tlaku s úvodním vstřikem**

$h_{VE}$  zdvih jehly trysky při úvodním vstřiku  
 $h_{HE}$  zdvih jehly trysky při hlavním vstřiku



UMK1587-1D

## Recirkulace výfukových plynů

Co se týká emisní legislativy leží emise  $\text{NO}_x$  příliš vysoko, zatímco kouřivost leží pod limitní hodnotou. Recirkulace výfukových plynů nabízí možnost snížit emise  $\text{NO}_x$ , bez drastického zvýšení kouřivosti. To lze obzvláště výhodně realizovat se vstřikovacím systémem s tlakovým zásobníkem "Common Rail", protože ten umožňuje dobrou přípravu směsi díky vysokému vstřikovacímu tlaku. Při recirkulaci je v režimu částečného zatížení část výfukových plynů přiváděna do sacího traktu. To snižuje obsah kyslíku, rychlost hoření, špičkovou teplotu na čele plamene a tím emise  $\text{NO}_x$ . Avšak je-li zpět vedené množství výfukových plynů příliš velké (podíl přes 40%), narůstají emise  $\text{NO}_x$ , CO a kouřivost, stejně jako spotřeba paliva, pro nedostatek kyslíku.

## Vliv vstřikování paliva

Počátek vstřiku, průběh vstřiku a rozprášení paliva ovlivňuje rovněž spotřebu paliva a škodlivé emise.

### Počátek vstřiku

Pozdní vstřikování snižuje emise  $\text{NO}_x$  následkem nižší teploty cyklu. Příliš pozdní vstřik zvyšuje emise HC a spotřebu paliva stejně jako při vyšším zatížení také kouřivost. Odchylka počátku vstřiku od požadované hodnoty jen o  $1^\circ$  KH může zvýšit emise  $\text{NO}_x$  o 5%. O  $2^\circ$  dřívější počátek vstřiku může vést k ke zvýšení špičkového tlaku ve válci, pozdní přesunutí o  $2^\circ$  zvyšuje teplotu výfuku o  $20^\circ\text{C}$ .

### Průběh vstřiku

Pod průběhem vstřiku se rozumí během vstřikovacího cyklu (počátek až konec vstřiku) měnící se hmotnostní tok paliva. Průběh vstřiku určuje během průtahu vznícení (mezi počátkem vstřiku a hoření) dopravené množství paliva. K tomu také navíc ovlivňuje rozdělení paliva ve spalovacím prostoru a s tím

využití vzduchu. Průběh vstřiku musí pomalu stoupat, tím je při průtahu vznícení vstříknuto málo paliva. Na začátku hoření shoří toto palivo prudce (předsměšovací spalování), což má nepříznivý vliv na emise hluku a  $\text{NO}_x$ . Na konci musí průběh vstřiku ostře odpadnout, aby se zamezilo, že špatně rozprášené palivo v koncové fázi povede k vysokým emisím HC a sazí a ke zvýšené spotřebě.

### Rozprášení paliva

Jemné rozprášení paliva dovoluje dobré promíchání vzduchu a paliva. Přispívá k snížení emisí HC a kouřivosti. Vyšší vstřikovací tlak a optimální geometrie výstřikových otvorů vede k jemnému rozprášení. Aby motor viditelně nekouřil, musí být množství paliva omezeno odpovídajícím množstvím nasávaného vzduchu. To vyžaduje přebytek vzduchu minimálně 10...40% ( $\lambda = 1,1...1,4$ )

Po zavření jehly trysky se může palivo odpařovat z výstřikových otvorů (u trysek se slepým vývrtem také z objemu slepého vývrtu). Proto jsou tyto škodlivé objemy dodrženy tak malé, jak je to možné.

# Palivový systém

Palivový systém vstřikovacího zařízení se zásobníkovým systémem vstřikování "Common Rail" (Obr. 1) sestává z nízkotlaké části pro nízkotlakou dopravu paliva, vysokotlaké části pro jeho vysokotlakou dopravu a elektronické řídicí jednotky (11).

## Nízkotlaká dodávka

Nízkotlaká část palivového systému Common Rail obsahuje:

- Palivovou nádrž (1) s hrubým filtrem (2),
- podávací čerpadlo (3),
- palivový filtr (4) a
- nízkotlaké palivové potrubí (5)

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

Palivová nádrž musí být odolná proti korozi a při dvojnásobku provozního přetlaku, ale minimálně přetlaku 0,3 baru, těsná. Vznikající přetlak musí samostatně unikat vhodným otvorem, bezpečnostním nebo podobným ventilem.

Palivo nesmí vytékat plnicím uzávěrem nebo zařízením pro vyrovnání tlaku ani na šikmé ploše, při jízdě zatáčkou nebo nárazech. Palivová nádrž musí být oddělena od motoru tak, aby ani při nehodě nedošlo ke vznícení. Toto neplatí pro motocykly a traktory s otevřenou budkou. Pro vozidla s otevřenou kabinou, tahače a autobusy platí mimo to zvláštní ustanovení pro montážní výšku a ochranu palivové nádrže.

### Palivové potrubí v nízkotlaké části (§ 46 StVZO)

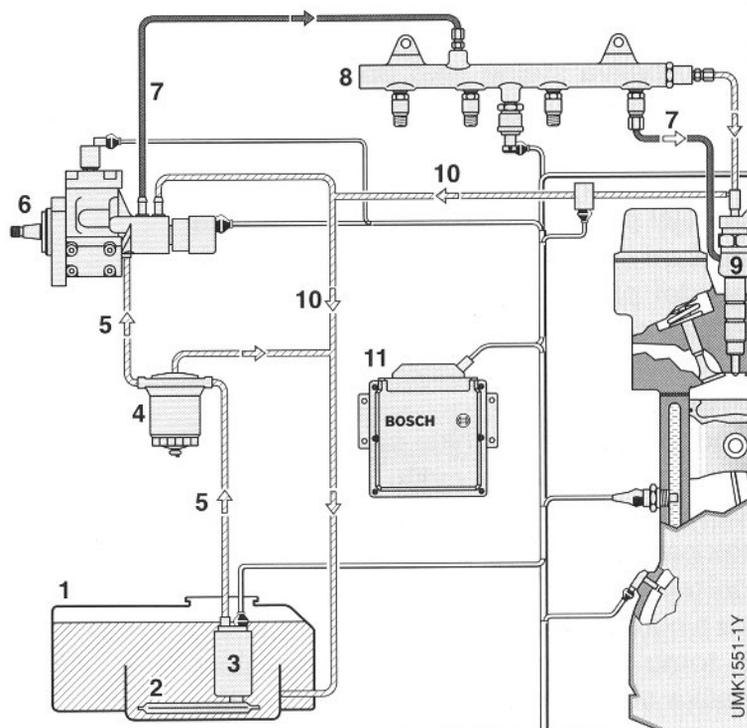
Pro nízkotlakou část mohou být použity vedle ocelových trubek také pružná vedení s výztuží z ocelového pletiva, která jsou těžko hořlavá. Musejí být uspořádány tak, aby byla minimalizována mechanická poškození a aby se odkapávající nebo odpařující palivo ani nehromadilo ani nemohlo vznítit.

Palivová vedení nesmějí být při krutu vozidla, pohybu motoru nebo podobném omezena ve své funkci.

Všechny díly vedoucí palivo musejí být chráněny proti ohrožení provozním teplem. U autobusů nesmějí palivová

**Obrázek 1: Palivový systém vstřikovacího zařízení s Common Railem.**

- 1 palivová nádrž
- 2 předčistič
- 3 podávací čerpadlo
- 4 palivový filtr
- 5 nízkotlaké palivové potrubí
- 6 vysokotlaké čerpadlo
- 7 vysokotlaké palivové potrubí
- 8 Rail
- 9 vstřikovač
- 10 zpětné palivové potrubí
- 11 řídicí jednotka



vedení ležet v prostoru pro cestující nebo řidiče a palivo se nesmí dopravovat vlivem zemské tíže.

### Nízkotlaké části soustavy

#### Podávací čerpadlo

Podávací čerpadlo, elektrické palivové čerpadlo s hrubým filtrem nebo zubové palivové čerpadlo, nasává palivo z palivové nádrže a dopravuje nepřetržitě potřebné množství paliva směrem k vysokotlakému čerpadlu.

#### Palivový filtr

Nedostatečná filtrace může vést ke škodám na dílech čerpadla, tlakových ventilech a vstřikovacích tryskách. Palivový filtr čistí palivo před vysokotlakým čerpadlem a snižuje tím předčasné opotřebení citlivých dílů.

### Vysokotlaká dodávka

Vysokotlaká část palivového systému s Common Railem obsahuje:

- Vysokotlaké čerpadlo (6) s regulačním ventilem tlaku,
- vysokotlaké palivové potrubí (7),
- Rail jako vysokotlaký zásobník (8) se snímačem tlaku, redukčním ventilem a omezovačem průtoku,
- vstřikovače (9) a
- zpětné palivové vedení

### Vysokotlaké části soustavy

#### Vysokotlaké čerpadlo

Vysokotlaké čerpadlo stlačuje palivo na systémový tlak až 1350 barů. Stlačené palivo je potom vedeno vysokotlakým vedením do trubce podobnému vysokotlakému zásobníku (Rail).

#### Vysokotlaký zásobník (Rail)

Uvnitř Railu zůstává tlak paliva, i po výdeji vstříknuté dávky paliva, na téměř konstantní úrovni, vzniká zde na základě elasticity paliva akumulací účinek. Tlak paliva je měřen snímačem tlaku a regulačním ventilem regulován na požadovanou hodnotu. Úkolem redukčního ventilu je omezit tlak paliva

v Railu na maximálně 1500 barů. Omezovačem průtoku (zvláštní příslušenství), který zabraňuje nepřipustnému průtoku směrem ke spalovacímu prostoru motoru, je vysoko stlačené palivo vedeno z Railu ke vstřikovačům.

#### Vstřikovače

Vstřikovací trysky vstřikovačů se otevírají, když je uvolněn průtok paliva aktivovaným magnetickým ventilem. Vstřikuje palivo přímo do spalovacího prostoru motoru.

Přebytečné palivo, které je nutné pro otevření vstřikovací trysky, teče zpět sběrným potrubím zpět do nádrže. Do tohoto sběrného potrubí ústí také zpětné vedení od regulačního ventilu tlaku a nízkotlaké části, stejně jako mazací množství vysokotlakého čerpadla.

### Palivové vedení ve vysokotlaké části

Palivové potrubí, vedoucí vysoký tlak, musí trvale odolávat maximálnímu systémovému tlaku a částečně vysokofrekvenčním tlakovým výkyvům během přestávek vstřikování. Je proto z ocelových trubek. Normálně mají vnější průměr 6 mm a vnitřní průměr 2,4 mm. Různě velké vzdálenosti mezi Railem a vstřikovači jsou vyrovnány většími nebo menšími ohyby pro příslušné přenosové možnosti vstřikovacího potrubí. Vcelku je dodržována co nejkratší délka potrubí.

# Konstrukce a funkce součástí

## Nízkotlaká část

Nízkotlaká část (obr. 1) zajišťuje dostatek paliva pro vysokotlakou část. Podstatné součásti jsou:

- Palivová nádrž (1),
- podávací čerpadlo (3) s předčističem (2),
- palivový filtr (4) a
- nízkotlaký okruh vysokotlakého čerpadla (6).

### Podávací čerpadlo

Úkolem podávacího čerpadla je zásobovat vysokotlaké čerpadlo dostatkem paliva a sice

- v každém provozním stavu,
- potřebným tlakem a
- po celou dobu životnosti.

V současnosti jsou možné dva konstrukční typy: buď je používáno elektrické palivové čerpadlo (válečkové lamelové čerpadlo) nebo alternativně mechanicky poháněné zubové palivové čerpadlo.

## Elektrické palivové čerpadlo

Elektrické palivové čerpadlo (obr. 2 a 3) je nasazováno pouze u osobních a lehkých užitkových vozidel. Vedle dopravy paliva pro vysokotlaké čerpadlo má v rámci kontroly systému ještě úkol přerušit v případě potřeby dodávku paliva.

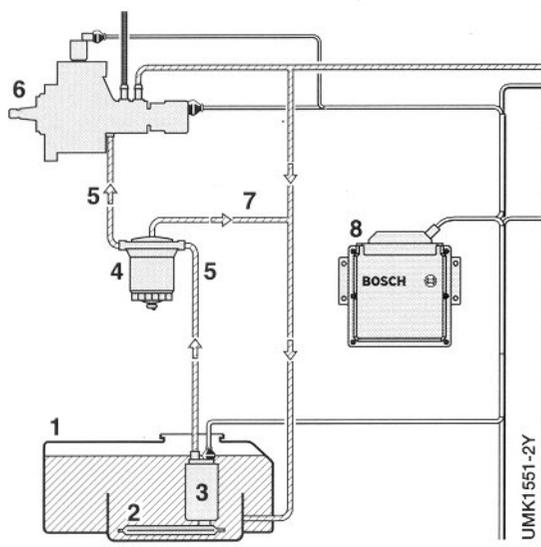
Počínaje startem motoru běží elektrické palivové čerpadlo nepřetržitě a nezávisle na otáčkách motoru. Dopravuje tak palivo kontinuálně z palivové nádrže přes palivový filtr k vysokotlakému čerpadlu. Přebytké palivo teče přes prepádový ventil zpět do nádrže.

Bezpečnostní obvod znemožňuje dodávku při zapnutém zapalování a stojícím motoru.

Elektrické palivové čerpadlo je pro montáž do potrubí nebo do nádrže. Čerpadlo pro zástavbu do potrubí se nachází mimo palivovou nádrž v palivovém potrubí mezi palivovou nádrží a palivovým filtrem na podlahové skupině vozidla. Čerpadlo pro zástavbu do nádrže se naproti tomu nachází v palivové nádrži samo ve speciálním držáku, který běžně navíc zahrnuje ještě palivové síto na sací straně, indikátor stavu paliva, spirálovou nádobu jako zásobník paliva a stejně tak elektrické

**Obrázek 1: Nízkotlaká část.**

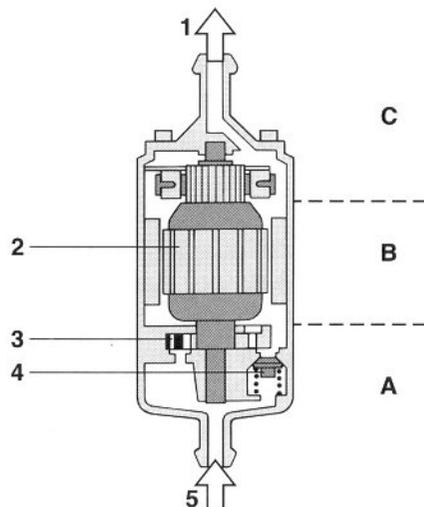
1 Palivová nádrž, 2 předčistič, 3 podávací čerpadlo, 4 palivový filtr, 5 nízkotlaké palivové potrubí, 6 nízkotlaký okruh vysokotlakého čerpadla, 7 zpětné palivové potrubí, 8 řídicí jednotka



**Obrázek 2: Elektrické palivové čerpadlo (schéma).**

A Čerpací část, B elektromotor, C připojovací víko.

1 Výtlač, 2 kotva motoru, 3 válečkové lamelové čerpadlo, 4 redukční ventil, 5 sání.



a hydraulické vnější přípojky. Elektrické palivové čerpadlo se skládá ze tří funkčních prvků:

- čerpací článek (A),
- elektromotor (B) a
- připojovací víko (C)

Čerpací článek bývá v různém provedení, protože každý používaný funkční princip závisí na oblasti použití elektrického palivového čerpadla. Pro Common Rail je provedeno jako válečkové lamelové čerpadlo (objemové čerpadlo) a sestává z excentricky uspořádané komory, ve které rotuje drážkový kotouč. V každé drážce se nachází volně vedený váleček. Rotací drážkového kotouče a tlakem paliva jsou válečky tlačeny proti vnější oběžné dráze a hnacím plochám drážek. Válečky přitom působí jako rotující těsnění, přičemž mezi dvěma válečky drážkového kotouče a oběžnou dráhou se tvoří komora. Čerpací účinek se vzniká tím, že objem komor se po uzavření ledvinovitého přívodního otvoru kontinuálně zmenšuje. Palivo protéká po nasměrování výtakovým otvorem elektromotor a opouští válečkové lamelové čerpadlo přípojkou v krytu na výtlačné straně.

Elektromotor sestává ze soustavy permanentních magnetů a kotvy, jejichž uspořádání je určeno požadovaným množstvím při daném systémovém tlaku. Elektromotor a čerpací článek jsou ve společné skříni. Jsou stále obtékány palivem a tím trvale chlazeny. Tím lze dosáhnout vysokého výkonu motoru bez náročných těsnících prvků mezi elektromotorem a čerpacím článkem.

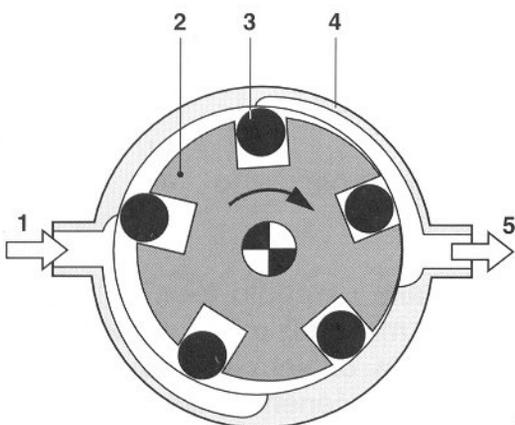
Na připojovacím víku jsou elektrické přípojky a hydraulické připojení na výtlačné straně. Přídavně může být na připojovacím krytu odrušení.

#### Zubové palivové čerpadlo

Zubové palivové čerpadlo je nasazováno pro zásobování vysokotlakého čerpadla systému Common Rail osobních, užitkových a zemědělských vozidel. Je buď integrováno do vysokotlakého čerpadla a má s ním společný náhon, nebo je přímo na motoru a má vlastní pohon.

