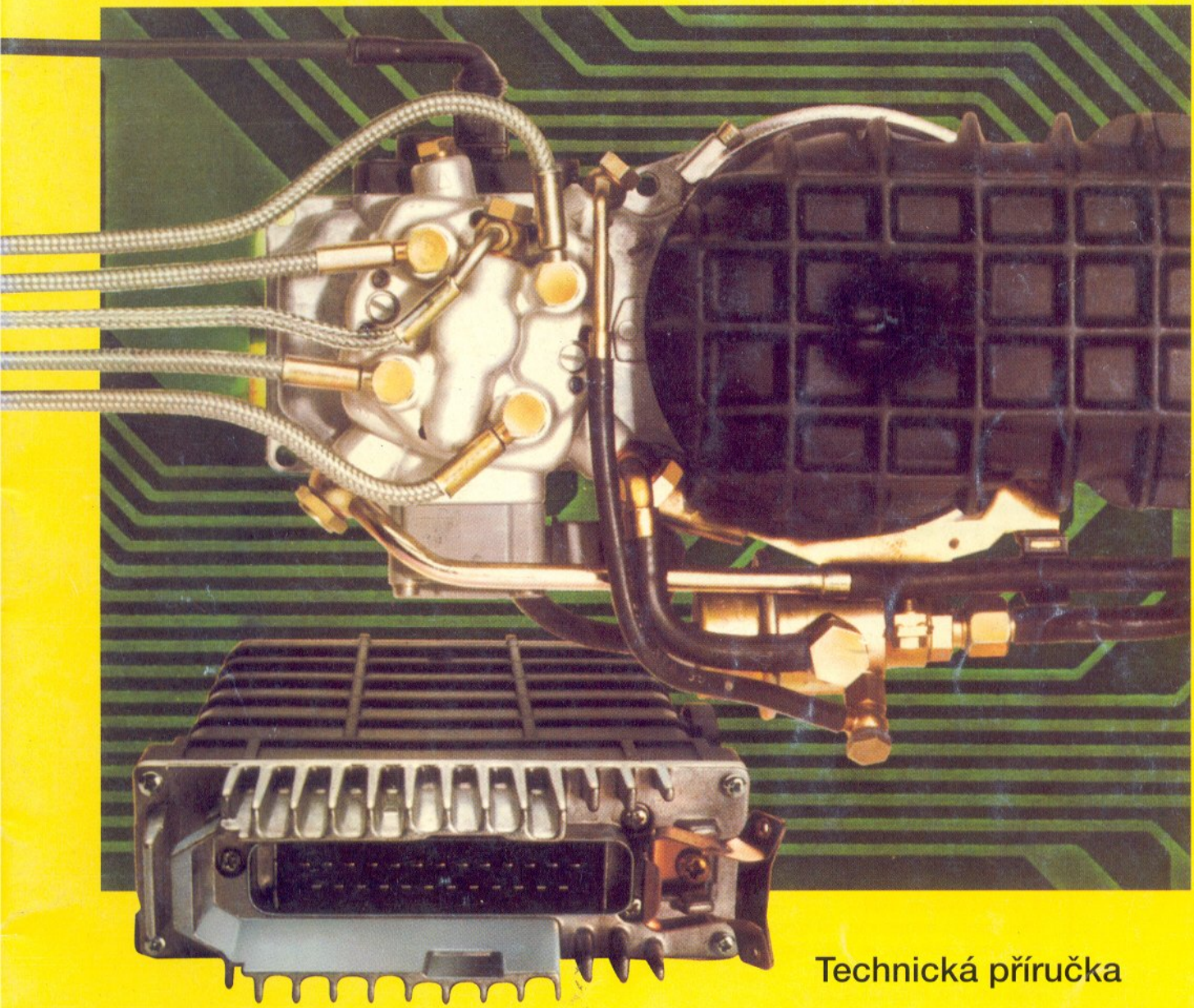
Řízení zážehového motoru

Systém vstřikování KE-Jetronic

Nyní s diagnostickou technikou

Vydání 97/98



Technická příručka

BOSCH

Vydavatel:
Robert Bosch GmbH, 1997
Postfach 30 02 20
D-70442 Stuttgart
Unternehmensbereich Kraftfahrzeug-Ausrüstung
Abteilung Technische Informationen (KH/VDT)

Šéfredaktor:
Dipl.-Ing.(FH) Ulrich Adler.

Redakce:
Dipl.-Ing.(FH) Horst Bauer,
Dipl.-Ing.(FH) Anton Beer,
Ing.(grad.) Arne Cypra.

Redakční zpracování ve spolupráci s příslušnými odbornými odděleními naší společnosti.

Technická grafika:
Bauer Partner, Stuttgart,

Pokud není uvedeno jinak, jedná se o pracovníky firmy Robert Bosch GmbH Stuttgart.

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

Záruka je vyloučena.
Změny vyhrazeny.

1. české vydání, 1998
Přeloženo z německého originálu
Benzineinspritzsystem KE-Jetronic
Robert Bosch GmbH, 1994
Překlad: Ing. Antonín Růžička

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

Grafická příprava:
MCH-TECH
Ing. Miloš Chlup
Vítkovická 378
199 00 Praha 9 - Letňany
Tel./fax: 02/839 210 94
Fax: 02/839 230 40

ISBN **80-902585-1-4**

KE-Jetronic

Vstřikovací systémy Jetronic se od jejich zavedení uplatnily v miliónech aplikací.
Tento vývoj byl podporován výhodami, které může vstřikování paliva, v souvislosti s požadavky na hospodárnost, výkonové parametry a v neposlední řadě na zlepšení kvality výfukových plynů, nabídnout. Pokud byl na počátku vývoje vstřikování benzínu hlavním požadavkem nárůst výkonu, pak nyní je to spotřeba paliva ve spojení s co možná nejnižším podílem škodlivých látek ve výfukových plynech.
Mechanické vstřikovací systémy nejsou schopny tento soubor rozšířených požadavků splnit. Proto byl osvědčený K-Jetronic, jako spolehlivý mechanický vícebodový vstřikovací systém ponechán, ale dodatečně vylepšen elektronikou tak, aby byl inteligentnější a výkonnější.
Tato syntéza mechanických základních funkcí a elektronických funkcí přizpůsobení a optimalizace je KE-Jetronic.
To jak KE-Jetronic pracuje, je popsáno v této příručce.