**Obrázek 3: Válečkové lamelové čerpadlo (schéma).**

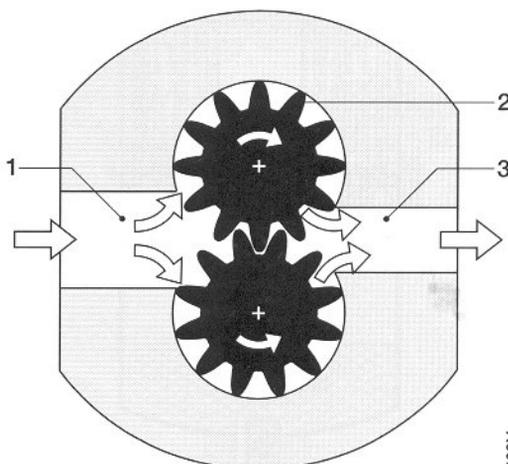
- 1 sání, 2 rotor, 3 váleček, 4 základní deska, 5 výtlak.



UMK0120Y

**Obrázek 4: Zubové palivové čerpadlo (schéma).**

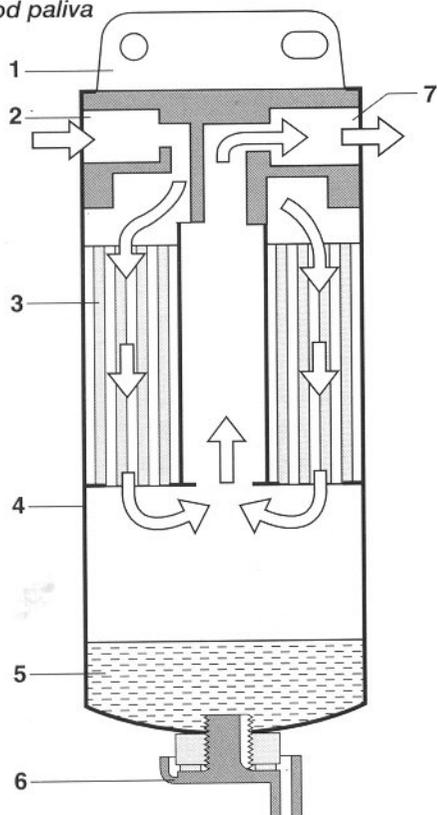
- 1 sání, 2 hnací ozubené kolo, 3 výtlak.



UMK1569Y

Obvyklé druhy pohonů jsou spojka, ozubené kolo nebo ozubený řemen. Podstatnými konstrukčními díly jsou dvě vzájemně zabírající, protiběžně se otáčející ozubená kola, která dopravují v zubových mezerách palivo od sací k výtlačné straně (obr. 4). Dotyková linka ozubených kol těsní mezi sací a výtlačnou stranou a zabraňuje, aby palivo mohlo téci zpět. Dopravní množství je přibližně úměrné otáčkám motoru. Proto je prováděna regulace množství buď škrcením na sací straně nebo obtokovým ventilem na výtlačné straně. Zubové palivové čerpadlo pracuje jako bezúdržbové. Pro odvzdušnění palivového systému při prvním startu nebo při vyjetí palivové nádrže může být namontováno ruční čerpadlo buď přímo na zubové palivové čerpadlo nebo do nízkotlakého potrubí.

**Obrázek 5: Palivový filtr (schéma).**  
1 Víko filtru, 2 přívod paliva, 3 papírová filtrační vložka, 4 pouzdro, 5 prostor pro hromadění vody, 6 odvodňovací šroub, 7 vývod paliva



## Palivový filtr

Nečistoty v palivu mohou vést ke škodám na součástech čerpadla, tlakových ventilech a vstřikovacích tryskách. Použití speciálních, pro požadavky vstřikovacích zařízení přizpůsobených, filtrů je proto předpokladem pro bezporuchový provoz a dlouhou životnost. Palivo může obsahovat vodu ve vázané (emulze) nebo nevázané formě (např. tvoření kondenzátu následkem změny teplot). Když se tato voda dostane do vstřikovacího systému, mohou na základě koroze vzniknout poškození.

Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem potřebuje stejně jako jiné vstřikovací systémy palivový filtr se sběrnou nádobkou na vodu (obr. 5). Voda musí být v příslušných intervalech odpuštěna. Se vzrůstajícím počtem vznětových motorů v osobních vozidlech vychází najevo potřeba automatického hlásiče vody. Ukazuje prostřednictvím varovné kontrolky, když musí být vypuštěna voda (povinnost v zemích, ve kterých se vyskytuje vysoký podíl vody v palivu).

## Vysokotlaká část

Ve vysokotlaké části (obr.6) jsou vedle zdroje vysokého tlaku také rozdělování a odměřování paliva. Podstatné součásti jsou:

- Vysokotlaké čerpadlo (1) s odpojovacím ventilem elementu (2) a regulačním ventilem tlaku (3),
- vysokotlaký zásobník (5, Rail),
- snímač tlaku v Railu (6),
- pojistný ventil (7),
- omezovače průtoku (8) a
- vstřikovače (9)

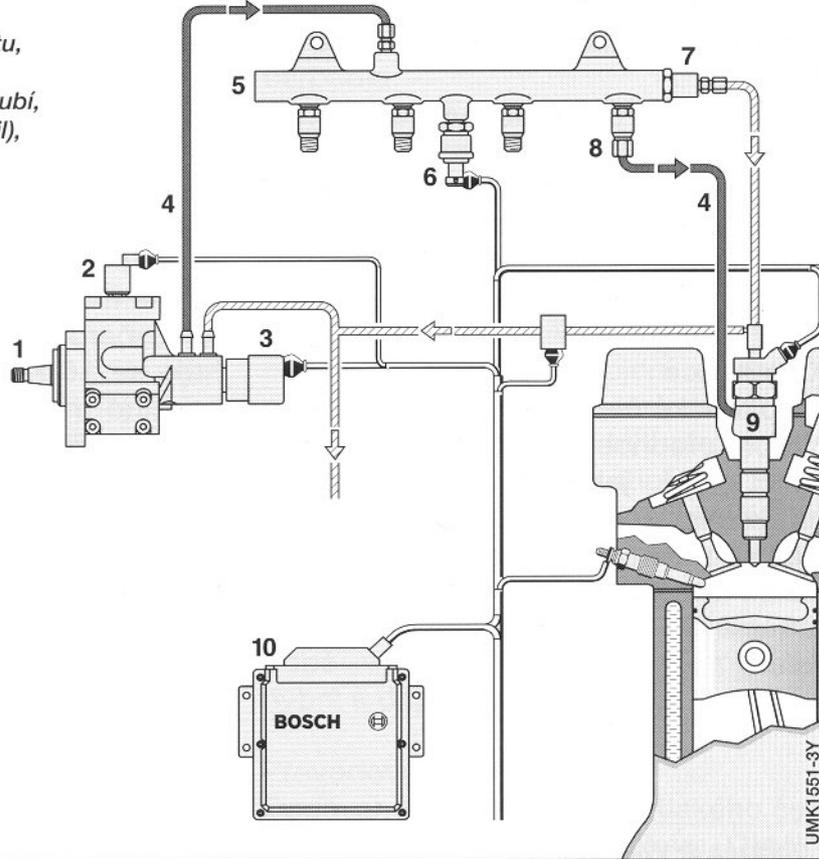
## Vysokotlaké čerpadlo

### Úkol

Vysokotlaké čerpadlo (obr.7 a 8) tvoří rozhraní mezi nízkou a vysokotlakou částí. Jejím úkolem je vždy dodávat dostatek stlačeného paliva ve všech provozních stavech po celou dobu

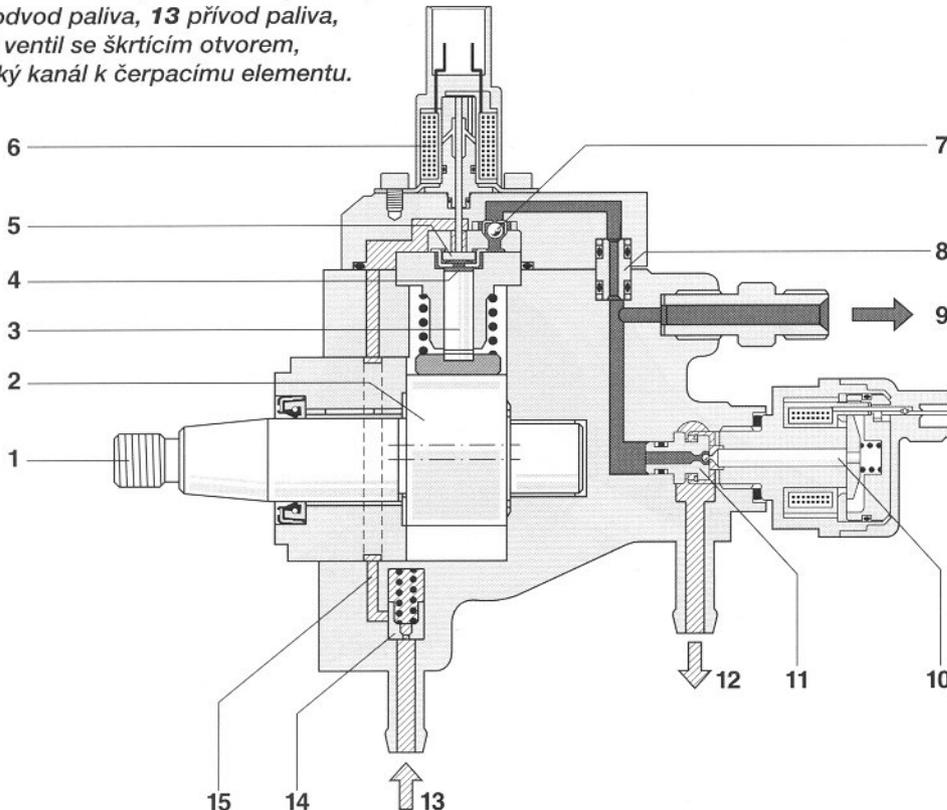
**Obrázek 6: Vysokotlaká část zásobníkového systému vstřikování Common Rail.**

- 1 Vysokotlaké čerpadlo,
- 2 odpojovací ventil elementu,
- 3 tlakový regulační ventil,
- 4 vysokotlaké palivové potrubí,
- 5 vysokotlaký zásobník (Rail),
- 6 snímač tlaku v Railu,
- 7 pojistný ventil,
- 8 omezovač průtoku,
- 9 vstřikovač,
- 10 řídicí jednotka



**Obrázek 7: Vysokotlaké čerpadlo (schéma, podélný řez).**

- 1 Hnací hřídel, 2 excentrická vačka, 3 čerpadlový element s pístem, 4 prostor válce, 5 sací ventil,
- 6 odpojovací ventil elementu, 7 výtlačný ventil, 8 těsnící vložka, 9 vysokotlaká přípojka k Railu,
- 10 regulační ventil tlaku, 11 kulíkový ventil,
- 12 zpětný odvod paliva, 13 přívod paliva,
- 14 pojistný ventil se škrtícím otvorem,
- 15 nízkotlaký kanál k čerpacímu elementu.



životnosti vozidla. Do toho se počítá i příprava rezervy paliva, která je nutná pro rychlý start motoru a prudký nárůst tlaku.

Vysokotlaké čerpadlo vytváří trvale systémový tlak pro vysokotlaký zásobník (Rail). Proto nemusí být stlačené palivo ve srovnání s obvyklým vstřikovacím systémem "vysoce stlačeno" speciálně pro každý jednotlivý vstřík.

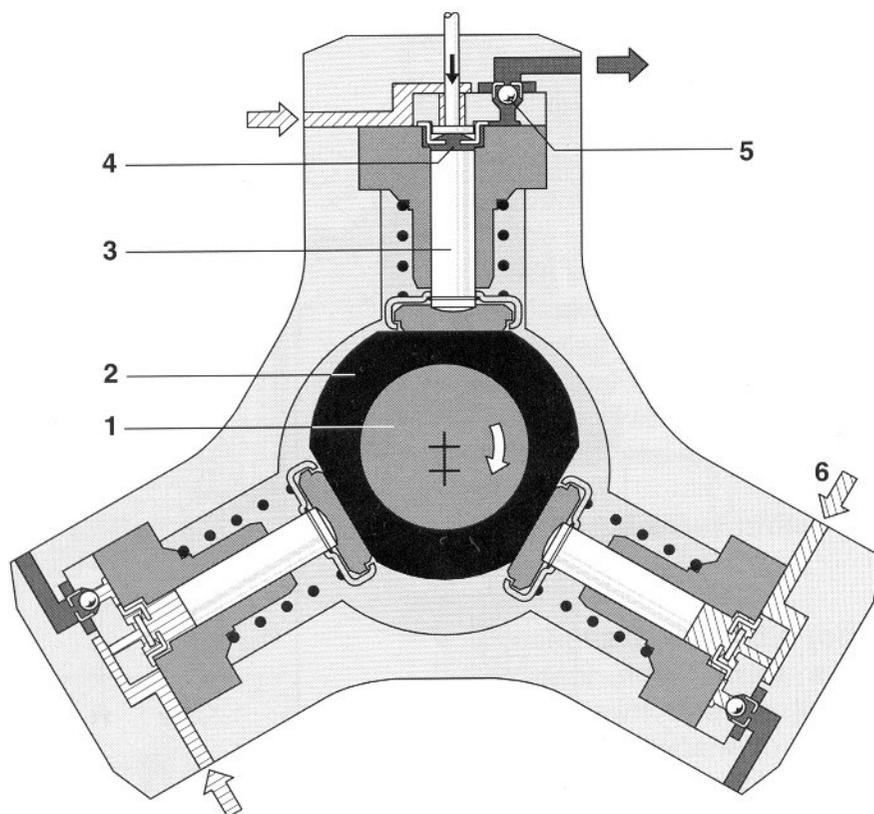
#### Konstrukce

Vysokotlaké čerpadlo je na vznětovém motoru přednostně montováno na stejném místě jako konvenční rotační vstřikovací čerpadlo. Je poháněno od motoru přes spojku, ozubené kolo, řetězem nebo ozubeným řemenem s maximálně 3000 min<sup>-1</sup>. Je mazáno palivem.

Redukční ventil je podle zástavbového prostoru buď namontován přímo na vysokotlakém čerpadle nebo je instalován odděleně. Palivo je ve vysokotlakém čerpadle stlačováno třemi radiálně uspořádanými písty čerpadla. Tyto písty jsou každý vzájemně přesazeny o 120°. Se třemi dopravními zdvihy na otáčku vychází menší špičkový hnací moment a rovnoměrnější zatížení náhonu čerpadla. Točivý moment dosahuje se 16 Nm sotva 1/9 potřebného hnacího momentu pro srovnatelné rotační vstřikovací čerpadlo. Tím klade Common Rail na náhon čerpadla nižší požadavky než konvenční vstřikovací systémy. Výkon potřebný k pohonu čerpadla roste úměrně nastavenému tlaku v Railu a otáčkám čerpadla (dopravní množství). U 2-litrového motoru při jmenovitých otáčkách a tlaku v Railu 1350 bar odebírá vysokotlaké čerpadlo (s mechanickou účinností

**Obrázek 8: Vysokotlaké čerpadlo (schéma, příčný řez).**

1 Hnací hřídel, 2 excentrická vačka, 3 čerpací element s pístem, 4 sací ventil, 5 výtlačný ventil, 6 přívod.



cca. 90%) výkon 3,8 kW. Potřeba vyššího výkonu má příčiny v netěsnostech a v řídicím množství ve vstřikovači a v přepadu paliva přes regulační ventil tlaku.

### Princip činnosti

Podávací čerpadlo dopravuje palivo přes filtr a odlučovač vody k pojistnému ventilu (obr. 7). Tlačí palivo škrtkícím otvorem pojistného ventilu (14) do mazacího a chladicího okruhu vysokotlakého čerpadla. Hnací hřídel (1) s její excentrickou vačkou (2) pohybuje se třemi písty čerpadla (3) podle tvaru vačky nahoru a dolů.

Překročí-li podávací tlak otevírací tlak pojistného ventilu (0,5...1,5 barů), může podávací čerpadlo tláčit palivo sacím ventilem vysokotlakého čerpadla do toho válce, v němž se píst čerpadla pohybuje dolů (sací zdvih). Když je překročena dolní úvrať pístu čerpadla, tak se uzavírá sací ventil, a palivo v prostoru válce (4) nemůže dále unikat. Může být pouze vytlačováno nad podávací tlak podávacího čerpadla. To si konstruktivním tlakem otevírá výtlačný ventil (7), jakmile je dosažen tlak v Railu; stlačené palivo se dostává do vysokotlakého okruhu.

Píst čerpadla dopravuje palivo tak dlouho, až je dosažena horní úvrať (čerpací zdvih). Potom odpadá tlak tak, že se výtlačný ventil zavře. Zbývající palivo se uvolní, píst se pohybuje dolů. Dosáhnou-li tlak v prostoru válce podávací tlak, otevře se zase sací ventil a proces začíná znovu.

### Dopravní výkon

Protože je vysokotlaké čerpadlo dimenzováno pro vysoké dopravní množství, je při volnoběhu a částečném zatížení přebytek stlačeného paliva. Tento přebytek paliva je přes regulační ventil tlaku veden zpět do palivové nádrže. Protože zde je však stlačené palivo uvolněno, je energie získaná stlačením ztracena. Vedle ohřívání paliva se tím snižuje celková účinnost.

Náprava je částečně možná tím, že je dopravní výkon přizpůsoben potřebě paliva odpojením jednoho elementu čerpadla.

### Odpojení elementu čerpadla:

Při odpojení jednoho elementu čerpadla (3) se snižuje množství paliva, které je dopravováno vysokotlakým čerpadlem. Přitom je sací ventil (5) držen trvale otevřen. Při spouštěcím impulzu magnetického ventilu odpojení elementu přitlačuje na kotvu nasazený čep trvale sací ventil. Tím nemůže být nasáté palivo při výtlačném zdvihu stlačeno. Proto se v prostoru elementu nevytváří tlak, protože nasáté palivo proudí zpět do nízkotlakého kanálu. Vysokotlaké čerpadlo odpojením elementu při nižší potřebě výkonu již nedodává plynule, nýbrž s dopravní přestávkou.

### Převodový poměr:

Dodávané množství vysokotlakého čerpadla je úměrné jeho otáčkám. Otáčky čerpadla jsou zase závislé na otáčkách motoru. Ty jsou při aplikaci vstřikovacího systému na motor pevně dány převodovým poměrem, aby na jedné straně nebylo nevyužitě množství dodaného paliva příliš vysoké a na druhé straně byla pokryta potřeba paliva při plném výkonu motoru. Možné převody jsou 1:2 a 2:3 vztaženo na klikovou hřídel.