Spalování v zážehovém motoru
Zážehový motor 2
Příprava směsi
Ovlivňující faktory 4
Přizpůsobení provozním stavům 5
Systémy přípravy směsi 6
KE-Jetronic
Přehled systému 10
Zásobování systému palivem 12
Odměřování paliva 16
Přizpůsobení provozním stavům 20
Doplňkové funkce 31
Elektrická schémata 34
Diagnostická technika 36
Výfukové plyny
Složení výfukových plynů 38

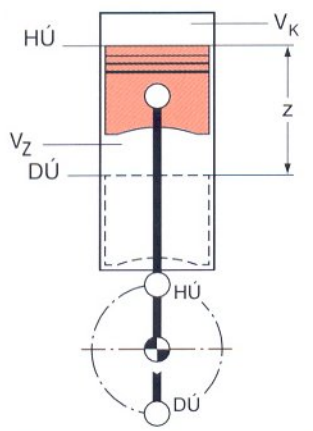
Spalování v zážehovém motoru

Zážehový motor

Princip funkce

Zážehový (Otto[1]) motor je spalovací motor s cizím zapalováním, který energii obsaženou v palivu převádí na energii pohybovou.
U zážehového motoru je směs paliva (benzínu nebo plynu) se vzduchem vytvářena vstřikovací soustavou mimo spalovací prostor. Směs, nasávaná dolů se pohybujícím pístem, proudí do spalovacího prostoru. Zde je během pohybu pístu nahoru stlačena. Časově řízené zapalování s cizí energií zapálí směs pomocí zapalovací svíčky. Uvolněná energie, daná výhřevností směsi, zvýší tlak ve válci a píst, spojený s klikovým hřídelem, se vlivem odevzdané práce pohybuje opět dolů. Po každém hoření jsou spálené plyny z válce vytlačeny a je nasáta čerstvá směs paliva a vzduchu. Tato výměna plynu probíhá u spalovacích motorů automobilů především podle principu čtyřdobého motoru. Pro jeden pracovní cyklus jsou tak zapotřebí dvě otáčky klikového hřídele.

Obr.1 Princip pístového motoru.
HÚ horní úvrať, DÚ dolní úvrať, V_Z zdvihový objem, V_K kompresní objem, z zdvih pístu.



Princip funkce čtyřdobého motoru
U čtyřdobého zážehového motoru je výměna plynu řízena ventily. Ty otvírají nebo zavírají sací a výfukové kanály každého válce.

1.doba sání
2.doba komprese a zapálení
3.doba expanze
4.doba výfuk

Sání

Sací ventil:	otevřený
Výfukový ventil:	zavřený
Pohyb pístu:	dolů
Hoření:	neprobíhá

Píst pohybující se dolů, zvětšuje objem ve válci a nasává čerstvou směs paliva se vzduchem přes otevřený sací ventil.

Komprese a zapálení

Sací ventil:	zavřený
Výfukový ventil:	zavřený
Pohyb pístu:	nahoru
Hoření:	fáze vzplanutí (zapálení)

Píst pohybující se nahoru, zmenšuje objem ve válci a stlačuje směs paliva se vzduchem. Těsně před tím, než píst dosáhne horní úvrati (HÚ) zapálí zapalovací svíčka stlačenou směs a zahájí tak hoření.

1) Podle Nikolause Augusta Otto (1832 - 1891), který v roce 1878 na světové výstavě v Paříži poprvé představil čtyřdobý plynový kompresní motor.

Zdvihový objem V_Z
a kompresní objem V_K
udává kompresní poměr

$$\varepsilon = (V_Z + V_K)/ V_K.$$

Hodnota kompresního poměru činí podle konstrukce motoru 7...13. S rostoucím kompresním poměrem spalovacího motoru roste jeho tepelná účinnost a palivo tak může být efektivněji využito. Např. zvýšení kompresního poměru z 6 na 8 způsobí zvýšení tepelné účinnosti o 12%. Zvyšování kompresního poměru je omezeno hranicí klepání. Klepáním rozumíme nekontrolované zapálení směsi, které se vyznačuje prudkým nárůstem tlaku. Klepání při hoření vede k poškození motoru. Hranice klepání může být posunuta k vyšším kompresním poměrům použitím paliva s vyšším oktanovým číslem a vhodným uspořádáním spalovacího prostoru.

Expanze

Sací ventil:	zavřený
Výfukový ventil:	zavřený
Pohyb pístu:	dolů
Hoření:	fáze prohořívání

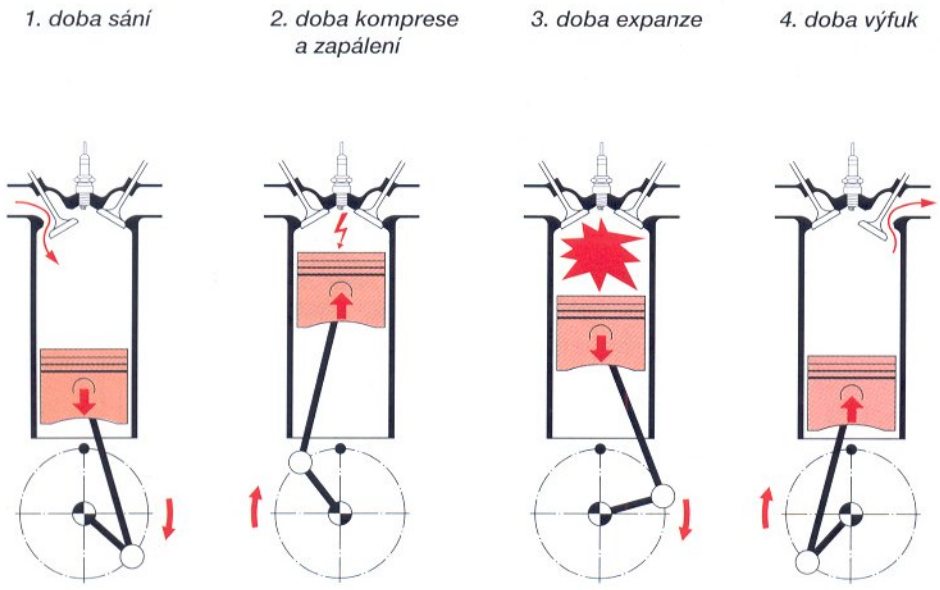
Potom, co elektrická jiskra na zapalovací svíčce zapálila stlačenou směs paliva se vzduchem, stoupá teplota prohořívání směsi.
Tlak ve válci prudce stoupá a tlačí píst dolů. Ten odevzdává přes ojnici na klikový hřídel práci, která je k dispozici jako výkon motoru.
Výkon roste se zvyšujícími se otáčkami a zvyšujícím se točivým momentem ($P = M \cdot \omega$).
Charakteristiky výkonu a točivého momentu spalovacího motoru vyžadují převodovku pro přizpůsobení požadavkům jízdních režimů.