## Regulační ventil tlaku

### Úkol

Úlohou regulačního ventilu tlaku je nastavovat a držet tlak v Railu v závislosti na zatížení motoru:

- Při příliš vysokém tlaku v Railu otevírá regulační ventil tak, že část paliva je odvedena sběrným potrubím zpět do nádrže.
- Při příliš nízkém tlaku v Railu se uzavírá regulační ventil a utěsňuje tak vysokotlakou stranu proti nízkotlaké.

### Konstrukce

Regulační ventil tlaku (obr. 9) má upevňovací přírubu pro připevnění na vysokotlaké čerpadlo nebo vysokotlaký zásobník (Rail).

Kotva tlačí kuličku proti sedlu, aby utěsnila vysokotlakou stranu proti nízkotlaké: při tom za prvé tlačí kotvu dolů pružina a za druhé působí na kotvu síla elektromagnetu. Pro mazání a odvod tepla je celá kotva omývána palivem.

### Funkce

Regulační ventil tlaku má dva regulační okruhy:

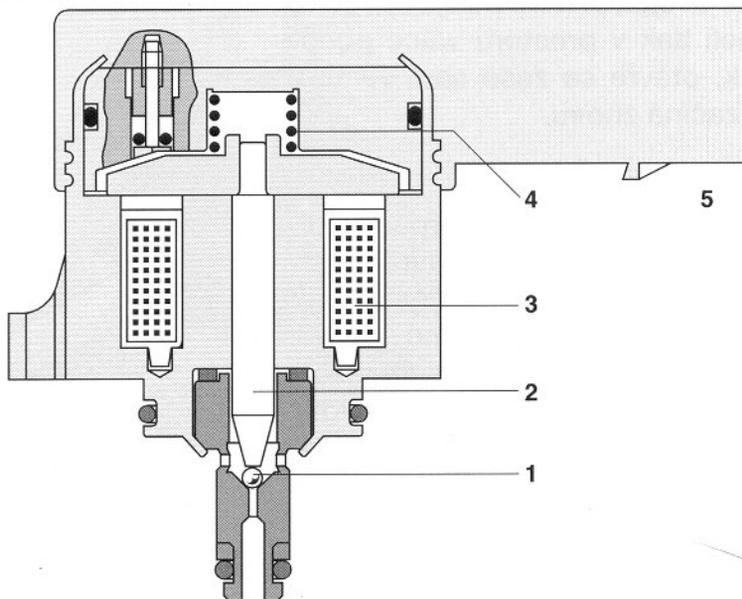
- pomalejší elektrický regulační okruh pro nastavení proměnné střední hodnoty tlaku v Railu a
- rychlejší mechanicko hydraulický regulační okruh, který vyrovnává vysokofrekvenční tlakové kmitání.

Regulační ventil tlaku není aktivován: Vysoký tlak v Railu nebo výstupu vysokotlakého čerpadla působí přes vysokotlaký přívod na regulační ventil tlaku. Protože elektromagnet bez proudu nepůsobí žádnou silou, převáží síla vysokého tlaku sílu pružiny tak, že regulační ventil tlaku se otevře a zůstane otevřený více nebo méně podle dodaného množství. Pružina je navržena tak, že se tlak nastaví přibližně na 100 barů.

Regulační ventil tlaku je aktivován: Když má být tlak ve vysokotlakém okruhu zvýšen, musí být přidavně síla pružiny zvýšena silou elektromagnetu. Regulační ventil tlaku je aktivován a tím uzavřen, dokud není dosažena silová rovnováha mezi silou od vysokého tlaku na jedné straně a silami pružiny a elektromagnetu na straně druhé.

**Obrázek 9: Regulační ventil tlaku.**

- 1 Kuličkový ventil,
- 2 kotva,
- 3 elektromagnet,
- 4 pružina,
- 5 elektrické připojení.



Potom zůstává v otevřené pozici a drží konstantní tlak. Změněné dopravní množství čerpadla stejně jako odběr paliva vstřikovači z vysokotlaké části vyrovnává různým otevřením. Magnetická síla elektromagnetu je úměrná ovládacímu proudu. Změny ovládacího proudu jsou realizovány taktováním (modulace délkou pulzu). Taktovací frekvence je s 1 kHz dostatečně vysoká, aby snížila rušící pohyby kotvy, případně kolísání tlaku v Railu.

### Vysokotlaký zásobník (Rail)

#### Úkol

Vysokotlaký zásobník (Rail, obr.10) má za úkol akumulovat palivo pod vysokým tlakem. Přitom má zásobním objemem tlumit tlakové kmitání vzniklé dopravou čerpadlem a vstřikováním. Tlak ve společném rozdělovači (Common Rail) paliva pro všechny válce je sám při odběru většího množství paliva udržován na přibližně konstantní hodnotě. Tím je zajištěno, že při otevření vstřikovače zůstane vstřikovací tlak konstantní.

#### Konstrukce

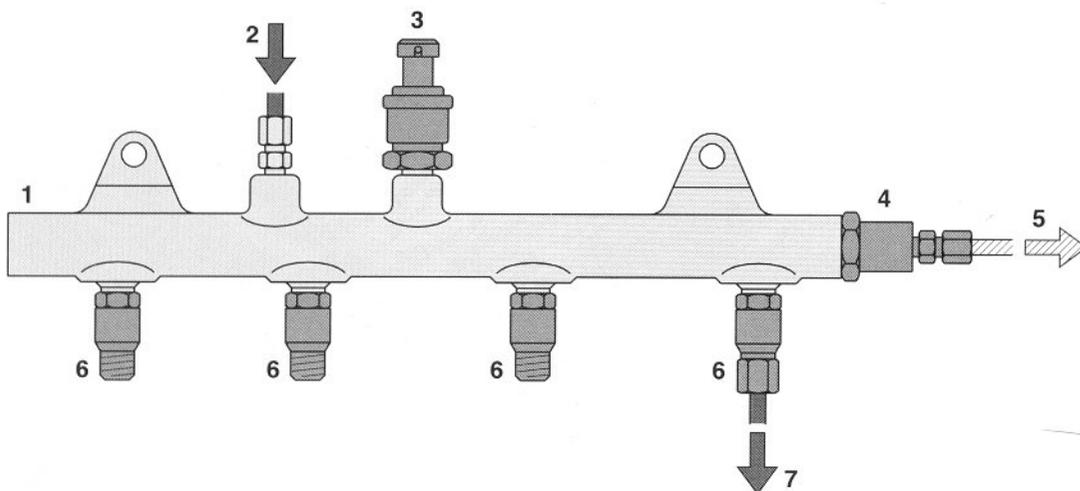
Rail s omezovačem průtoku (zvláštní příslušenství) a s možností montáže snímače tlaku v Railu, regulačního ventilu tlaku a pojistného ventilu může být z důvodu rozdílných zástavbových podmínek motoru různě tvarován.

#### Funkce

Objem v Railu je trvale naplněn pod tlakem stojícím palivem. Stlačitelnost paliva dosažená vysokým tlakem se využívá pro získání akumulačního efektu. Je-li odebráno palivo pro vstřik z Railu, zůstává tlak ve vysokotlakém zásobníku přibližně konstantní. Stejně tak je utlumeno, tzn. vyrovnáno, kolísání tlaku způsobené pulsujícím zásobováním vysokotlakým čerpadlem.

**Obrázek 10: Vysokotlaký zásobník (Rail).**

1 Rail, 2 přívod od vysokotlakého čerpadla, 3 snímač tlaku v Railu, 4 pojistný ventil, 5 zpětný odvod z Railu do palivové nádrže, 6 omezovač průtoku, 7 potrubí ke vstřikovači.



## Snímač tlaku v Railu

### Úkol

Snímač tlaku musí měřit aktuální tlak v Railu

- s vyhovující přesností a
- v odpovídajícím čase

a poskytnout řídicí jednotce napěťový signál odpovídající přilehlému tlaku.

### Konstrukce

Snímač tlaku (obr.12) sestává z následujících dílů:

- integrovaný snímací element, který je navařen na přípojku tlaku,
- deska s plošnými spoji s elektrickým vyhodnocovacím obvodem a
- pouzdro snímače s elektrickým konektorem.

Palivo teče vývrtem v Railu ke snímači tlaku, jehož snímací membrána těsně uzavírá konec vývrtu. Slepým otvorem se pod tlakem stojící palivo dostává k membráně. Na této membráně se nachází snímací člen (polovodičový prvek), který slouží k převodu tlaku na elektrický signál. Přes spojovací vedení je vzniklý signál veden do vyhodnocovacího obvodu, který zesílený měřený signál předává k dispozici řídicí jednotce.

### Funkce

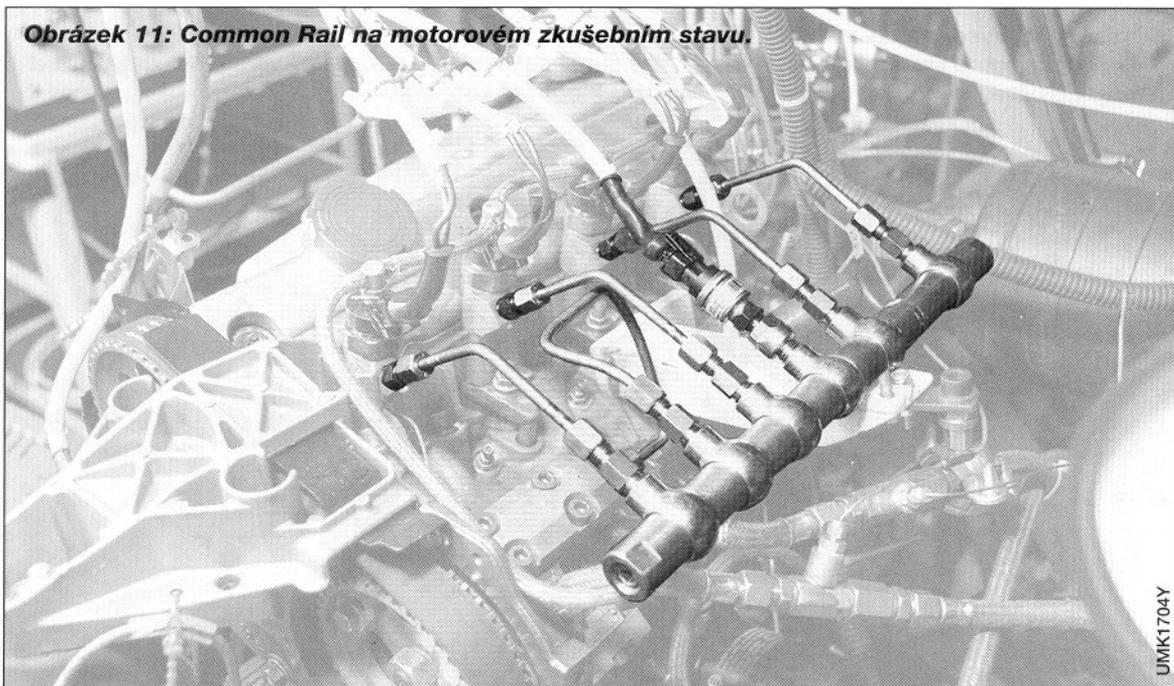
Snímač tlaku v Railu pracuje na následujícím principu:

Elektrický odpor na membráně umístěné vrstvy se mění, když se změní její tvar. Tato změna tvaru (asi 1 mm při 1500 barech) vlivem systémového tlaku působí změnu elektrického odporu a dává z 5 V napájeného odporového můstku změnu napětí.

Toto napětí leží v rozsahu 0...70 mV (odpovídající přilehlému tlaku) a je zesíleno vyhodnocovacím obvodem na rozsah 0,5...4,5 V.

Přesné měření tlaku v Railu je pro funkci systému nezbytné. Na základě toho jsou dovolené tolerance pro snímač tlaku při měření tlaku velmi úzké. Přesnost měření je v hlavní provozní oblasti cca  $\pm 2\%$  koncové hodnoty. Při výpadku snímače tlaku v Railu je regulační ventil tlaku nastavován nouzovou funkcí "naslepo" podle pevně zadaných hodnot.

Obrázek 11: Common Rail na motorovém zkušebním stavu.



## Tlakový pojistný ventil

### Úkol

Úkol tlakového pojistného ventilu odpovídá přetlakovému ventilu. Pojistný ventil omezuje tlak v Railu tím, že při příliš vysokém zatížení uvolní odpadový otvor. Připouští v Railu maximální tlak krátkodobě 1500 barů.

### Konstrukce a funkce

U pojistného ventilu se jedná o mechanicky pracující součásti. Sestává z následujících konstrukčních částí:

- pouzdra s vnějším závitem pro přišroubování na Rail,
- přípojky na zpětné potrubí k palivové nádrži,
- pohyblivého pístu a
- pružiny

Pouzdro má na straně připojení k Railu vývrt, který je uzavírán kuželovým koncem pístu v těsnícím sedle. Pružina tlačí při normálním provozním tlaku (1350 barů) těsně do sedla tak, že Rail zůstává uzavřen. Teprve při překročení maximálního systémového tlaku je píst tlakem v Railu přetlačen proti pružině a palivo pod vysokým tlakem může uni-

kat. Přitom je palivo vedeno kanálem v centrálním vývrtu pístu a sběrným potrubím zpět do palivové nádrže. S otevřením ventilu uniká palivo z Railu, následkem je snížení tlaku v Railu.

## Omezovač průtoku

### Úkol

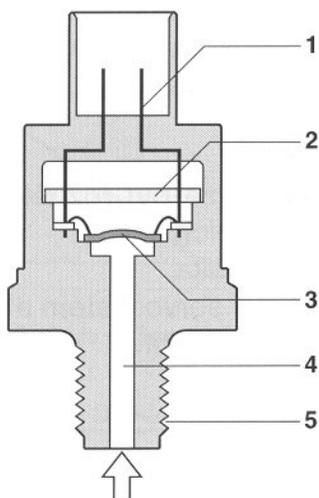
Úkolem omezovače průtoku je zamezit nepravděpodobnému případu trvalého vstřikování jednoho vstřikovače. Aby tuto úlohu splnil uzavírá omezovač průtoku při překročení maximálního odběrového množství z Railu přívod ke vstřikovači, kterého se to týká.

### Konstrukce

Omezovač průtoku sestává z kovového pouzdra s jedním vnějším závitem pro našroubování na Rail (vysoký tlak) a s druhým vnějším závitem pro zašroubování potrubí ke vstřikovači. Pouzdro má na koncích vždy jeden vývrt, který vytváří hydraulické spojení k Railu, případně k potrubí ke vstřikovači.

**Obrázek 12: Snímač tlaku v Railu (schéma).**

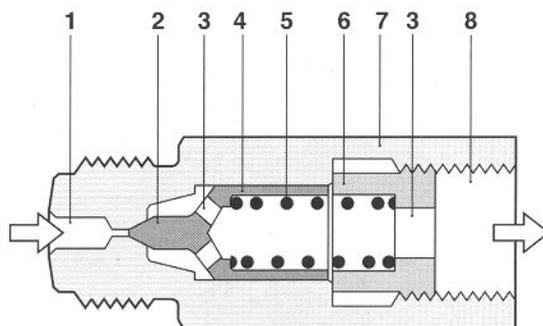
1 Elektrická přípojka, 2 vyhodnocovací obvod, 3 membrána se snímacím elementem, 4 vysokotlaké připojení, 5 upevňovací závit.



UMK1576Y

**Obrázek 13: Pojistný ventil (schéma).**

1 Vysokotlaká přípojka, 2 ventil, 3 průtočné otvory, 4 píst, 5 tlačná pružina, 6 doraz, 7 těleso ventilu, 8 zpětný odvod.



UMK1577Y

Uvnitř omezovače průtoku se nachází píst, který tlačí pružina směrem k zásobníku paliva. Tento píst těsní proti stěně pouzdra; podélný vývrt v pístu je hydraulickým spojením mezi vtokem a výtokem (obr. 14).

Průměr tohoto podélného vývrtu je na jeho konci zmenšen. Toto zmenšení působí jako tryska s přesně definovaným průtokem.

### Funkce

**Normální provoz (obr. 15):**

Píst se nachází ve své klidové poloze, tj. na dorazu na straně Railu. Vlivem vstřikování lehce klesá tlak na straně vstřikovače, čímž se píst pohybuje směrem ke vstřikovači. Vstřikovačem odebraný objem kompenzuje omezovač průtoku pístem vytlačeným objemem a ne tryskou, protože ta je pro to příliš malá. Na konci vstřiku se zastaví píst bez uzavření těsnícího sedla. Pružina ho tlačí zpět do jeho klidové polohy; tryskou proudí následné palivo.

Pružina a škrťící vývrt jsou dimenzovány tak, že při maximálním vstřikovaném množství (bezpečnostní rezerva je

zahrnuta) se může píst zase dostat k dorazu na straně Railu. Tato klidová poloha je držena, dokud neproběhne další vstřik.

**Poruchový provoz s velkým únikem:**

Kvůli velkému odebranému množství je píst vytlačen ze své klidové polohy až do těsnícího sedla. Až do odstavení motoru pak zůstane na svém dorazu na straně vstřikovače a uzavírá tím přítok ke vstřikovači.

**Poruchový provoz s malým únikem (obr. 15):**

Kvůli úniku už nedosahuje píst své klidové polohy. Po několika vstřicích se pohne píst až k těsnícímu sedlu u výstupního vývrtu.

Také zde zůstane píst až do odstavení motoru na svém dorazu na straně vstřikovače a uzavírá přívod ke vstřikovači.

### **Vstřikovač**

#### Úkol

Počátek vstřiku a vstřikované množství jsou nastavovány elektricky ovladatelným vstřikovačem. Ten nahrazuje vstřikovač (trysku a držák trysky) tradičních vstřikovacích zařízení vznětových motorů.

Podobně jako u dosavadních držáků trysek vznětových motorů s přímým vstřikem DI (Direct Injection) jsou vstřikovače do hlavy válců přednostně montovány pomocí upínacích příložek. Proto jsou vstřikovače Common-Railu vhodné pro zástavbu do vznětových motorů s přímým vstřikem bez podstatných změn hlavy válců.

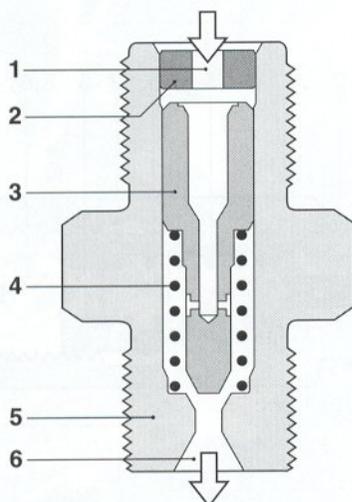
#### Konstrukce

Vstřikovač může být rozdělen do rozdílných funkčních celků:

- otvorová tryska,
- hydraulický servosystém a
- magnetický ventil.

**Obrázek 14: Omezovač průtoku (schéma).**

1 Připojení k Railu, 2 uzavírací vložka, 3 píst, 4 tlačná pružina, 5 pouzdro, 6 připojení ke vstřikovači.



UMK1578D

Palivo (obr.16) je vedeno od vysokotlaké přípojky (4) přes přívodní kanál (10) k trysce, stejně jako přes přívodní škrtkící trysku (7) do prostoru ovládacího ventilu (8). Prostor ovládacího ventilu je spojen přes odtokovou škrtkící trysku (6), která může být otevřena magnetickým ventilem, se zpětným vedením paliva (1).

V zavřeném stavu převládne hydraulická síla na ovládací píst (9) nad silou na tlakový kužel jehly trysky (11). Proto je jehla trysky tlačena do svého sedla a těsně uzavírá vysokotlaký kanál k motorovému prostoru. Žádné palivo se nemůže dostat do spalovacího prostoru.

Při aktivování magnetického ventilu je otevřena odtoková škrtkící tryska. Tím klesá tlak v prostoru ovládacího ventilu a s ním síla na ovládací píst. Jakmile hydraulická síla nedosáhne tu na tlakovém kuželu jehly trysky, otevře jehla trysky, takže se palivo může dostat vstřikovacími otvory do spalovacího prostoru (obr. 16). Toto nepřímé ovládání jehly trysky hydraulickým servosystémem je použito proto, protože sílu potřebnou pro rychlé otevření jehly trysky není možné dosáhnout přímo magnetickým ventilem. Potřebné tak-

zvané ovládací množství přidané přitom ke vstřikovanému množství paliva se dostává přes škrtkící otvory ovládacího prostoru do zpětného vedení paliva. Přídavně k ovládacímu množství jsou úniky netěsností na jehle trysky a na ovládacím pístu. Tato ovládací a uniklá množství jsou přes zpětné vedení paliva se sběrným potrubím, připojeným také na přepadový ventil, vysokotlaké čerpadlo a regulační ventil tlaku, vedena zpět do nádrže.

#### Princi činnosti

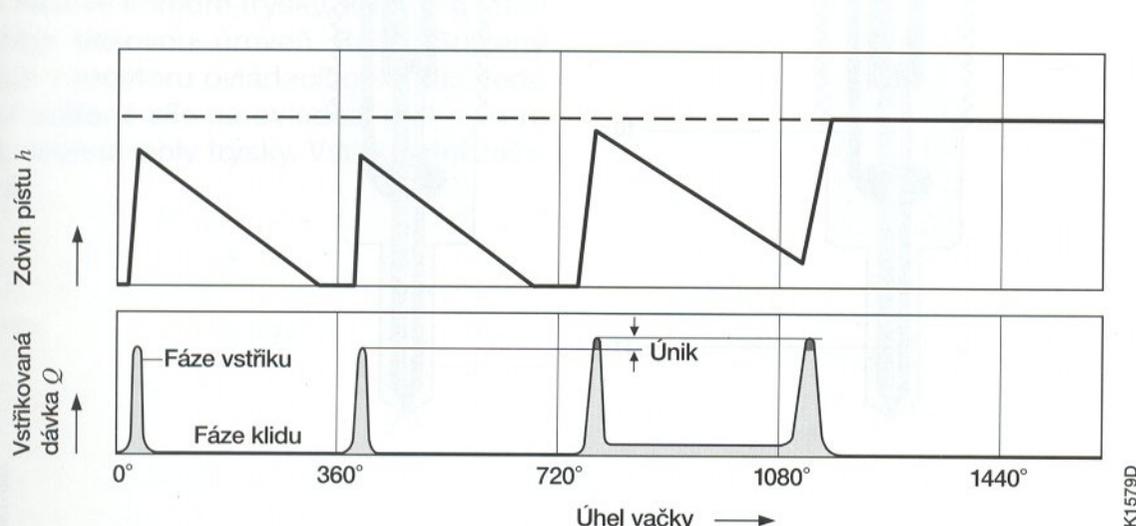
Funkce vstřikovače se může za chodu motoru a při dodávajícím vysokotlakém čerpadle rozdělit do čtyř provozních stavů:

- Vstřikovač uzavřen (s přilehlým vysokým tlakem),
- vstřikovač otevírá (začátek vstřiku),
- vstřikovač plně otevřen a
- vstřikovač zavírá (konec vstřiku).

Tyto provozní stavy se nastavují silovým rozdělením na konstrukčních dílech vstřikovače. Při stojícím motoru a chybějícím tlaku v Railu zavírá vstřikovač pružina trysky.

**Obrázek 15: Omezovač průtoku.**

Chování v normálním režimu a s malým únikem.



UMK1579D

**Obrázek 16: Vstřikovač (schéma)**

**a** Vstřikovač uzavřen  
(klidový stav),

**b** vstřikovač otevřen  
(vstřikování),

**1** zpětný odvod paliva,

**2** elektrická přípojka,

**3** aktivací jednotka  
(magnetický ventil),

**4** přívod paliva (vysokého  
tlaku) z Railu,

**5** kulička ventilu,

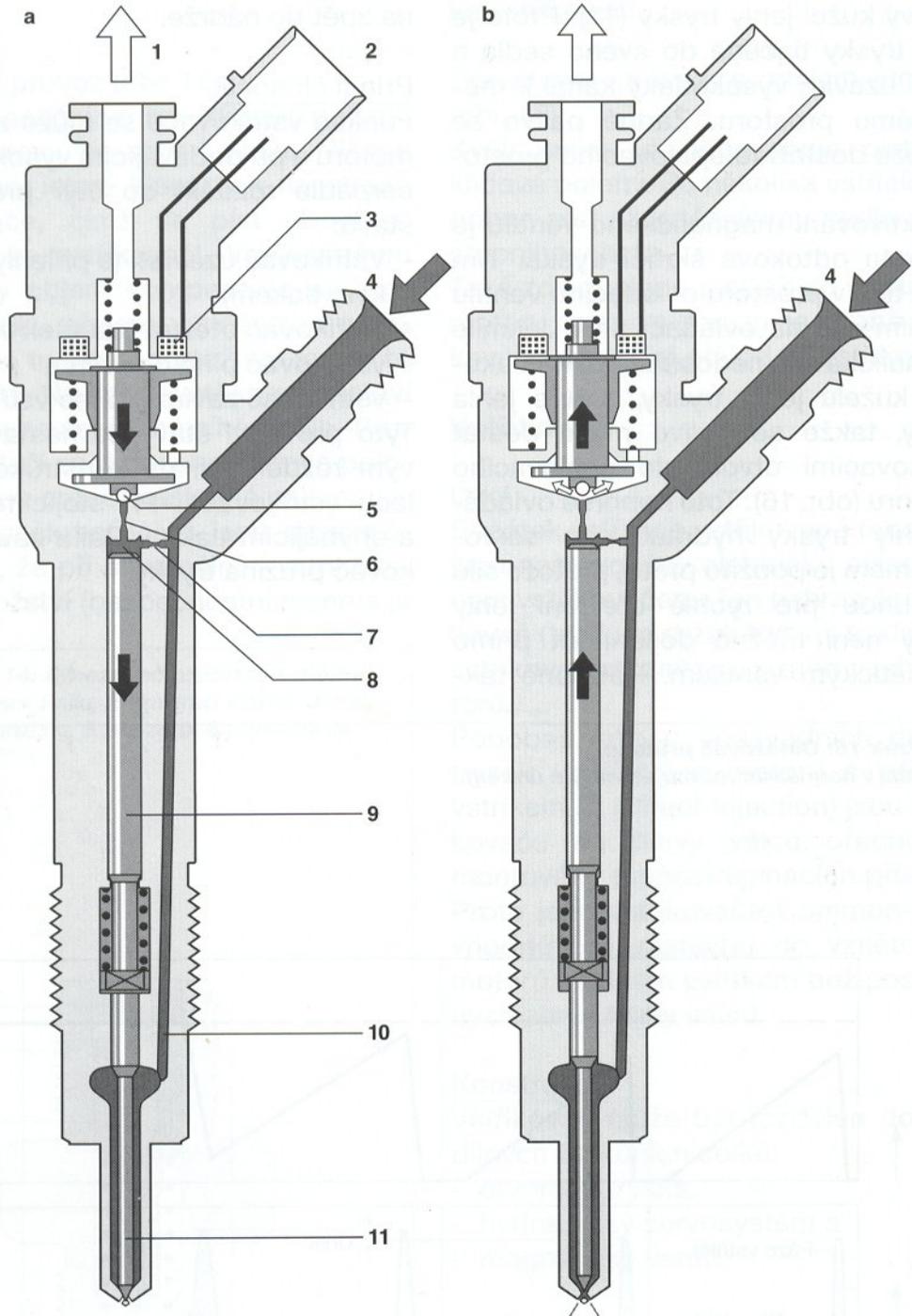
**6** odtokový škrťací otvor,

**7** přívodní škrťací otvor,  
**8** prostor ovládacího  
ventilu,

**9** ovládací píst,

**10** přívodní kanál k trysce,

**11** jehla trysky.



**Vstřikovač uzavřen (klidový stav):**

Magnetický ventil není v klidovém stavu aktivován a tím je uzavřen (obr. 16a).

Když je odtoková škrtkící tryska uzavřena, je kulička kotvy tlačena ventilovou pružinou do sedla odtokové škrtkící trysky. V prostoru ovládacího ventilu naroste vysoký tlak Railu. Stejný tlak nastoupá také v tlakové komoře trysky. Síla, působící tlakem Railu na čelní plochu ovládacího pístu a síla pružiny vstřikovače drží uzavřenou jehlu trysky proti otevírací síle, která působí na její tlakový kužel.

**Vstřikovač otevírá (začátek vstřiku):**

Vstřikovač se nachází v klidové poloze. Magnetický ventil je aktivován takzvaným otevíracím (záběrovým) proudem, což slouží k rychlému otevření magnetického ventilu (obr.16b). Síla nyní aktivovaného elektromagnetu překoná sílu pružiny ventilu a kotva otevře odtokový škrtkící otvor. V nejkratším čase je zvýšený odskokový proud snížen na menší udržovací proud elektromagnetu. To je možné, protože vzduchová mezera v magnetickém obvodu je nyní menší. Otevřením odtokového škrtkícího otvoru může nyní palivo odtékat z prostoru ovládacího ventilu do nad ním ležící dutiny a zpětným vedením paliva do nádrže. Přívodní škrtkící tryska zamezuje úplnému vyrovnání tlaku a tlak v prostoru ovládacího ventilu klesá. To vede k tomu, že tlak v prostoru ovládacího ventilu je menší než v tlakové komoře trysky, který má ještě stále tlakovou úroveň Railu. Snížený tlak v prostoru ovládacího ventilu vede ke snížené síle na ovládací píst a vede k otevření jehly trysky. Vstřikování začíná.

Rychlost otevření jehly trysky určuje průtočný rozdíl přívodní a odtokové škrtkící trysky. Ovládací píst dosahuje svého horního dorazu a zůstává tam na palivovém polštáři. Polštář vznikne proudem paliva, který se nastaví mezi přívodním a odtokovým škrtkícím otvorem. Tryska vstřikovače je nyní plně otevřena a palivo je tlakem, který přibližně odpovídá tlaku v Railu, vstřikováno do spalovacího prostoru. Silové rozdělení na vstřikovači je podobné silovému rozdělení během otevírací fáze.

**Vstřikovač zavírá (konec vstřiku):**

Když už není magnetický ventil aktivován, tak je kotva stlačena silou pružiny ventilu dolů a kulička zavře odtokový škrtkící otvor. Kotva je provedena jako dvoudílná. V tomto případě je sice deska kotvy unášena dolů unášečem, může ale propružit dolů vratnou pružinou a tím nepůsobit žádnou dolů působící silou na kotvu a kuličku.

Uzavřením odtokového škrtkícího otvoru se zvyšuje v ovládacím prostoru zase tlak jako v Railu přítokem přívodním škrtkícím otvorem. Toto zvýšení tlaku způsobuje zvýšení síly na ovládací píst. Tato síla z prostoru ovládacího ventilu a síla pružiny překročí nyní sílu z tlakové komory a jehla trysky se zavře.

Rychlost zavření je určena průtokem přívodního škrtkícího otvoru. Vstřikování končí, když jehla trysky opět dosáhne svého dolního dorazu.

## Otvorové trysky

### Úkol

Vstřikovací trysky jsou vestavěny do vstřikovače Common Railu. Tím přebírá vstřikovač Common Railu funkci držáku trysky. Trysky musejí být pečlivě naladěny na dané poměry motoru.

Dimenzování trysky spolurozhoduje o:

- dávkování vstřikování (doba vstřiku a vstřikované množství na stupeň klikového hřídele),
- přípravě paliva (počet paprsků, tvar paprsku a rozprášení paprsků paliva) a rozdělení paliva ve spalovacím prostoru a
- utěsnění proti spalovacímu prostoru.

### Použití

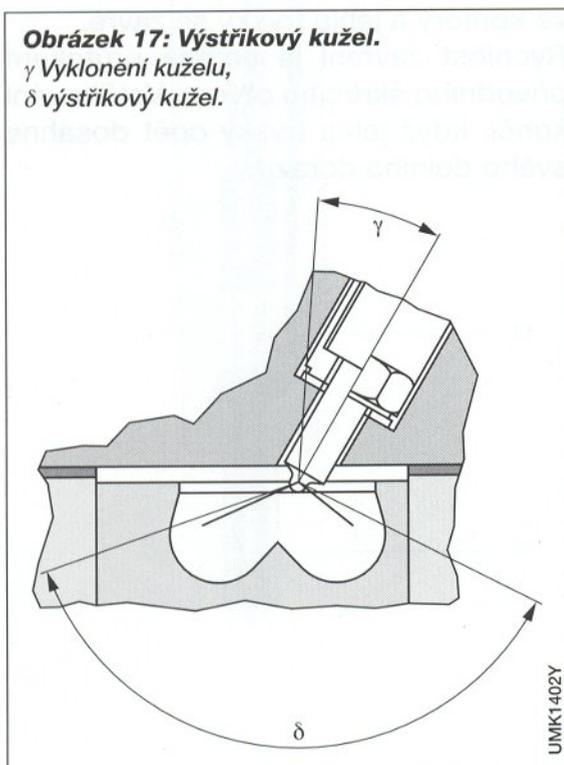
Pro motory s přímým vstřikem ve spojení s Common Railem jsou používány otvorové trysky typu P s průměrem jehly 4 mm.

Existují dva typy:

- trysky se slepým vývrtem a
- trysky s otvory do sedla.

**Obrázek 17: Výstřikový kužel.**

$\gamma$  Vyklonění kuželu,  
 $\delta$  výstřikový kužel.



### Konstrukce

Výstřikové otvory leží na plášti výstřikového kuželu (obr.17). Počet a průměr paprsků je závislý na

- vstřikované dávce,
- tvaru spalovacího prostoru a
- rozvíření vzduchu (víru) ve spalovacím prostoru.

Jak trysky se slepým vývrtem, tak také s otvory do sedla mohou být upravovány hydroerozivním zaoblováním. Cílem přitom je,

- předejít opotřebení hran působením abrazivních částic paliva a/nebo
- zúžení tolerancí průtoku.

Pro nízké emise uhlovodíků je důležité, aby byl dodržen objem vyplněný palivem pod hranou sedla jehly trysky (zbytkový objem) ta malý, jak je možné. Toho je nejlépe dosaženo u trysek s otvory vrtanými do sedla.

### Provedení

Trysky se slepým vývrtem

Výstřikové otvory trysek se slepým vývrtem (obr. 18) jsou uspořádány ve slepém vývrtnu.

Při kulatém vrchlíku jsou výstřikové otvory vrtány v závislosti na uspořádání mechanicky nebo elektroerozivně (elektrický úběr částíček).

Trysky se slepým vývrtem s kónickým vrchlíkem jsou většinou vrtány elektroerozivně.

Trysky se slepým vývrtem jsou nabízeny s následujícími tvary slepého vývrtnu v různých rozměrech:

- s válcovým slepým vývrtem a
- kuželovým slepým vývrtem.

1. Trysky se slepým vývrtem válcového tvaru a kulovým vrchlíkem:

Tvar slepého vývrtnu, složený z válcové a polokulové části, dává velkou volnost co se týče uspořádání

- počtu otvorů,
- délky otvorů a
- výstřikového úhlu.

Vrchlík trysky má tvar polokoule a zajišťuje spolu s tvarem slepého vývrtnu stejnou délku otvorů.



# Řízení systému s EDC

## Bloky systému

Elektronická regulace vznětových motorů EDC s Common Railem se člení na tři systémové bloky:

1. Snímače a čidla požadovaných hodnot pro zachycení provozních podmínek a požadovaných hodnot. Převádějí různé fyzikální veličiny na elektrické signály.
2. Řídicí jednotka pro zpracování informací podle určených matematických postupů (řídicích algoritmů) na elektrické výstupní signály.
3. Ovládací (akční) členy pro převedení elektrických výstupních signálů řídicí jednotky na mechanické veličiny.

## Snímače (obr. 2)

### Snímač otáček klikové hřídele

Poloha pístu válce je rozhodující pro správný okamžik vstříku. Všechny písty motoru jsou spojeny ojnicemi s klikovou hřídelí. Jeden snímač na klikovém hřídeli proto dává informace o poloze pístu všech válců. Otáčky jsou počet otočení klikového hřídele za minutu.

Tyto důležité vstupní veličiny jsou vypočteny v řídicí jednotce ze signálu indukčního snímače otáček klikové hřídele.

### Tvorba signálu

Na klikové hřídeli je namontováno feromagnetické ozubené kolo s 60-2 zuby, přičemž dva zuby jsou vynechány. Tato obzvláště velká zubová mezera je přiřazena definované poloze klikové hřídele prvního válce.

Snímač otáček klikové hřídele snímá sled zubů kola snímače. Sestává z permanentního magnetu a jádra z měkkého železa s měděným vinutím (obr 1). Když míjejí zuby a zubové mezery snímač, mění se v něm magnetický tok a je indukováno střídavé napětí ve tvaru sinusovky. Amplituda střídavého napětí

silně narůstá se stoupajícími otáčkami. Dostatečná amplituda je k dispozici od minimálně 50 otáček za minutu.