Výfuk

Sací ventil:	zavřený
Výfukový ventil:	otevřený
Pohyb pístu:	nahoru
Hoření:	neprobíhá

Píst pohybující se nahoru, vytlačuje spálené (výfukové) plyny přes otevřený výfukový ventil. Cyklus se pak opakuje. Doba otevření sacích a výfukových ventilů se částečně překrývá a tím se proudění a pulzování plynů využívá k lepšímu naplnění a vyplachování válce.

Obr.2 Pracovní cyklus čtyřdobého motoru



Příprava směsi

Přehled

Ovlivňující faktory

Směs paliva se vzduchem
Zážehový motor potřebuje ke svému provozu určitý poměr vzduchu a paliva. Ideální teoretické úplné spalování nastává při poměru 14,7 kg vzduchu : 1 kg paliva. Tento poměr je také označován jako stechiometrický poměr. Určité provozní stavy motoru vyžadují korekci složení směsi.
Měrná spotřeba paliva zážehového motoru je značně závislá na směšovacím poměru vzduchu a paliva. Pro reálné úplné spalování a tím také pro co nejmenší spotřebu je nutný přebytek vzduchu, jehož hranice je určena zejména zápalností směsi a použitelnou dobou hoření.
U dnes používaných motorů je nejnižší spotřeba paliva při poměru vzduchu a paliva asi 15...18 kg vzduchu na 1 kg paliva. Názorně zobrazeno to znamená, že ke spálení jednoho litru benzínu je zapotřebí asi 10 000 litrů vzduchu (obrázek 1).
Motory vozidel, které jsou většinu času provozovány v oblasti částečného zatížení, jsou konstrukčně dimenzovány tak, aby v této oblasti dosáhly nejnižší spotřeby. Pro ostatní oblasti provozu jako např. volnoběh a plné zatížení je vhodnější směs bohatší na palivo. Systém přípravy směsi musí být proto zkonstruován tak, aby byl schopen splnit tyto variabilní požadavky.

Součinitel přebytku vzduchu
K rozpoznání toho, jak hodně se odlišuje skutečný poměr vzduchu a paliva od teoreticky nutného (14,7:1) byl zvolen součinitel přebytku vzduchu příp. vzdušný součinitel (lambda).

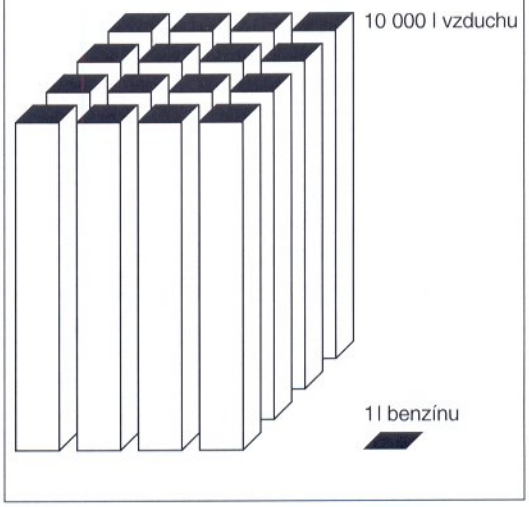
λ = skutečně přivedená hmotnost vzduchu/hmotnost vzduchu potřebná pro stechiometrické spalování

$\lambda = 1$: Skutečně přivedená hmotnost vzduchu odpovídá teoretické potřebě.

$\lambda < 1$: Nedostatek vzduchu, nebo-li bohatá směs. Nejvyššího výkonu se dosahuje při $\lambda = 0{,}85...0{,}95$.

$\lambda > 1$: Přebytek vzduchu, nebo-li chudá směs, nastává od $\lambda = 1{,}05...1{,}3$. Při této hodnotě součinitele přebytku vzduchu lze pozorovat snižující se spotřebu paliva a snížený výkon.

Obrázek 1: Poměr vzduchu a paliva při nejnižší měrné spotřebě paliva.



$\lambda > 1{,}3$: Směs již není schopna zapálení. Dochází k vynechávání spalování. Běh motoru je značně neklidný.

Zážehové motory s nepřímým vstřikováním paliva dosahují nejvyšší výkon při 5...15% nedostatku vzduchu (λ = 0,95...0,85), nejnižší spotřeby paliva při 10...20% přebytku vzduchu (λ = 1,1...1,2) a bezvadný volnoběh při $\lambda = 1{,}0$. Na obrázcích 2 a 3 je znázorněna závislost výkonu a měrné spotřeby paliva spolu s vývojem složení emisí na součiniteli přebytku vzduchu λ. Z uvedených charakteristik je patrné, že neexistuje ideální hodnota součinitele přebytku vzduchu, při které dosahují všechny faktory nejpříznivější hodnoty. V praxi se jako nejvhodnější osvědčily hodnoty součinitele přebytku vzduchu λ= 0,9...1,1.

Pro zpracování emisí v třícestném katalyzátoru je bezpodmínečně nutné udržet hodnotu součinitele přebytku vzduchu při zahřátém motoru přesně na $\lambda = 1$. Aby toho mohlo být dosaženo, musí být přesně změřena hmotnost nasávaného vzduchu a přesně dávkováno množství paliva.