### Výpočet otáček

Válce motoru jsou vzájemně přesazeny. Po dvou otáčkách klikové hřídele (720°) zahájí první válec opět nový pracovní cyklus. Při rovnoměrném rozdělení přesazení to znamená:

$$\text{Interval mezi zážehy [°]} = \frac{720^\circ}{\text{Počet válců}}$$

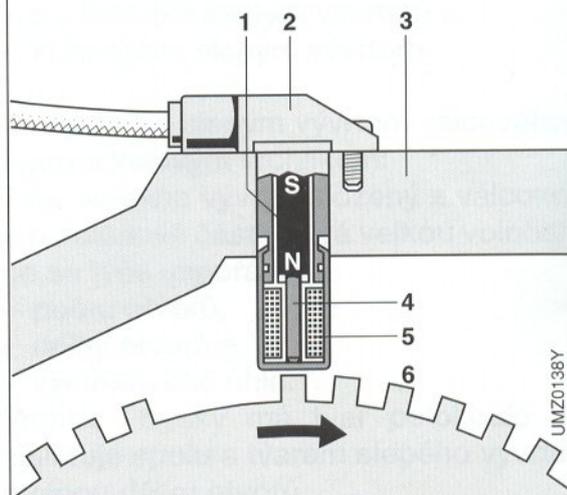
U čtyřválcového motoru činí interval mezi zážehy 180°, tzn. že snímač otáček klikové hřídele musí mezi dvěma zážehy načíst právě 30 zubů. Čas pro to je definován jako doba segmentu, průměrné otáčky klikové hřídele za dobu segmentu udávají otáčky.

### Snímač otáček vačkové hřídele

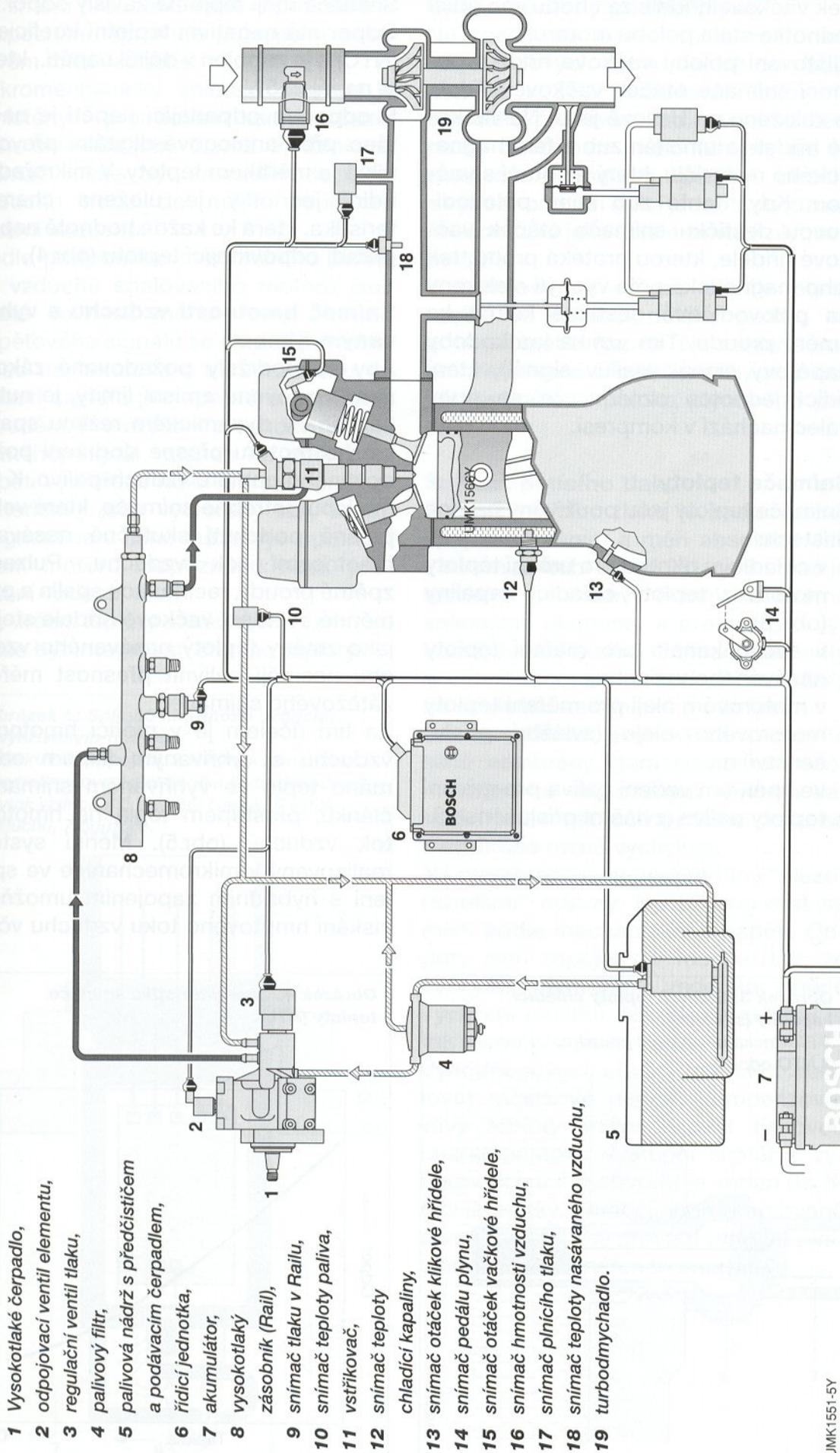
Vačková hřídel motoru ovládá sací a výfukové ventily motoru. Otáčí se polovičními otáčkami než kliková hřídel. Její poloha určuje, zda se píst, který se pohybuje k horní úvratí, nachází v kompresním taktu se zapojeným zapalováním nebo ve výfukovém taktu. Z polohy klikové hřídele nemusí být tato informace během startu získána. Na proti tomu za chodu je informace, získaná ze snímače polohy klikové hřídele, pro polohu motoru dostatečná. To znamená, že při výpadku snímače otá-

**Obrázek 1: Snímač otáček klikové hřídele.**

1 Permanentní magnet, 2 pouzdro, 3 blok motoru, 4 jádro z měkkého železa, 5 vinutí, 6 kolo snímače.



**Obrázek 2: Snímače vstříkovacího zařízení s Common Railem a různými systémovými komponenty.**



- 1 Vysokotlaké čerpadlo,
- 2 odpojovací ventil elementu,
- 3 regulační ventil tlaku,
- 4 palivový filtr,
- 5 palivová nádrž s předčističem a podávacím čerpadlem,
- 6 řídicí jednotka,
- 7 akumulátor,
- 8 vysokotlaký zásobník (Rail),
- 9 snímač tlaku v Railu,
- 10 snímač teploty paliva,
- 11 vstříkovač,
- 12 snímač teploty chladicí kapaliny,
- 13 snímač otáček klikové hřídele,
- 14 snímač pedálu plynu,
- 15 snímač otáček vačkové hřídele,
- 16 snímač hmotnosti vzduchu,
- 17 snímač plnicího tlaku,
- 18 snímač teploty nasávaného vzduchu,
- 19 turbodmychadlo.

UIMK1551-SY

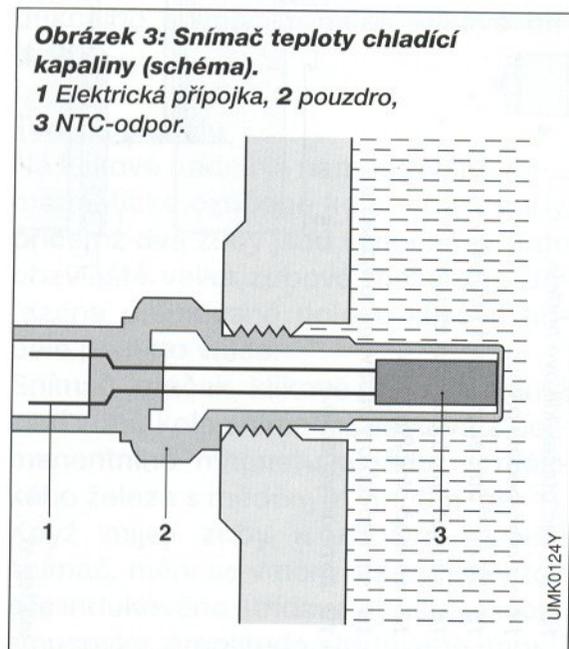
ček vačkové hřídele za chodu zná řídicí jednotka stále polohu motoru.

Zjišťování polohy vačkové hřídele pomocí snímače otáček vačkové hřídele je založeno na Hallově jevu: Na vačkové hřídeli je umístěn zub z feromagnetického materiálu, který se otáčí s vačkou. Když tento zub mine polovodičovou destičku snímače otáček vačkové hřídele, kterou protéká proud, tak jeho magnetické pole vychýlí elektrony na polovodičové destičce kolmo ke směru proudu. Tím vzniká krátkodobý napěťový signál (Hallův signál), který řídicí jednotce oznámí, že se první válec nachází v kompresi.

### Snímače teploty

Snímače teploty jsou používány na více místech:

- v chladícím okruhu pro určení teploty motoru z teploty chladící kapaliny (obr. 3),
- v sacím kanálu pro měření teploty nasávaného vzduchu,
- v motorovém oleji pro měření teploty motorového oleje (zvláštní příslušenství) a
- ve zpětném vedení paliva pro měření teploty paliva (zvláštní příslušenství).



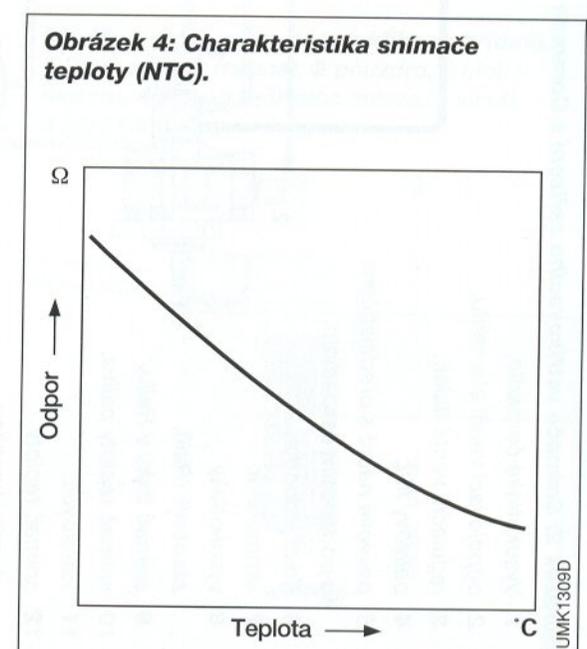
Snímače mají teplotně závislý odpor. Odpor má negativní teplotní koeficient (NTC) a je zapojen v děliči napětí., který je napájen 5 V.

S odporem odpadající napětí je načítáno přes analogově-digitální převodník a je měřítkem teploty. V mikrořadiči řídicí jednotky je uložena charakteristika, která ke každé hodnotě napětí přiřadí odpovídající teplotu (obr.4).

### Snímač hmotnosti vzduchu s vyhříváním filmem

Aby se dodržely požadované zákonem stanovené emisní limity, je nutné zejména v dynamickém režimu spalovacího motoru přesné dodržení požadovaného poměru vzduch-palivo. K tomu jsou potřebné snímače, které velmi přesně podchytí skutečně nasávaný hmotnostní tok vzduchu. Pulzace, zpětné proudy, recirkulace spalin a proměnné ovládání vačkové hřídele stejně jako změny teploty nasávaného vzduchu nesmějí ovlivnit přesnost měření zátěžového snímače.

Za tím účelem je v měřiči hmotnosti vzduchu s vyhříváním filmem odnímáno teplo ve vyhříváném snímacím článku, přestupem tepla na hmotový tok vzduchu (obr.5). Měřicí systém realizovaný v mikromechanice ve spojení s hybridním zapojením umožňuje získání hmotového toku vzduchu včet-



ně směru proudění. Zpětné proudění je rozpoznáno při silně pulzujícím hmotovém toku vzduchu.

Mikromechanický snímací element je umístěn v proudovém kanálu zásuvného snímače (obr. 5, poz. 5). Zásuvný snímač může být zastaven do filtru vzduchu nebo do měřicí roury ve vedení vzduchu.

Podle potřebného maximálního průtoku vzduchu spalovacího motoru jsou různé velikosti měřicí roury. Průběh napěťového signálu se rozděluje v závislosti na hmotovém toku vzduchu na oblasti signálu pro zpětné a dopředné proudění. Pro zvýšení přesnosti měření je měřicí signál vztažen na referenční napětí vytvořené řídicí jednotkou. Charakteristiky jsou vytvořeny tak, že při diagnostice v dílně může být s pomocí řízení motoru rozpoznáno např. přerušení vedení.

Pro určení teploty nasávaného vzduchu může být integrován snímač teploty.

### Snímač polohy pedálu plynu

Na rozdíl od konvenčních rotačních nebo řadových vstřikovacích čerpadel není již u EDC požadavek řidiče na zrychlení předávání vstřikovacímu čerpadlu bovdenem nebo táhlem, ale je získáván snímačem polohy pedálu a vyhodnocován řídicí jednotkou (označováno také jako "elektronický plynový pedál").

V závislosti na poloze pedálu plynu vzniká ve snímači polohy pedálu na potenciometru napětí. Na základě naprogramované charakteristiky je z napětí vypočtena poloha plynového pedálu.

### Snímač plnicího tlaku

Snímač plnicího tlaku je pneumaticky spojen se sáním a měří absolutní tlak v sacím potrubí 0,5 až 3 bary. Snímač je rozdělen na tlakový článek se dvěma snímacími elementy a prostor pro vyhodnocovací obvod. Snímací elementy a vyhodnocovací obvod se nacházejí na společné keramické podložce.

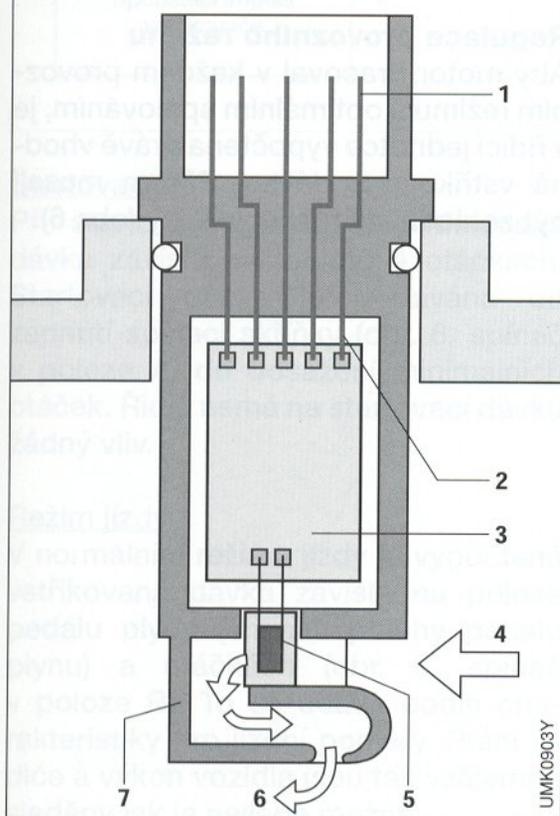
Snímací článek sestává ze zvonovité silné membrány, která uzavírá referenční objem se stanoveným vnitřním tlakem. Podle velikosti plnicího tlaku se membrána různě vychyluje.

Na membráně jsou uspořádány "piezorezistivní" odpory, jejichž vodivost se mění podle mechanického napětí. Odpory jsou zapojeny v můstku tak, že výchylka membrány vede ke změně vyvážení můstku. Napětí na můstku je tak mírou pro plnicí tlak.

Vyhodnocovací obvod má úkol zesilovat můstkové napětí, kompenzovat vlivy teploty a linearizovat tlakovou charakteristiku. Výstupní signál z vyhodnocovacího obvodu je veden do řídicí jednotky. Pomocí naprogramované charakteristiky se provádí výpočet plnicího tlaku ze změřeného napětí.

**Obrázek 5: Snímač hmotnosti vzduchu s vyhříváním filmem.**

1 Elektrické připojení, 2 elektrické propojení, 3 vyhodnocovací elektronika (hybridní odvod), 4 vtok vzduchu, 5 snímací článek, 6 výtok vzduchu, 7 pouzdro.



## Řídicí jednotka

### Úkol a způsob činnosti

Řídicí jednotka vyhodnocuje signály externích snímačů a omezuje přípustnou úroveň napětí.

Mikroprocesory počítají z těchto vstupních dat a z uložených datových polí doby a okamžiky vstřiku a převádějí tyto časy na signály s časovým průběhem, které jsou přizpůsobeny činnosti motoru. Pro požadovanou přesnost a vysokou dynamičnost motoru je nutný vysoký výpočetní výkon.

Výstupními signály jsou aktivovány koncové stupně, které poskytují dostatečný výkon pro ovládací (akční) členy regulace tlaku v Railu a odpojení elementu. Kromě toho jsou aktivovány ovladače pro motorové funkce (např. ovladače recirkulace výfukových plynů, plnicího tlaku, relé elektrického palivového čerpadla) a pro další pomocné funkce (např. relé ventilátoru, přídavného topení, žhavení, klimatizační zařízení). Koncové stupně jsou chráněny proti zkratu a zničení elektrickým přetížením. Chyby tohoto druhu stejně jako přerušení vedení jsou hlášeny zpět mikroprocesoru. Diagnostické funkce koncových stupňů vstřikovačů rozpoznají také chybný průběh signálu. Navíc jsou některé výstupní signály předávány přes rozhraní dalším vozidlovým systémům. V rámci bezpečnostní koncepce hlídá řídicí jednotka také celý vstřikovací systém.

Spouštěcí impuls vstřikovačů klade na koncové stupně zvláštní podmínky. Elektrický proud vytváří v cívce s magnetickým jádrem magnetickou sílu, která působí na hydraulický vysokotlaký systém ve vstřikovači. Elektrický spouštěcí impuls této cívky musí probíhat se strmými náběhy, aby byly dosaženy malé tolerance a vysoká opakovatelnost vstřikované dávky.

Předpokladem pro to jsou vysoká napětí uložená v řídicí jednotce.