Kromě přesného dávkování paliva je pro průběh spalování také důležitá homogenní směs. K tomu je nutné dobré rozprášení paliva.

Pokud není tento požadavek splněn, usazují se velké kapičky paliva na stěnách sacího potrubí, což vede ke zvýšeným emisím HC.

Přizpůsobení provozním stavům

V některých provozních stavech se potřeba paliva velmi odlišuje od stacionární potřeby zahřátého motoru. V takových případech je nutný korekční zásah do přípravy směsi.

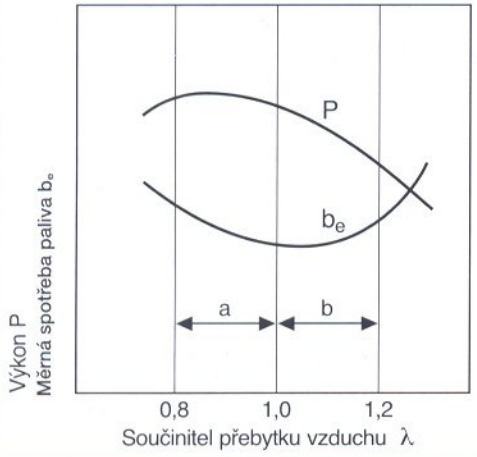
Studený start

U studeného motoru je směs vzduchu a paliva ochuzována . To je důsledkem nedostatečného promíchání nasátého vzduchu s palivem, nízkého odpaření paliva a srážení paliva na stěnách vlivem nízkých teplot. Aby se vyrovnaly tyto rozdíly a usnadnilo „naskočení„ studeného motoru, musí být v okamžiku startu přivedeno více paliva.

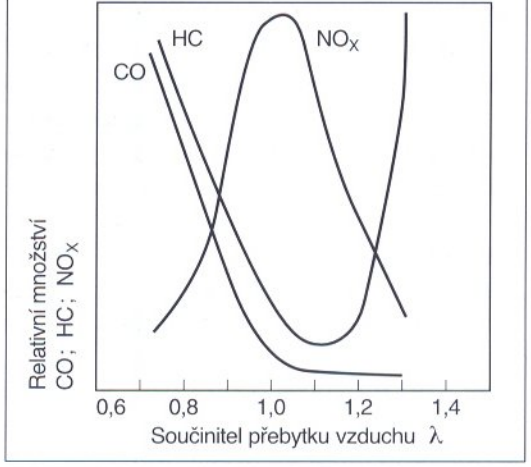
Fáze po startu

Po startu je za nízkých teplot nutné krátkodobé obohacení směsi palivem, až dokud nedojde zvýšením teplot ve spalovacím prostoru ke zlepšení přípravy směsi ve válci. Dodatečně se díky bohaté směsi dosáhne také vyššího

Obrázek 2: Vliv součinitele přebytku vzduchu λ na výkon P a měrnou spotřebu paliva b_e
a) bohatá směs (nedostatek vzduchu),
b) chudá směs (přebytek vzduchu).



Obrázek 3: Vliv součinitele přebytku vzduchu λ na složení emisí



točivého momentu a tím lepšího přechodu na předepsané volnoběžné otáčky.

Fáze zahřívání

Na studený start a fázi po startu navazuje fáze zahřívání motoru. V této fázi potřebuje motor bohatší směs, protože část paliva kondenzuje na stěnách válců, které jsou ještě studené. Protože je kvalita přípravy směsi s klesající teplotou horší (např. z důvodu menšího promísení vzduchu a paliva a také kvůli větším kapičkám paliva), dochází v sacím potrubí ke srážení paliva, které se vypaří až při vyšších teplotách. Tyto vyjmenované vlivy podmiňují s klesající teplotou vzrůstající „obohacení„.

Částečné zatížení

Při částečném zatížení je velmi důležité naladění složení směsi na minimální spotřebu. Pro splnění přísných emisních limitů je při neustále širším nasazení třícestných řízených katalyzátorů potřebné naladění na $\lambda = 1$.

Plné zatížení

Při plně otevřené škrticí klapce musí motor odevzdat co možná nejvyšší točivý moment příp. co možná nejvyšší výkon. Jak je zřejmé z obrázku 2, musí být v tomto případě směs paliva se vzduchem obohacena na $\lambda = 0{,}85 ... 0{,}90$.

Zrychlení

Při rychlém otevření škrticí klapky dochází ke krátkodobému ochuzení směsi v důsledku omezeného odpařování paliva vlivem většího tlaku v sacím potrubí (silnější tvorba filmu paliva na stěnách). Aby bylo dosaženo dobrého chování při přechodu, je zapotřebí obohacení směsi, které je závislé na teplotě motoru. S tímto obohacením lze dosáhnout dobrého chování při zrychlení.

Decelerace

Přerušením dodávky paliva při deceleraci je možné snížit spotřebu paliva při jízdě z kopce, a při každém brzdění, tedy i při městském provozu. V těchto režimech navíc nedochází k tvorbě škodlivých látek ve spalinách.

Přizpůsobení směsi ve vyšších polohách

S rostoucí nadmořskou výškou (např. při jízdě v horách) klesá hustota vzduchu. To znamená, že stejné množství vzduchu nasátého motorem ve vyšších polohách má menší hmotnost než v nížinách. Pokud nebude tato souvislost zohledněna při přípravě směsi, dojde ve vyšších polohách k nadměrnému obohacení, které povede k vyšší spotřebě paliva a k vyšší produkci škodlivých splodin.

Systémy přípravy směsi

Úkolem karburátoru nebo vstřikovacího systému je připravit každému provoznímu stavu motoru co možná nejlepší přizpůsobenou směs vzduchu a paliva.

Už několik let se pro přípravu směsi používají hlavně vstřikovací systémy, jejichž výhodou je vstřikování paliva v souvislosti s požadavky na hospodárnost, výkonové schopnosti, dokonalé jízdní vlastnosti a nízký obsah škodlivých látek ve výfukových plynech. Vstřikování umožňuje přesné odměřování paliva v závislosti na provozním stavu a zatížení motoru při zohlednění okolních vlivů. Složení směsi je přitom řízeno tak, aby byl nízký podíl škodlivých látek ve výfukových plynech.

Vícebodové vstřikování

Vícebodové vstřikování má ideální předpoklady pro splnění těchto úkolů. U vícebodových vstřikovacích systémů je každému válci přiřazen jeden vstřikovací ventil, který vstřikuje palivo přímo před sací ventil příslušného válce. Příkladem tohoto vstřikování může být KE- nebo L-Jetronic s jejich různými variantami (obrázek 4).

Mechanický vstřikovací systém

Z mechanických systémů je nejrozšířenější systém K-Jetronic. Systém pracuje bez pohonu a palivo je vstřikováno kontinuálně.

Kombinovaný mechanicko-elektronický systém

Systém KE-Jetronic je založen na mechanickém základu systému K-Jetronic. Díky rozšířenému získávání provozních dat umožňuje elektronické řízení doplňkových funkcí tak, aby bylo vstřikované množství paliva přesně přizpůsobeno různým provozním stavům motoru.

Elektronické vstřikovací systémy

Elektronicky řízené vstřikovací systémy vstřikují přerušovaně palivo elektromagnetickými vstřikovacími ventily. Příklady: L-Jetronic, LH-Jetronic a Motronic jako integrovaný systém zapalování a vstřikování.

Centrální vstřikování

Centrální vstřikování je elektronicky řízený vstřikovací systém, u kterého je palivo vstřikováno přerušovaně do sacího potrubí z jednoho elektromagnetického ventilu na centrálním místě nad škrticí klapkou. Mono-Jetronic je označení centrálního vstřikovacího systému firmy Bosch (obr.5).

Výhody vstřikování

Nižší spotřeba paliva

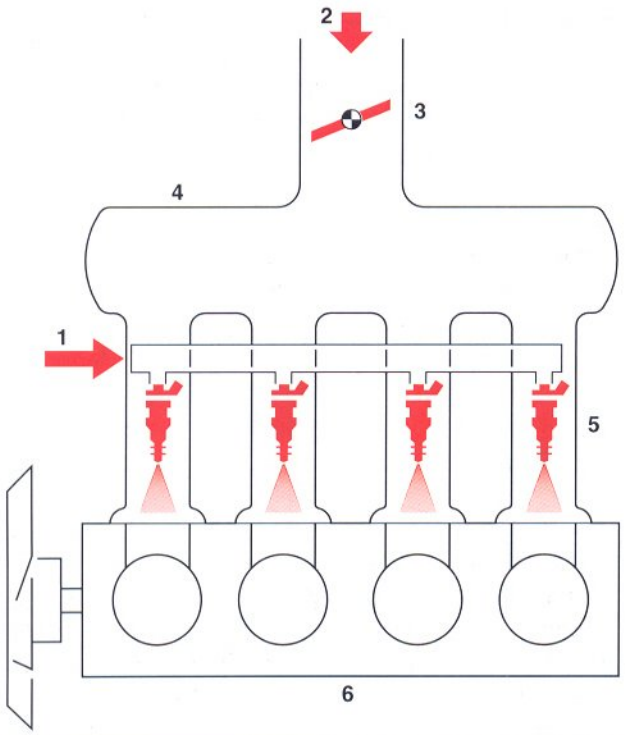
Shromažďování všech pro provoz motoru potřebných provozních dat (např. otáček, zatížení, teploty, polohy škrticí klapky) umožňuje přesné přizpůsobení ustáleným a neustáleným provozním stavům. Tím je zaručeno, že bude odměřeno jen tolik paliva, kolik motor v konkrétních provozních podmínkách potřebuje.

Vyšší výkon

Nasazení zařízení K- a L-Jetronic umožňuje optimální tvarování sacích kanálů, čímž je v důsledku zlepšeného plnění válců dosaženo vyššího točivého momentu. Výsledkem je vyšší měrný výkon a zlepšený průběh točivého momentu. Díky u vstřikovacích systému běžně oddělenému měření nasávaného množství vzduchu a množství paliva, může být i u systému Mono-Jetronic, ve srovnání s karburátorem, z důvodů méně škrcených sacích kanálů dosaženo vyššího výkonu.

Obrázek 4: Vícebodové vstřikování

1 palivo, 2 vzduch, 3 škrtící klapka, 4 sací potrubí, 5 vstřikovací ventily, 6 motor.



Zrychlení bez prodlevy

Systémy Jetronic se bez prodlevy přizpůsobují měnícím se podmínkám zatížení. To platí jak pro vícebodové tak i pro centrální vstřikovací systémy. U vícebodového vstřikování je palivo vstřikováno přímo před sací ventil motoru, čímž se v co největší míře zabraňuje tvorbě palivového filmu na stěnách sacího potrubí. U centrálního vstřikování musí být z důvodu dopravy směsi v sacím potrubí zohledněno vytváření a odbourávání palivového filmu na stěnách sacího potrubí v neustálených režimech. Toho se dosahuje odpovídající konstrukcí a funkcí systému při odměřování paliva a přípravě směsi.

Zlepšený studený start a fáze zahřívání

Díky přesnému dávkování paliva v závislosti na teplotě motoru a startovacích otáčkách se dosahuje krátkých startovacích časů a rychlého přechodu do volnoběžných otáček. Ve fázi zahřívání se díky přesnému přizpůsobení množství paliva nastaví pravidelný chod motoru a samovolné nasávání plynu při co možná nejmenší spotřebě paliva.