Regulace proudu rozděluje fázi napájení (dobu vstřiku) na záběrovou a udržovací fázi. Ta musí pracovat tak přesně, že vstřikování vstřikovače je v kaž-

dém provozním režimu reprodukovatelné a kromě toho musí redukovat ztráty výkonu v řídicí jednotce a ve vstřikovači.

### Provozní podmínky

Na řídicí jednotku jsou kladeny vysoké požadavky a sice co se týká:

- teploty okolí (v normálním jízdním režimu – 40...+ 85° C),
- odolnosti proti provozním hmotám (oleji, palivu apod.),
- okolní vlhkosti a
- mechanickému namáhání.

Stejné požadavky jsou na elektromagnetickou kompatibilitu a omezení vysokého vyzařování vysokofrekvenčních rušivých signálů.

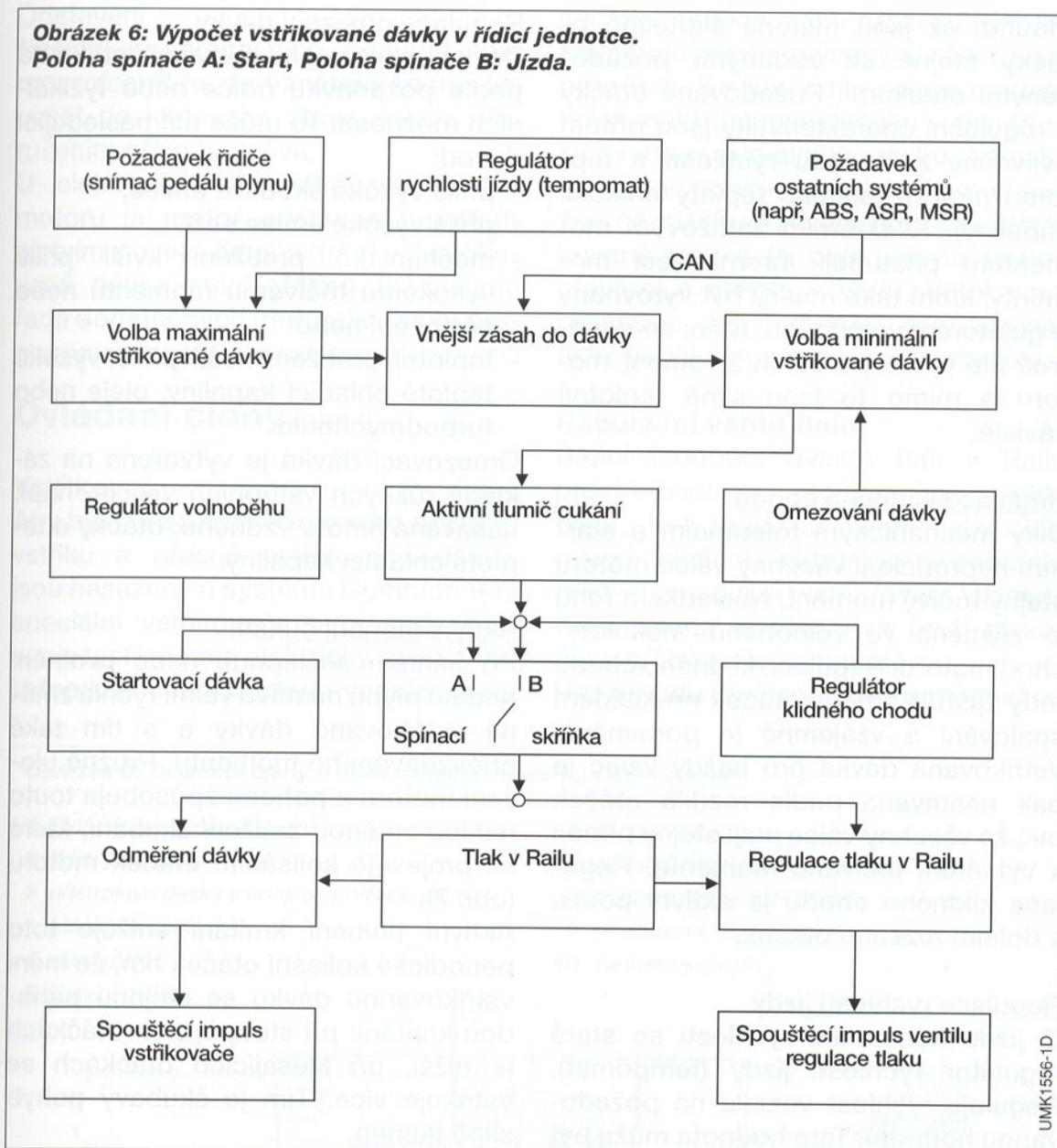
### Konstrukce

Řídicí jednotka se nachází v kovovém pouzdře. Snímače, ovládací členy a napájení jsou k řídicí jednotce připojeny vícepólovým konektorem. Výkonové prvky pro přímou aktivaci ovladačů jsou také integrovány do pouzdra řídicí jednotky, takže je zaručen velmi dobrý odvod tepla do pouzdra. Řídicí jednotka existuje jak s utěsněným, tak s neutěsněným pouzdem.

### Regulace provozního režimu

Aby motor pracoval v každém provozním režimu s optimálním spalováním, je v řídicí jednotce vypočtena právě vhodná vstřikovaná dávka. Přitom musejí být zohledněny různé veličiny (obr. 6).

**Obrázek 6: Výpočet vstřikované dávky v řídicí jednotce.**  
**Poloha spínače A: Start, Poloha spínače B: Jízda.**



### Startovací dávka

Při startu je vypočtená vstřikovaná dávka závislá na teplotě a otáčkách. Startovací dávka je dodávána od zapnutí spínací skříňky (obr. 6, spínač v poloze A) do dosažení minimálních otáček. Řidič nemá na startovací dávku žádný vliv.

### Režim jízdy

V normálním režimu jízdy je vypočtená vstřikovaná dávka závislá na poloze pedálu plynu (snímač polohy pedálu plynu) a otáčkách (obr. 6, spínač v poloze B). To se udává podle charakteristiky pro jízdní poměry. Přání řidiče a výkon vozidla jsou tak vzájemně sladěny jak je nejlépe možné.

### Regulace volnoběhu

Při volnoběhu motoru určují spotřebu paliva hlavně účinnost a volnoběžné otáčky. Na tento provozní režim připadá v hustém silničním provozu značný podíl spotřeby paliva vozidel. Proto jsou výhodou pokud možno nízké volnoběžné otáčky. Volnoběh však musí být nastaven tak, aby volnoběžné otáčky příliš neklesaly za všech podmínek, jako zatížení palubní sítě, zapnutí klimatizace, zařazená rychlost u vozidel s automatickou převodovkou, aktivní posilovač řízení atd. a motor neběžel neklidně nebo úplně zhasínal. Pro naregulování požadovaných volnoběžných otáček obměňuje regulátor volnoběhu vstřikovanou dávku tak

dlouho, až jsou měřené skutečné otáčky stejné se zadanými požadovanými otáčkami. Požadované otáčky a regulační charakteristiky jsou přitom ovlivněny zařazenou rychlostí a teplotou motoru (snímač teploty chladicí kapaliny). K externím zátěžovým momentům přistupují interní třecí momenty, které také musejí být vyrovnány regulátorem volnoběhu. Mění se nepatrně ale trvale po celou životnost motoru a mimo to jsou silně teplotně závislé.

#### Regulace klidného chodu

Díky mechanickým tolerancím a stárnutí neprodukují všechny válce motoru stejný točivý moment. Následkem toho je zejména ve volnoběhu "nekulatý" chod motoru. Regulace klidného chodu tedy zjišťuje změny otáček po každém spalování a vzájemně je porovnává. Vstřikovaná dávka pro každý válec je pak nastavena podle rozdílů otáček tak, že všechny válce mají stejný přínos k vytváření točivého momentu. Regulace klidného chodu je aktivní pouze v dolním rozsahu otáček.

#### Regulace rychlosti jízdy

O jízdu konstantní rychlostí se stará regulátor rychlosti jízdy (tempomat). Reguluje rychlost vozidla na požadovanou hodnotu. Tato hodnota může být nastavena ovládacím dílem na přístrojovém panelu.

Vstřikovaná dávka je tak dlouho zvyšována nebo snižována, dokud měřená skutečná rychlost neodpovídá požadované hodnotě rychlosti. Šlápne-li řidič při zapnuté regulaci rychlosti jízdy na spojkový nebo brzdový pedál, je regulační proces vyřazen. Při použití pedálu plynu může být navíc zrychleno nad požadovanou rychlost. Je-li pedál plynu opět uvolněn, nastaví regulátor rychlosti jízdy znovu poslední platnou požadovanou rychlost. Stejně tak může být při vypnutém regulátoru jízdy nastavena poslední platná požadovaná rychlost pomocí obnovovacího tlačítka.

#### Regulace omezení dávky

Dávka paliva nesmí být vždy vstříknuta podle požadavku řidiče nebo fyzikálních možností. To může mít následující důvod:

- příliš vysoké škodlivé emise,
- příliš vysoké emise sazí,
- mechanické přetížení kvůli příliš vysokému točivému momentu nebo přetočení nebo
- teplotní přetížení kvůli příliš vysoké teplotě chladicí kapaliny, oleje nebo turbodmychadla.

Omezovací dávka je vytvořena na základě různých vstupních veličin, např. nasávaná hmota vzduchu, otáčky a teplota chladicí kapaliny.

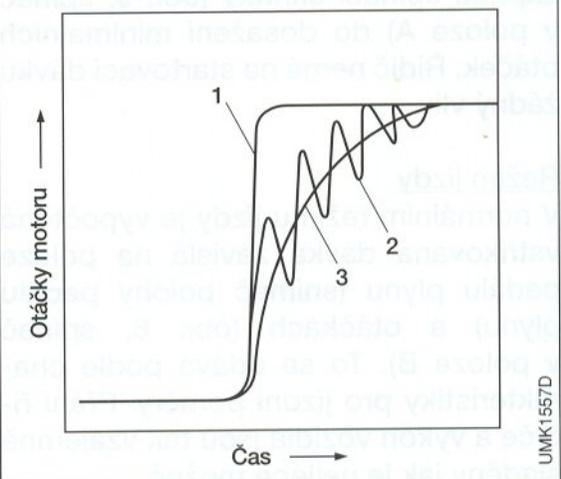
#### Aktivní tlumení cukání

Při náhlém sešlápnutí nebo uvolnění pedálu plynu nastává velmi rychlá změna vstřikované dávky a s tím také odevzdávaného momentu. Pružné uložení motoru a pohonu způsobuje touto náhlou změnou zatížení škusání, které se projevuje kolísáním otáček motoru (obr. 7).

Aktivní tlumení kmitání snižuje toto periodické kolísání otáček tím, že mění vstřikovanou dávku se stejnou periodou kmitání: při stoupajících otáčkách je nižší, při klesajících otáčkách se vstřikuje více. Tím je škusavý pohyb silně tlumen.

#### **Obrázek 7: Aktivní tlumič cukání.**

**1** Naráz sešlápnutý pedál plynu (požadavek řidiče), **2** průběh otáček bez aktivního tlumiče otáček, **3** průběh otáček s aktivním tlumičem otáček.



## Odstavení

Následkem pracovního principu "samovznícení" je, že vznětový motor lze uvést do klidového stavu pouze přerušením přívodu paliva.

U elektronicky řízeného vznětového motoru je motor odstaven prostřednictvím povelu řídicí jednotky "vstřikovaná dávka nula". Mimo to existuje řada dodatečných (redundantních) programových cest pro odstavení.

## Ovládací členy (obr. 8)

### Vstřikovač

Aby bylo dosaženo správného počátku vstřiku a přesné vstřikované dávky, jsou nasazeny u systému Common Rail speciální vstřikovače s hydraulickým servosystémem a elektricky ovládanou jednotkou (magnetickým ventilem). Na

začátku vstřikovacího procesu je vstřikovač aktivován zvýšeným záběrovým proudem, tím se rychle otevře magnetický ventil. Jakmile dosáhne jehla trysky svého maximálního zdvihu, a tryska se naplno otevře, je ovládací proud snížen na nižší udržovací hodnotu. Vstřikovaná dávka je pak určena dobou otevření a tlakem v Railu. Vstřikovací proces je ukončen, když není magnetický ventil aktivován a tím je uzavřen.

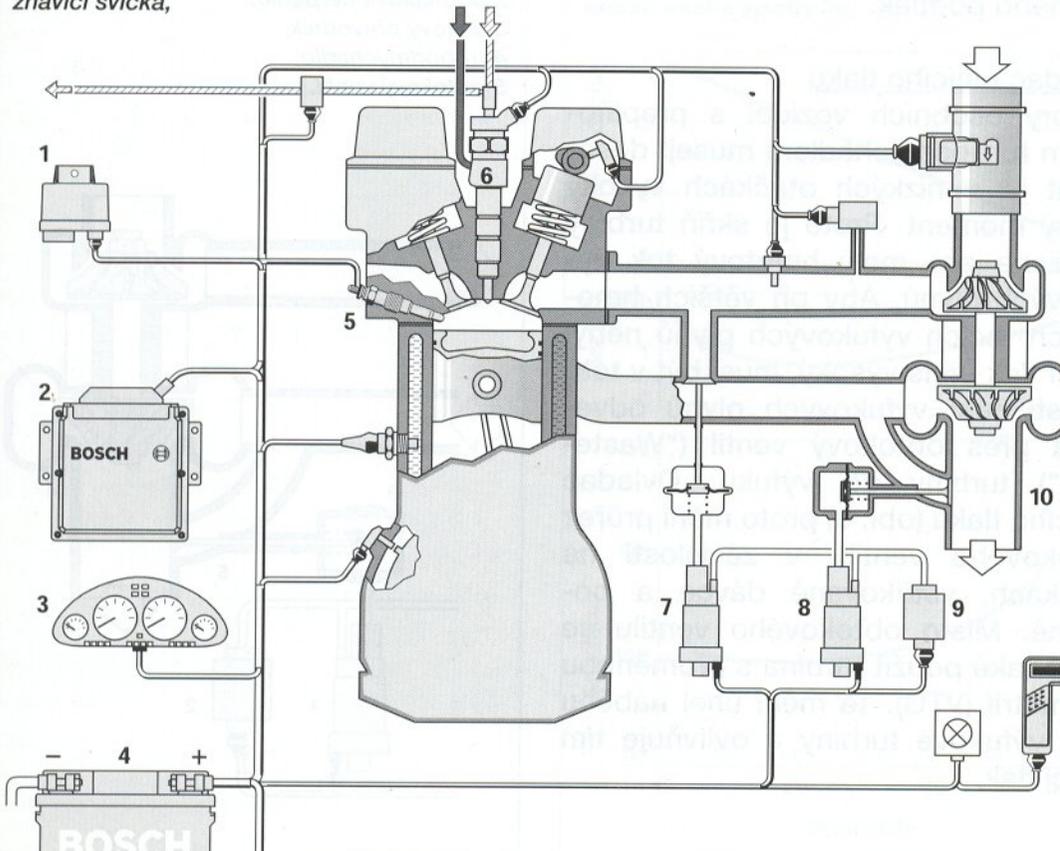
### Regulační ventil tlaku

Řídicí jednotka ovládá tlak v Railu prostřednictvím regulačního ventilu tlaku. Je-li regulační ventil tlaku aktivován, tak tlačí elektromagnet kotvu do těsnícího sedla, a ventil zavírá. Vysokotlaká strana je utěsněna proti nízkotlaké a tlak v Railu narůstá.

Bez proudu nepůsobí elektromagnet na

**Obrázek 8: Ovládací členy a další součásti systému Common Rail.**

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1 Ovládací jednotka žhavení,                                   | 6 vstřikovač,                |
| 2 řídicí jednotka,   | 7 ovladač recirkulace,       |
| 3 přístrojová deska s údaji o spotřebě paliva, otáčkách apod., | 8 nastavovač plnicího tlaku, |
| 4 akumulátor,  | 9 podtlakové čerpadlo,       |
| 5 žhavicí svíčka,  | 10 turbodmychadlo.           |



UMK1551-6Y

kotvu žádnou silou. Regulační ventil tlaku otevírá, takže část paliva odtéká z Railu sběrným potrubím zpět do palivové nádrže. Tlak v Railu klesá.

Taktováním ovládacího proudu (pulsní modulací) může být variabilně nastaven tlak. Podle míry impulsu (střídý) je regulační ventil tlaku více či méně otevřen.

### Ovládací jednotka žhavení

Za dobrý studený start a zlepšení relevantních emisí zahřívací fáze odpovídá ovládací jednotka žhavení. Doba předžhavení je závislá na teplotě chladicí kapaliny. Další fáze žhavení startujícího nebo běžícího motoru jsou určeny velkým počtem parametrů, mezi jinými vstříkovaná dávka a otáčky motoru. Ovládání doby žhavení se provádí pomocí výkonového relé.

### Elektropneumatický převodník

Ventily nebo klapky ovládání plnicího tlaku, rozvíření a recirkulace výfukových plynů jsou ovládány mechanicky pomocí tlaku a podtlaku. K tomu vytváří řídicí jednotka signál, který je v elektromagnetickém převodníku převáděn na tlak nebo podtlak.

### Ovladač plnicího tlaku

Motory osobních vozidel s přepínáním turbodmychadlem musejí dosahovat již v nízkých otáčkách vysoký točivý moment. Proto je skříň turbíny navržena pro malý hmotový tok výfukových plynů. Aby při větších hmotových tocích výfukových plynů nebyl plnicí tlak příliš vysoký, musí být v této oblasti část výfukových plynů odvedena přes obtokový ventil ("Wastegate") turbíny do výfuku. Ovladač plnicího tlaku (obr. 9) proto mění průřez obtokového ventilu v závislosti na otáčkách, vstříkované dávce a podobně. Místo obtokového ventilu se může také použít turbína s proměnnou geometrií (VTG). Ta mění úhel náběhu kola výfukové turbíny a ovlivňuje tím plnicí tlak.