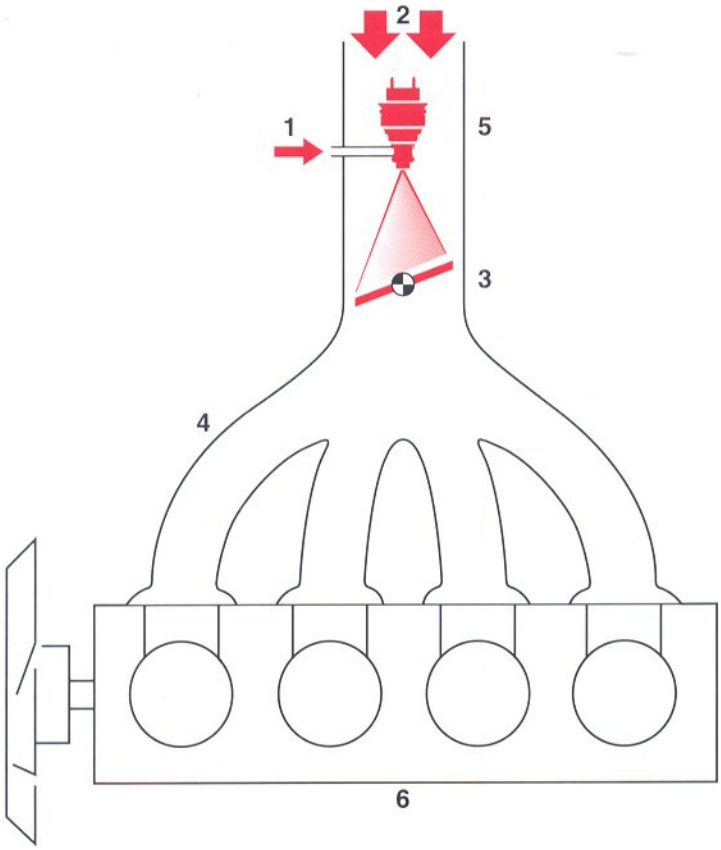
Spaliny s nízkým obsahem škodlivých látek

Koncentrace škodlivých látek ve spalinách přímo souvisí s poměrem vzduch-palivo. Pokud chceme motor provozovat s co nejnižším obsahem škodlivých látek ve spalinách, pak to předpokládá systém přípravy směsi, který je schopen zajistit určitý poměr vzduch-palivo.

Systémy Jetronic pracují tak precizně, že je dosaženo k tomu účelu požadované přesnosti složení směsi.

Obrázek 5: Centrální vstřikování

1 palivo, 2 vzduch, 3 škrtící klapka, 4 sací potrubí, 5 vstřikovací ventil, 6 motor.



Historie vstřikování

Vstřikování benzínu má dlouhou, téměř 100letou minulost. Již v roce 1898 vyrobila továrna na plynové motory Deutz v malém počtu kusů pístové čerpadlo pro benzínové vstřikování.
Jen o něco málo později byl objeven princip karburátoru a benzínové vstřikování pak již při tehdejším stavu techniky nebylo konkurenceschopné.

Již v roce 1912 zahájil Bosch první experimenty s benzínovými vstřikovacími čerpadly. V roce 1937 šel do sériové výroby první letecký motor, s výkonem 1200 PS, s vstřikováním benzínu Bosch. Nespolehlivost karburátorové techniky způsobená zamrzáním a nebezpečím požáru, podpořila vývoj vstřikování benzínu právě v této oblasti. Tak začala éra vstřikování benzínu Bosch, ale ke vstřikování benzínu v osobních vozidlech byl ještě pořádný kus cesty.

V roce 1951 bylo poprvé přímým vstřikováním benzínu firmy Bosch sériově vybaveno osobní vozidlo. O několik let později následovala montáž do legendárního 300SL, sériového sportovního vozu Daimler –Benz. V následujících letech byla mechanická vstřikovací čerpadla stále více vyvíjena a ...

V roce 1967 se vstřikování benzínu podařil další významný krok vpřed: první elektronický vstřikovací systém: tlakem v sacím potrubí řízený D-Jetronic !

V roce 1973 byl na trh ve stejné době uveden elektronicky řízený systém L-Jetronic a mechanicko-hydraulicky řízený K-Jetronic, oba měřící množství nasávaného vzduchu.

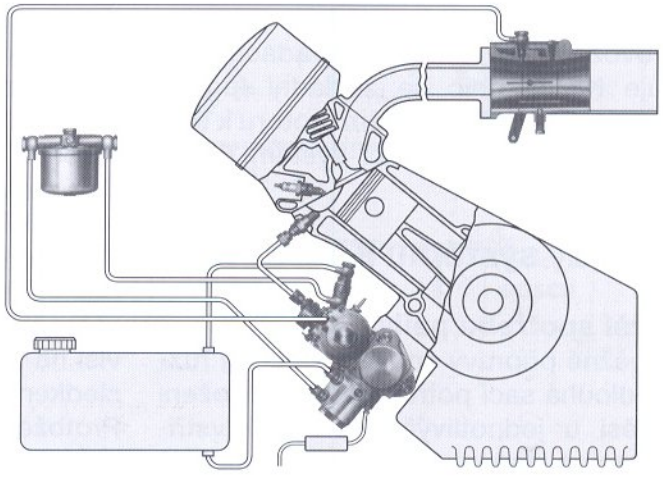
V roce 1979 byl uveden nový systém: Motronic s digitálním zpracováním mnoha funkcí motoru. Tento systém spojil vstřikování L-Jetronic a elektronické zapalování (s polem charakteristik). Byl to první mikroprocesor v automobilu!

Od roku 1983 se přidal Mono-Jetronic: cenově výhodný centrální vstřikovací systém, který umožnil vybavit vstřikováním Jetronic i ta nejmenší vozidla.

Vstřikování benzínu firmy Bosch používalo na celém světě v roce 1991 již 37 miliónů vozidel. V roce 1992 bylo vyrobeno 5,6 miliónů systémů řízení motoru, z toho 2,5 miliónu systémů Mono-Jetronic a Mono-Motronic, 2 milióny systémů Motronic.

Další postup vstřikování v automobilech nelze zastavit.

Bosch-vstřikování benzínu z roku 1954.



KE-Jetronic

Přehled systému

Základ systému KE-Jetronic tvoří mechanicko-hydraulický vstřikovací systém. Pro zvýšení jeho flexibility a pro zařazení některých dalších funkcí je tento základní systém doplněn o elektronickou řídicí jednotku.

Dalšími komponenty jsou:
- snímač množství vzduchu nasávaného motorem
- nastavovač tlaku, který zasahuje do složení směsi a
- regulátor tlaku, který udržuje konstantní systémový tlak a při vypnutí motoru plní určitou uzavírací funkci.

Funkce

Měřicí klapka vychylovaná proudem vzduchu působí na píst odměřující množství paliva a tím více nebo méně otvírá řídicí drážky. V základní funkci odměřuje KE-Jetronic množství paliva v závislosti na hlavní řídicí veličině - množství vzduchu nasávaného motorem.
Systém vstřikování KE-Jetronic získává provozní data motoru ze snímačů, jejichž výstupní signály zpracovává elektronická řídicí jednotka. Tato elektronická řídicí jednotka řídí elektrohydraulicky pracující nastavovač tlaku, který vstřikované množství paliva v požadované míře přizpůsobuje různým provozním stavům. Při závadách pracuje KE-Jetronic se základní funkcí. Řidič tak má při zahřátém motoru k dispozici ještě vstřikovací systém s dobrou funkcí.

Výhody systému KE-Jetronic

Nižší spotřeba paliva

U běžné přípravy směsi způsobují různě dlouhá sací potrubí rozdílné složení směsi u jednotlivých válců. U vstřikovacího systému KE-Jetronic používá každý válec vlastní vstřikovací ventil. Vstřikovací ventily vstřikují palivo kontinuálně před sací ventily. Vstřikované palivo se odpaří a smíchá s nasávaným vzduchem. Tím je kromě velmi přesného odměření zajištěno i rovnoměrné rozdělení paliva válcům motoru. Protože sací potrubí slouží jen pro přívod vzduchu, je tím kondenzace paliva na stěnách sacího potrubí – faktor zvyšující spotřebu – vyloučena.
KE-Jetronic pečuje o zřetelně nižší spotřebu paliva, především v průběhu zahřívání motoru, při obohacení ke zrychlení a plném zatížení, jakož i přerušením přívodu paliva při deceleraci.

Přizpůsobení provozním stavům

Během provozních stavů po startu, zahřívání, volnoběhu a plném zatížení se požadavek na množství paliva výrazně odlišuje od normální hodnoty.
KE-Jetronic provádí pomocí elektronické řídicí jednotky korekční zásahy do přípravy směsi tak, aby bylo přesně přiděleno větší nebo menší množství paliva.
Pomocí dalších snímačů, sloužících k získání teploty motoru, polohy škrticí klapky (signál zatížení) a pohybu měřicí klapky měřiče množství vzduchu (odpovídá přibližně časovým změnám výkonu motoru), obohacuje nebo ochuzuje elektronická řídicí jednotka elektrohydraulickým nastavovačem tlaku směs vzduchu a paliva.
KE-Jetronic reaguje velmi rychle na různé provozní stavy motoru, umožňuje dosažení vhodného průběhu točivého momentu a vysokou pružnost motoru. Z toho pak vyplývají výhody při jízdě v energeticky úsporných nízkých otáčkách při co nejvyšším rychlostním stupni a dobré jízdní vlastnosti.
Spolehlivý start je další výhodou systému KE-Jetronic.
Přerušení dodávky paliva při deceleraci působící při brzdění vozidla motorem zabraňuje jeho trhavým pohybům a závisí na teplotě a otáčkách motoru. Důsledkem je snížení spotřeby paliva.
Protože při deceleraci nedochází ke spalování paliva, nevznikají ve výfukových plynech škodlivé látky.

Výfukové plyny s nízkým obsahem škodlivých látek

Předpokladem pro malý obsah škodlivých látek ve výfukových plynech je dokonalé spálení paliva. KE-Jetronic odměří každému válci přesně takové množství paliva, které odpovídá příslušnému provoznímu stavu a změně zatížení motoru. Požadované složení směsi je udržováno, např. rychlým vypnutím obohacení po startu nebo rychle působícím obohacením při zrychlení, tak přesně, že jsou zajištěny minimální emise škodlivých látek. Další vylepšení emisí je možné dosáhnout pomocí lambda-regulace a katalyzátoru (obrázek1).

Vyšší měrný výkon

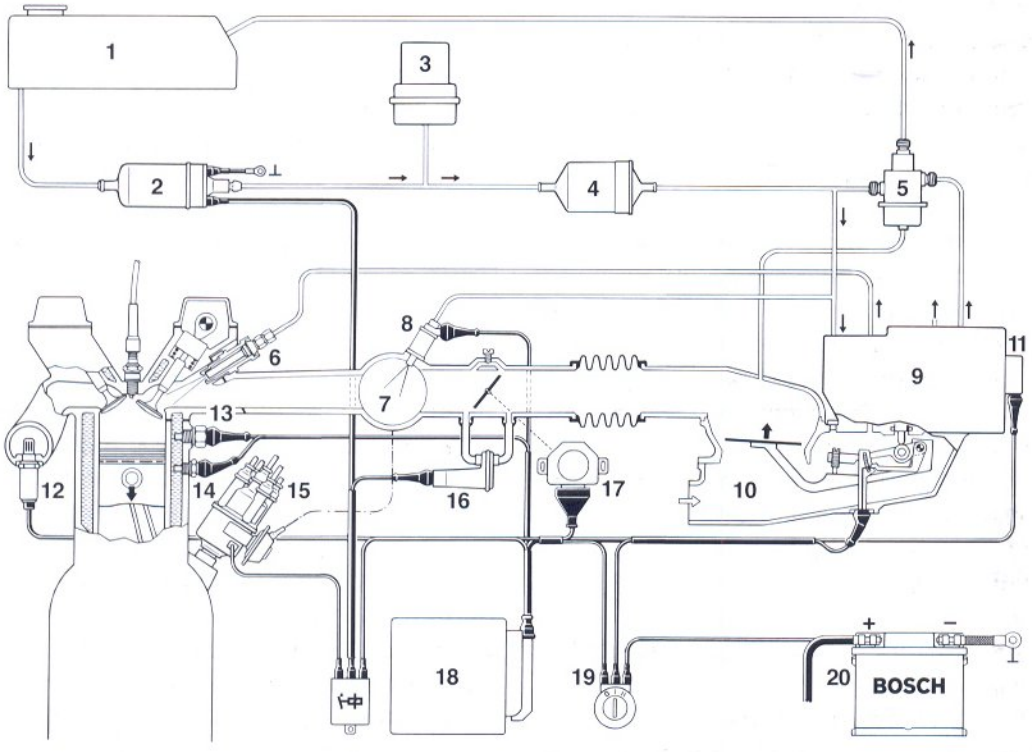
Vstřikovací systém KE-Jetronic umožňuje zkonstruovat sací potrubí tak, aby v něm docházelo k výhodnějšímu proudění, které zajistí účinnější plnění válců.