### Ovladač rozvíření

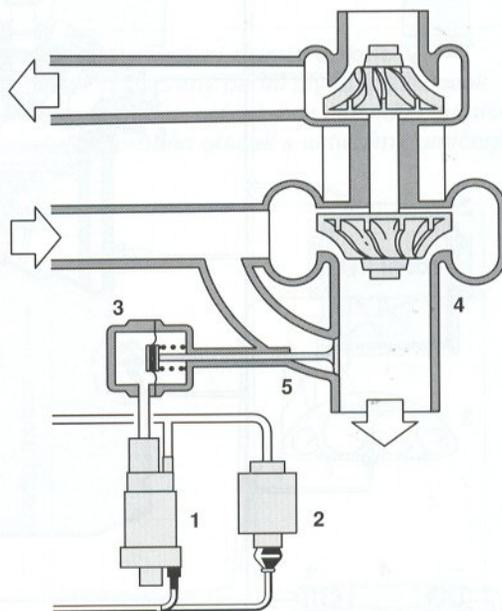
Ovládání rozvíření slouží k ovlivnění točitého pohybu nasávaného vzduchu. Vír je většinou tvořen spirálovým vtokovým kanálem. Určuje promísení paliva se vzduchem ve spalovacím prostoru a má tím velký vliv na kvalitu spalování. Zpravidla je při nízkých otáčkách vytvářen silný a při vysokých otáčkách slabší vír. Vír lze přestavovat pomocí ovladače rozvíření (klapky nebo šoupátka) v oblasti sacího ventilu.

Ovladač recirkulace výfukových plynů  
Při recirkulaci výfukových plynů je vedena část výfukových plynů do sacího traktu. Až do určitého stupně se může rostoucí podíl zbytkových plynů pozitivně podílet na přeměně energie a tím snižovat emise škodlivin. V závislosti na provozním bodu obsahuje nasávaná hmota vzduch/plyn až 40% výfukových plynů (obr. 10 a 11).

Pro regulaci v řídicí jednotce je měřena a v každém provozním bodu porovnává s požadovanou hodnotou hmotnosti

**Obrázek 9: Ovladač plnicího tlaku.**

- 1 Ovladač plnicího tlaku,
- 2 podtlakové čerpadlo,
- 3 tlakový převodník,
- 4 turbodmychadlo,
- 5 obtokový ventil.

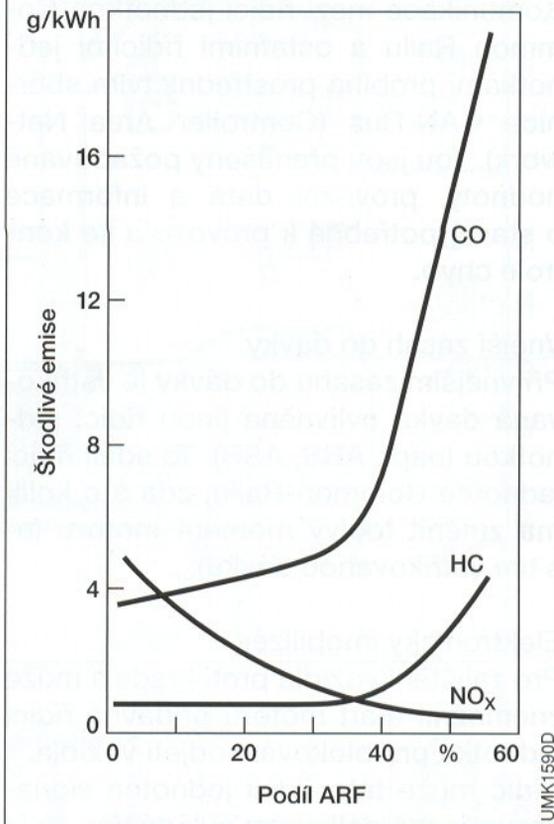


vzduchu, skutečná hmotnost čerstvého vzduchu. S pomocí regulací vytvořeného signálu otevírá ovladač (ventil) recirkulace tak, že pak výfukové plyny proudí do sacího traktu.

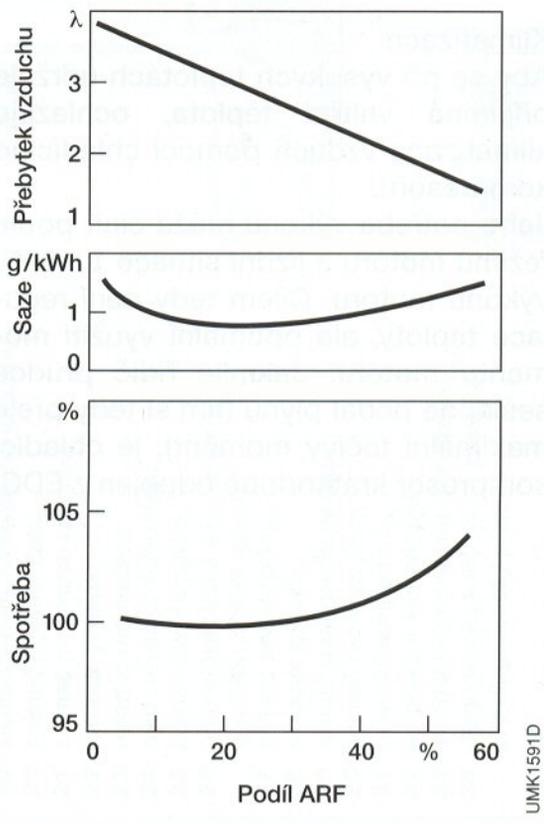
### Regulace škrtkové klapky

Škrtková klapka má u vznětového motoru úplně jinou funkci než u zážehového: Slouží ke zvýšení podílu recirkulace tím, že snižuje přetlak v sacím potrubí. Regulace škrtkové klapky je aktivní pouze v nízkých otáčkách.

**Obrázek 10:** Vliv podílu recirkulovaných plynů (ARF) na škodlivé emise.



**Obrázek 11:** Vliv podílu recirkulovaných plynů na součinitel přebytku vzduchu  $\lambda$ , emise sazí a spotřebu.



## Výměna informací

### Komunikace řídicích jednotek

Komunikace mezi řídicí jednotkou Common Railu a ostatními řídicími jednotkami probíhá prostřednictvím sběrnice CAN-Bus (Controller Area Network). Tou jsou přenášeny požadované hodnoty, provozní data a informace o stavu, potřebné k provozu a ke kontrole chyb.

### Vnější zásah do dávky

Při vnějším zásahu do dávky je vstřikovaná dávka ovlivněna jinou řídicí jednotkou (např. ABS, ASR). Ta sdělí řídicí jednotce Common-Railu, zda a o kolik má změnit točivý moment motoru (a s tím vstřikovanou dávku).

### Elektronický imobilizér

Pro zajištění vozidla proti krádeži může znemožnit start motoru přidavná řídicí jednotka pro blokování odjetí vozidla.

Řidič může této řídicí jednotce signalizovat např. dálkovým ovládním, že je oprávněn vozidlo používat. Ta uvolní v řídicí jednotce Common-Railu vstřikovací dávku, takže je možný start motoru a jízda.

### Klimatizace

Aby se při vysokých teplotách udržela příjemná vnitřní teplota, ochlazuje klimatizace vzduch pomocí chladícího kompresoru.

Jeho potřeba výkonu může činit podle režimu motoru a jízdní situace 1...30% výkonu motoru. Cílem tedy není regulace teploty, ale optimální využití momentu motoru. Jakmile řidič prudce sešlápne pedál plynu (tím si tedy přeje maximální točivý moment), je chladící kompresor krátkodobě odpojen z EDC.

## Vlastní diagnostika

### Kontrola snímačů

Při kontrolování snímačů je pomocí vlastní diagnostiky přezkušováno, jestli jsou tyto dostatečně napájeny a jestli leží jejich signály v přípustném rozsahu (např. teplota mezi - 40 a 150°). Důležité signály jsou, jakmile je to možné v dvojitém (redundantním) provedení, tzn. že existuje možnost přepnout v případě chyby na jiný podobný signál.

### Kontrolní modul

Řídicí jednotka disponuje vedle mikrořadiče kontrolním modulem. Řídicí jednotka a kontrolní modul se navzájem kontrolují. Je-li rozpoznána chyba mohou oba vzájemně nezávisle odpojit vstřikování.

### Rozpoznávání chyb

Rozpoznání chyb je možné pouze v kontrolní oblasti snímače. Cesta signálu je uznána jako vadná, když chyba trvá déle než předem definovaný čas. Chyba je potom spolu s okolními podmínkami, za nichž se vyskytla (např. teplota chladící kapaliny, otáčky apod.), uložena do paměti závad řídicí jednotky.

U mnoha chyb je možné "rozpoznání znovuneporušenosti". K tomu musí být cesta signálu uznána po definovanou dobu jako neporušená.

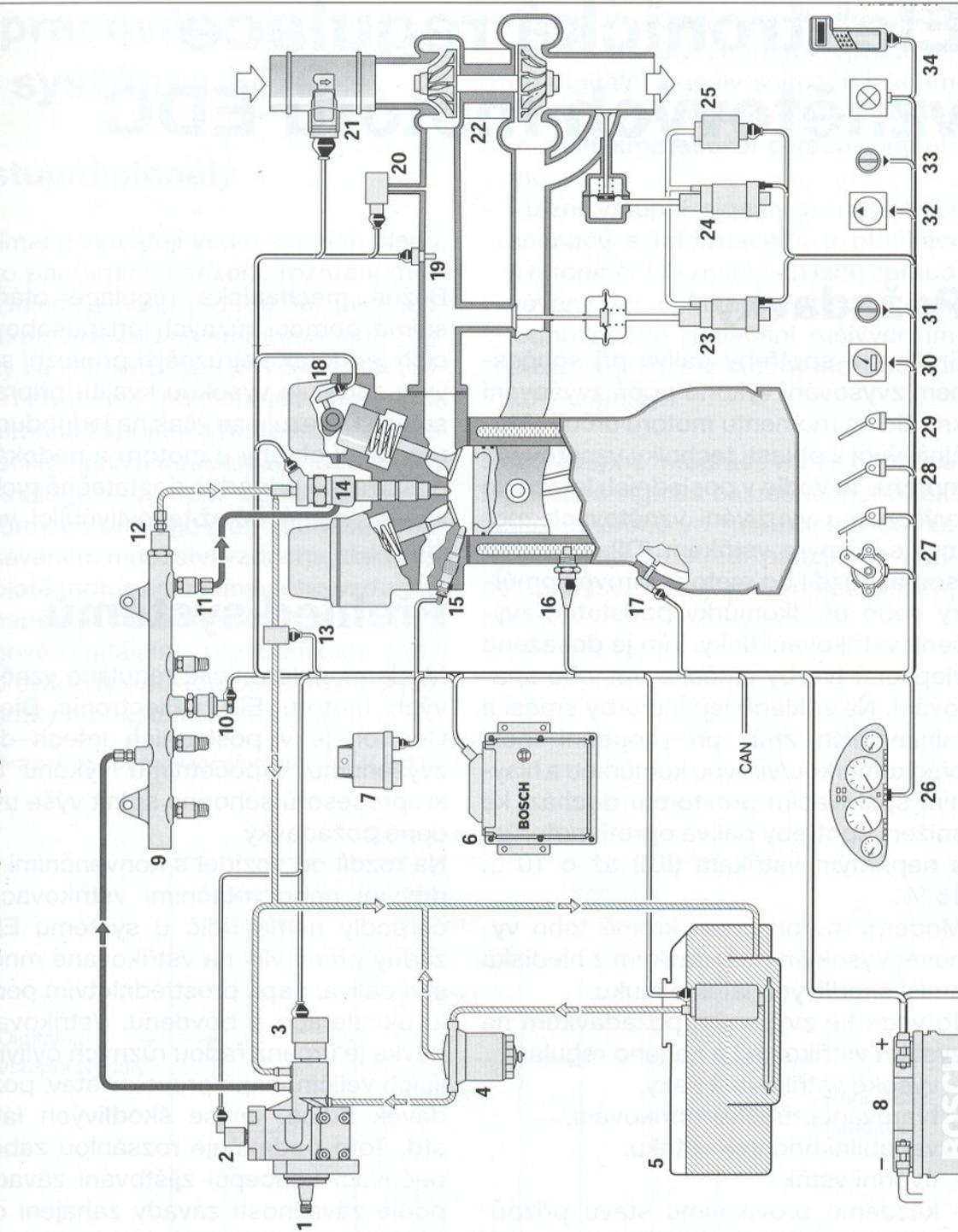
### Ošetření chyb

Při porušení přípustného rozsahu signálu snímače je přepnuto na předem danou hodnotu. Tento postup je využíván pro následující vstupní signály:

- napětí akumulátoru,
- teplota chladící kapaliny, vzduchu a oleje,
- plnicí tlak,
- atmosférický tlak a
- hmota vzduchu.

Kromě toho je při porušení hodnověrnosti signálu snímače polohy pedálu plynu a brzdy používána náhradní hodnota snímače pedálu plynu.

**Obrázek 12: Přehled vstříkovací soustavy s Common Raillem a různými komponenty systému.**



- 1 vysokotlaké čerpadlo,
- 2 odpojovací ventil elementu,
- 3 regulační ventil tlaku,
- 4 palivový filtr,
- 5 palivová nádrž s předčističem a podávacím čerpadlem,
- 6 řídicí jednotka,
- 7 ovládací jednotka žhavení,
- 8 akumulátor,
- 9 vysokotlaký zásobník (Rail),
- 10 snímač tlaku v Railu,
- 11 omezovač průtoku,
- 12 pojistný ventil,
- 13 snímač teploty paliva,
- 14 vstříkovač,
- 15 žhavicí svíčka
- 16 snímač teploty chladící kapaliny,
- 17 snímač otáček klikové hřídele,
- 18 snímač otáček vačkové hřídele,
- 19 snímač teploty nasávaného vzduchu,
- 20 snímač plnicího tlaku,
- 21 snímač hmotnosti vzduchu,
- 22 turbodmychadlo,
- 23 ovladač recirkulace,
- 24 nastavovač plnicího tlaku,
- 25 podtlakové čerpadlo,
- 26 přístrojová deska se zobrazením spotřeby, otáček apod.,
- 27 snímač pedálu plynu,
- 28 brzdové spínače,
- 29 spínač spojkového pedálu,
- 30 snímač rychlosti jízdy,
- 31 ovládání tempomatu,
- 32 kompresor klimatizace,
- 33 ovládání kompresoru klimatizace,
- 34 diagnostická kontrolka a zásuvka pro diagnostický přístroj.

UMK1551Y

# 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 vysoká přesnost 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 bovdeny. 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. protiprokluzová 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):

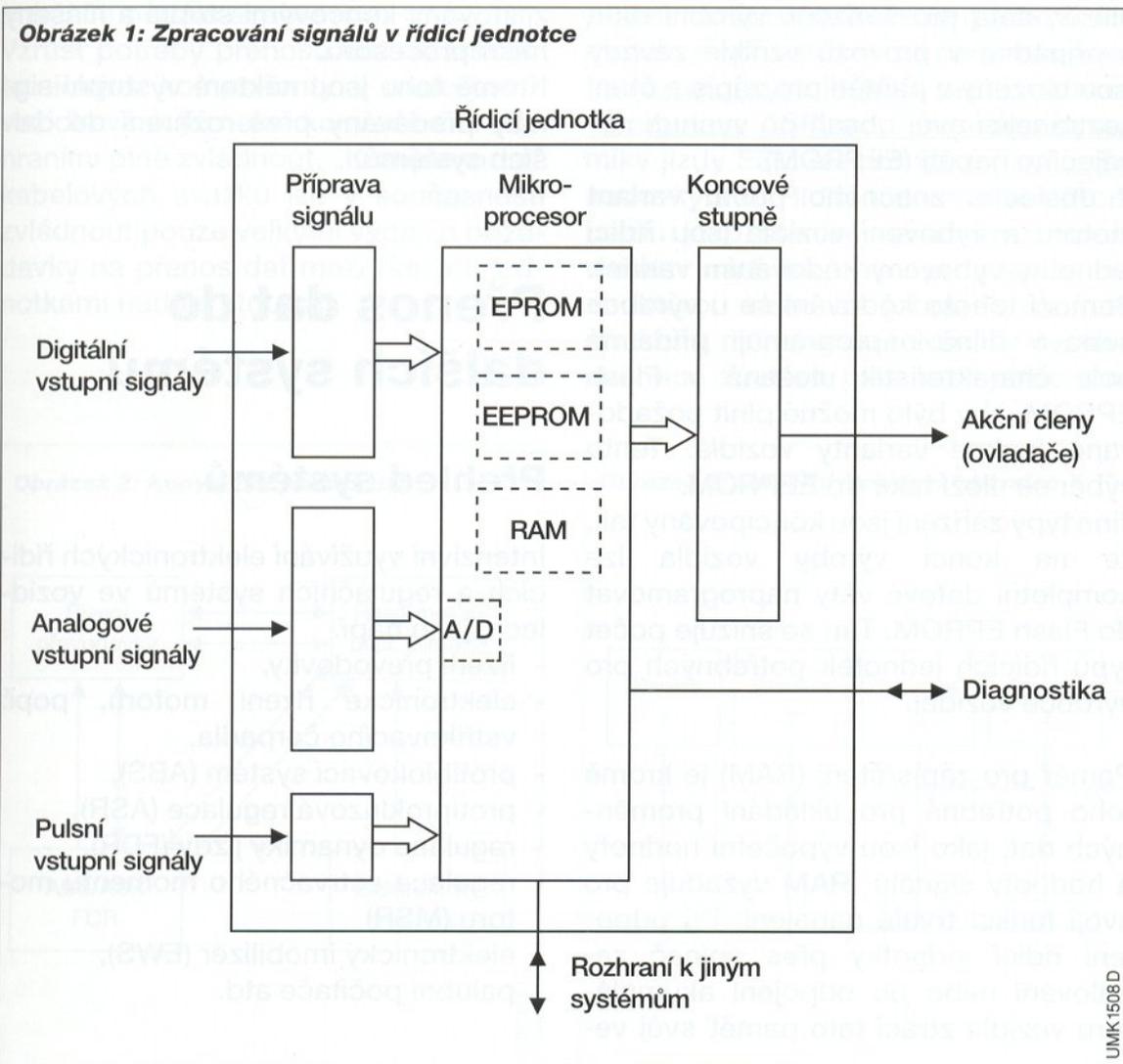
- Analogové vstupní signály (např. informace analogových snímačů o nasávaném množství vzduchu, tlaku, teplotě motoru a nasávaného vzduchu, napětí akumulátoru atd.) jsou analogově-digitálním převodníkem (A/D) převáděny v mikroprocesoru řídicí jednotky na digitální hodnoty.

- Digitální vstupní signály (například spínací signály: zapnuto/vypnuto nebo digitální signály snímačů jako impulzy počtu otáček Hallovy 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.

Požadavky,  
Přehled  
systémů,  
Zpracování  
dat u systému

Obrázek 1: Zpracování signálů v řídicí jednotce



## Zpracování signálů

Vstupní signály jsou omezeny ochrannými obvody na přípustnou napětovou úroveň. Užitečný 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 imobilizér, 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 přídatná 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 znovu 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 zjišťovány 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. vstřikovacího čerpadla,
- protiblokovací systém (ABS),
- protiprokluzová regulace (ASR),
- regulace dynamiky jízdy (FDR),
- regulace setrvačného momentu motoru (MSR),
- elektronický imobilizér (EWS),
- palubní počítače atd.

vyžadují propojení těchto jednotlivých řídicích 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 „vypnut“.

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 řídicími jednotkami nadále stoupají.

## 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 řídicí jednotky sériové rozhraní CAN, mohou výše uvedené signály přenášet přes CAN.

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

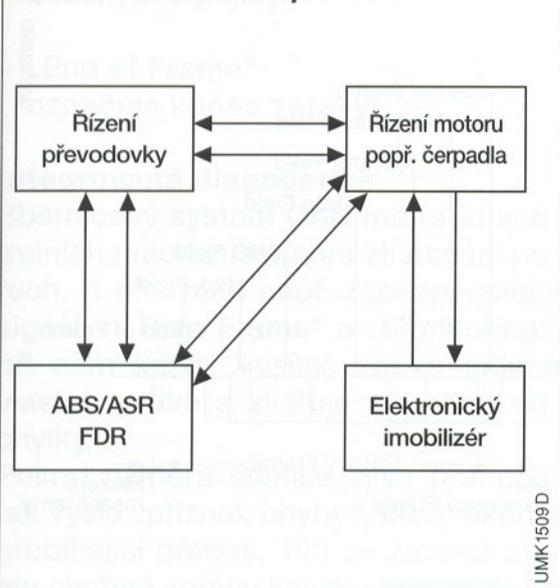
- propojení řídicích jednotek,
- elektronika karosérie a komfortní elektronika a
- mobilní komunikace.

Následující popis se omezuje na propojení řídicích jednotek.

### Propojení řídicích jednotek

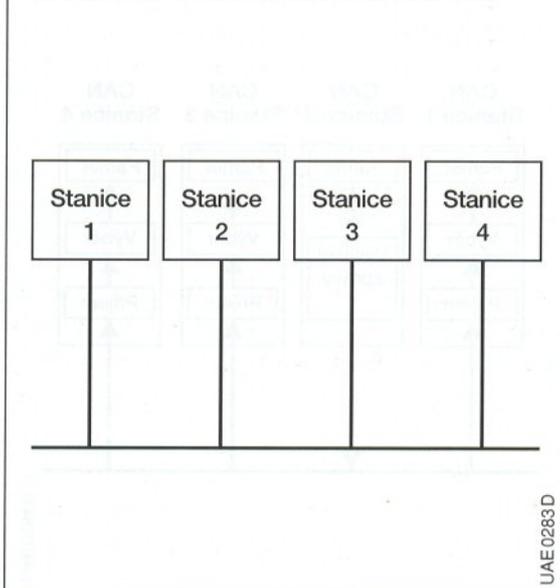
U propojení řídicích jednotek jsou propojeny elektronické systémy jako řízení motoru popř. vstřikovací čerpadlo, protiblokovací systém ABS, protiprokluzová regulace ASR, popř. regulace dynamiky jízdy ESP, elektronické řízení převodovky atd. Řídicí jednotky se přitom berou jako stanice se stejným oprávněním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

Obrázek 2: Konvenční přenos dat.



UMK1509D

Obrázek 3: Lineární struktura sběrnice



UAE0283D

další stanice při výpadku jedné ze stanic. 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.

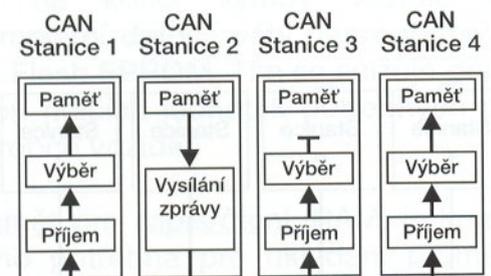
Typické přenosové rychlosti jsou mezi cca 125 kbit/s a 1 Mbit/s (řídící jednotka motoru a řídící jednotka čerpadla např. komunikují při elektronické regulaci vznětového motoru u rotačních vstřikovacích čerpadel s radiálními písty s přenosovou rychlostí 500 kbit/s). Přenosové rychlosti musejí být tak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

#### Adresování vztahené k obsahu

Sběrnice 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.

Obrázek 4: Adresování a kontrola akceptovatelnosti



UAE0284D

Adresování vztahené k obsahu umožňuje 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).

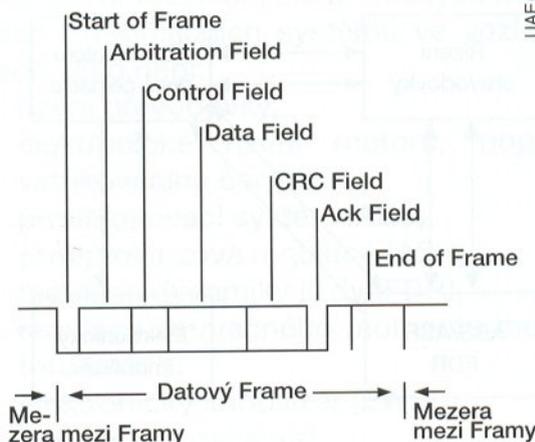
#### Předávání sběrnice

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 rámeček (Data Frame), jehož délka

Obrázek 5: Formát zpráv



UAE0285D

činí maximálně 130 bitů (standardní formát), 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 přidavného 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

Sběrníkový 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 odchylky.

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 vzniky 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

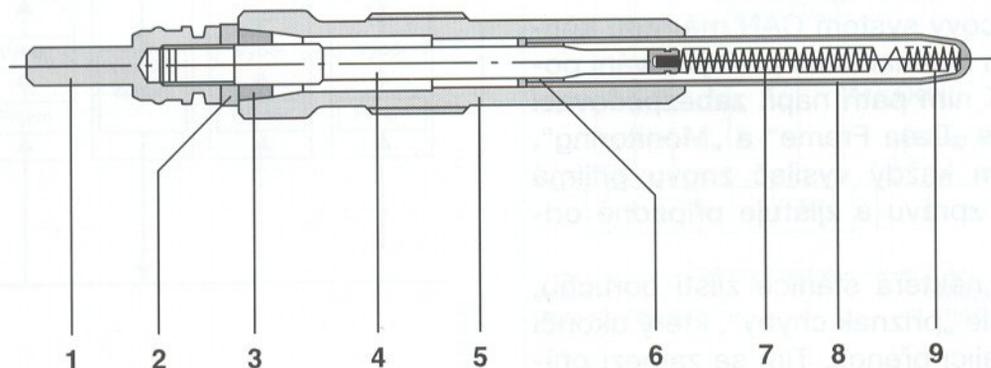
Studené vznětové motory se - na rozdíl od teplých vznětových motorů - obtížně spouštějí popř. dochází k obtížnému zapálení směsi, protože ztráty způsobené úniky a teplotou snižují při kompresi směsi vzduchu s palivem tlak a teplotu na konci komprese. Použití pomocných spouštěcích systémů je proto za těchto okolností mimořádně důležité. Mezní teplota pro spouštění závisí na konstrukci motoru. Motory s předkomůrkou a s vířivou komůrkou mají v přidavném spalovacím prostoru umístěno 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 předeříváním vzduchu v sacím potrubí (plamenový start) nebo prostřednictvím snadno zápalného speciálního paliva (startovací pilot), které se vstřikuje do nasávaného vzduchu. V současnosti se skoro výhradně používají systémy s tužkovými žhavicími svíčkami.

## Tužkové žhavicí svíčky

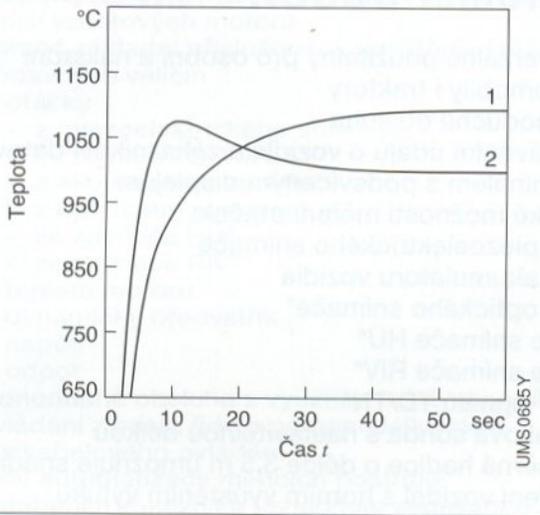
Žhavicí hrot žhavicí svíčky je plynotěsně a pevně zalisován do tělesa svíčky a sestává z kovové trubičky odolné vůči horkým plynům a korozi, žhavicí spirála je umístěna uvnitř ve stlačeném prášku oxidu hořčíku (obrázek 1). Tato žhavicí spirála je sestavena ze dvou řad propojených rezistorů: topná spirála umístěná ve špičce žhavicí trubky a regulační spirála. Topná spirála má na teplotě skoro nezávislý odpor, regulační spirála vykazuje kladný teplotní koeficient (PTC). Její odpor 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 °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 přípojovací konektor, 2 izolační podložka, 3 dvojité těsnění, 4 přípojovací 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 spínač blok. Jednotka např. ovládá dobu žhavení žhavicích svíček a zajišťuje zabezpečovací a sledovací funkce. Pomocí diagnostických funkcí zjišťují vyspělejší řídicí jednotky doby žhavení výpadek jednotlivých žhavicích svíček a toto oznamují řidiči. Ovládací vstupy řídicí jednotky doby žhavení jsou realizovány jako vícepólový konektor a při-

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

## Funkční průběh

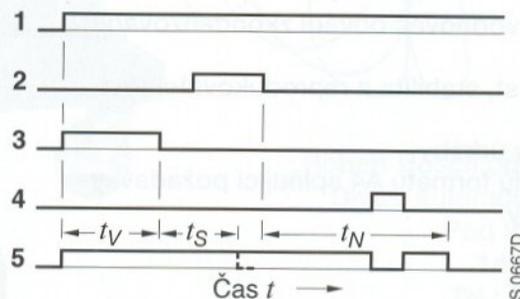
Průběh předžhavení a startu je stejný jako u zážehového motoru určen spínačem startu žhavení. Při poloze klíčku „zapalování zapnuto“ se zahájí proces předžhavení. Při zhasnutí kontrolky žhavení jsou žhavicí svíčky dostatečně horké, proto lze zahájit proces spuštění. V následující fázi startu se odpaří 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 řídicí jednotky doby žhavení k řídicí 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.



*Tužkové žhavicí svíčky, plamenová žhavicí svíčka*

**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 měřicí komory 100 mm
- sebečistící mechanismus měřicí komory-nově vyvinutý princip a technologie vyhřívání 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 měřicí komory 430 mm
- systém vícenásobných vzduchových závěsů s tangenciálním prouděním čistého vzduchu, snižující usazování sazí na optice přijímače a vysílače
- vyhřívání stěn měřicí komory na teplotu 60 °C zabraňuje kondenzaci vodních par
- nejvyšší přesnost, stabilita a reprodukovatelnost měření
- dlouhé intervaly údržby



## Emisní systémová analýza Bosch ESA 3.110

- Modulární řešení počítačem řízeného měření emisí vznětových motorů
- bohaté základní příslušenství umožňující měření přídatných 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 předvstřík
  - napětí
  - odpor
- jednoduchá obsluha s využitím textů nápovědy
- ovládání z místa řidiče pomocí dálkového bezkabelového ovládání
- plná automatizace měřících postupů
- databanka zákazníků usnadňuje zadávání údajů při opakovaném měření emisí

\*) zvláštní příslušenství

- databanka předepsaných emisních hodnot včetně korigovaných součinitelů absorpce\*
- odběrná hadice o délce 3,5 m umožňuje snadné měření vozidel s horním vyústěním výfuku
- délka měřicí komory 430 mm
  - vysoká přesnost měření díky optimálnímu proudění v měřicí komoře
  - dlouhé intervaly údržby díky vícenásobným vzduchovým závěsům
  - rychlé čištění měřicí komory (magnetické uchycení vysílače a přijímače)
  - výfuková sonda s nastavitelnou délkou
  - možnost napojení výstupu z měřicí 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)

**BOSCH****Automobilová diagnostika****KTS 500 - moderní diagnostika elektronických systémů****Univerzální mobilní tester pro komunikaci s řídicími jednotkami elektronických**

- systémů řízení zážehových motorů
- systémů řízení vznětových motorů
- protiblokovacích systémů ABS
- systémů regulace prokluzu hnacích kol ASR
- uzávěrů diferenciálu EDS
- systémů jízdní dynamiky ESP
- airbagů
- systémů přístrojových desek
- řízení automatických převodovek
- a dalších systémů komfortu a bezpečnosti

**Umožňuje:**

- vyčtení paměti závad
- vymazání paměti závad
- zobrazení skutečných hodnot snímačů a akčních členů\*
- test akčních členů\*
- základní nastavení\*
- nulování servisních intervalů\*
- kódování variant\*
- a další funkce dle stavu software a typu řídicí jednotky.

\*) Obsah a hloubka tohoto kroku je u různých řídicích jednotek různá

Tester je vybaven integrovaným multimetrem a je připraven pro instalaci elektronického systému informací ESI BOSCH. Již dnes umožňuje komunikaci s řídicími jednotkami dle normy EOBD.



## PMS 100 – přenosný multiskop



### Pro hledání závad a diagnostiku

- zážehových a vznětových motorů až do 8 válců
- systémů s palubním napětím 6, 12 a 24 V
- zapalovacích systémů od kontaktně ovládaných až po plně elektronická bezrozdělovačová zapalování s cívkami s jednou nebo dvěma jiskrami
- vstřikovacích systémů s lambda regulací nebo bez ní
- kompletní elektriky a elektroniky, zvláště také snímačů vozidla a nastavovacích akčních členů
- nezávislý na síti, ideální pro jízdní testy

### 4 různé záznamové funkce

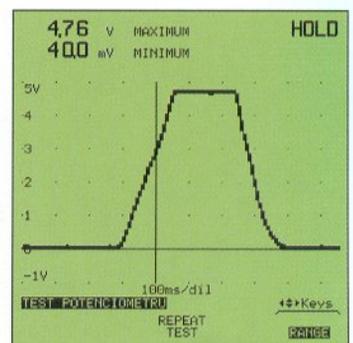
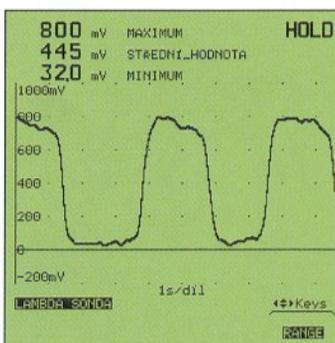
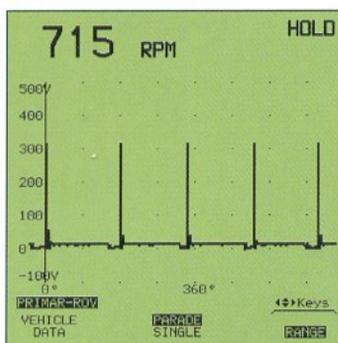
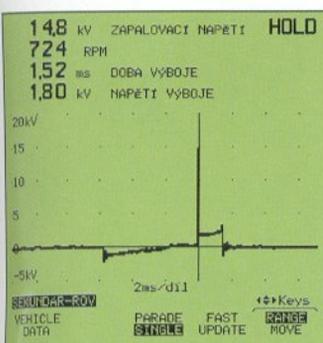
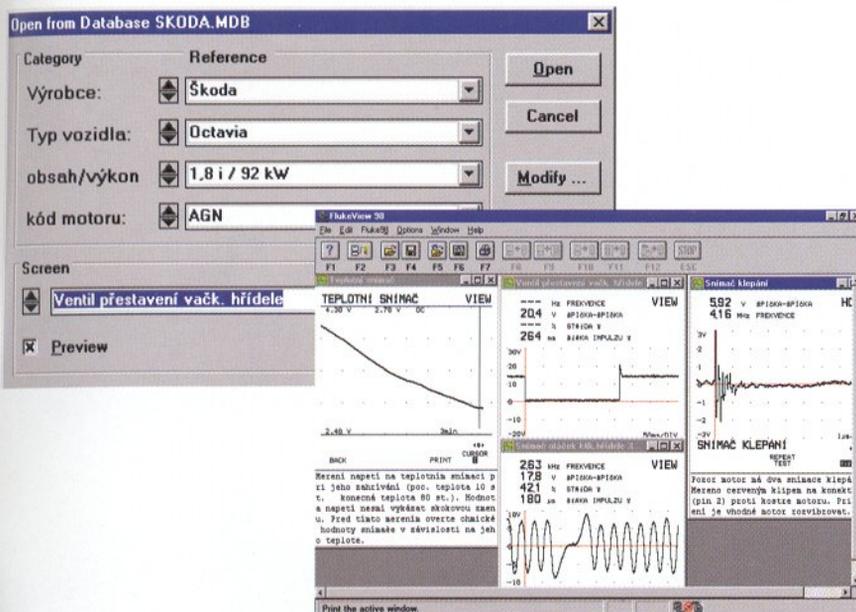
- vynesení hodnot - až 4 různé parametry signálu v závislosti na čase
- vynesení min-max - průběh max., min. a střední hodnoty v závislosti na čase
- záznam obrázky - až 40 posledních obrazovek
- záznam film - průběh signálu o 640 dílcích ve dvoukanálovém režimu nebo průběh signálu o 1280 dílcích v jednonálovém režimu

### Porovnání měřeného a vzorového signálu

- až 15 pamětí pro uložení vzorového nebo vadného signálu
- porovnání měřeného a vzorového signálu na jedné obrazovce
- PC - software\* umožňuje vytvoření vlastní databanky signálů

\* zvláštní příslušenství

**PMS 100 se dodává s kompletním příslušenstvím v praktickém kufríku**



# Bosch Technická příručka

## 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

### Seznam příruček

Elektronika motoru	1 987 720 001
Bezpečnostní a komfortní systémy	1 987 720 037
Symbole a elektronická schémata	1 987 722 002
Odušení	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