Krátké vstřikovací dráhy tak nabízejí možnost využít potenciál výkonu motoru bez zpoždění.

Systémy KE-Jetronic dosahují - stejně jako všechny ostatní Jetronic-systémy - výrazný nárůst výkonu motoru při nezměněném obsahu a to bez zvýšení spotřeby paliva. Umožňují tak vznik úsporných motorů s vysokým měrným výkonem, dobrou pružností a pozoruhodnou kulturou chodu.

Obrázek 1: Schéma systému KE-Jetronic s lambda regulací

1 palivová nádrž, 2 elektrické palivové čerpadlo, 3 zásobník paliva, 4 palivový filtr, 5 regulátor systémového tlaku, 6 vstřikovací ventil, 7 společné sací potrubí, 8 ventil studeného startu, 9 rozdělovač množství paliva, 10 měřič množství vzduchu, 11 elektrohydraulický nastavovač tlaku, 12 lambda sonda, 13 teplotně-časový spínač, 14 snímač teploty motoru, 15 rozdělovač, 16 šoupátko přídavného vzduchu, 17 spínač škrtící klapky, 18 řídicí jednotka, 19 spínací skříňka, 20 akumulátor



Zásobování systému palivem

Systém zásobování palivem sestává z:

- elektrického palivového čerpadla (obrázek 2)
- zásobníku paliva
- palivového filtru (obrázek 4)
- regulátoru systémového tlaku a
- vstřikovacích ventilů.

Elektricky poháněné palivové čerpadlo dopravuje palivo z palivové nádrže pod tlakem asi 5 baru přes zásobník paliva a palivový filtr do rozdělovače množství paliva. Z rozdělovače množství teče palivo k vstřikovacím ventilům. Vstřikovací ventily vstřikují palivo kontinuálně do sacích kanálů motoru. Odtud pochází označení systému KE (kontinuální, elektronický). Při otevření sacího ventilu je směs nasáta do válců.

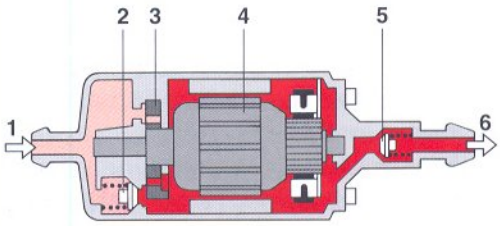
Regulátor systémového tlaku udržuje v systému konstantní tlak paliva a odvádí přebytečné palivo zpět do palivové nádrže. Při neustálém proplachování palivového systému je vždy k dispozici studené palivo. Tím se zabraňuje tvoření bublin palivových par a dosahuje snadných startů zahřátého motoru.

Elektrické palivové čerpadlo

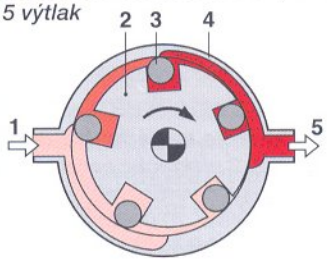
Elektrické palivové čerpadlo je válečkové čerpadlo poháněné permanentně buzeným elektromotorem. Oběžné kolo, excentricky umístěné v tělese čerpadla má na svém obvodu kovové válečky, které jsou umístěny v drážkách a které jsou působením odstředivé síly přitlačeny na těleso čerpadla.

Válečky působí jako rotující těsnění. V dutinkách, které vznikají mezi válečky je palivo stlačováno. Účinek čerpadla vznikne tak, že válečky po uzavření přívodního kanálu před sebou tlačí palivo ve stále se zmenšujícím objemu, až palivo opustí čerpadlo odtokovým kanálem (obrázek 3). Palivo protéká elektromotorem. Nebezpečí výbuchu nevznikne, protože v tělese motoru ani čerpadle není směs schopná zapálení. Elektrické palivové čerpadlo dodává více paliva než spalovací motor potřebuje, aby udrželo požadovaný tlak v palivovém systému při všech provozních stavech. Zpětný ventil v čerpadle odděluje palivový systém od palivové nádrže a tak zabraňuje zpětnému proudění paliva do palivové nádrže. Elektrické palivové čerpadlo běží hned po zapnutí zapalování a v případě nastartování motoru zůstává trvale zapnuto. Bezpečnostní zapojení zabraňuje dodávce paliva při zapnutém zapalování a stojícím motoru, např. po nehodě.

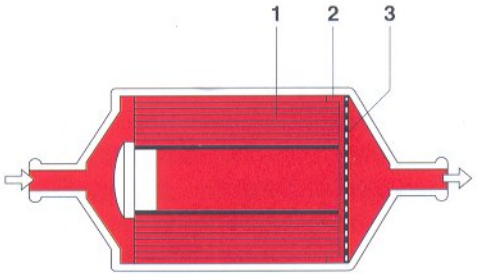
Obrázek 2: Elektrické palivové čerpadlo
1 sání, 2 omezovací tlakový ventil, 3 válečkové čerpadlo, 4 kotva motoru 5 zpětný ventil, 6 výtlak



Obrázek 3: Princip funkce válečkového čerpadla
1 sání, 2 drážkové kolo, 3 váleček, 4 základní deska, 5 výtlak



Obrázek 4: Palivový filtr
1 papírová vložka, 2 sítko, 3 opěrná deska



Palivové čerpadlo se nachází v bezprostřední blízkosti palivové nádrže a pracuje bez údržby.

Zásobník paliva

Zásobník paliva udržuje určitou dobu po zastavení motoru tlak v palivovém systému, aby tak usnadnil nový start zejména u zahřátého motoru. Zvláštní konstrukce (obrázek 5) tělesa zásobníku tlumí pulzace paliva vzniklé činností palivového čerpadla.

Vnitřní prostor palivového čerpadla je membránou rozdělen na dvě komory. Jedna komora slouží jako zásobník paliva. Druhá komora vytváří vyrovnávací prostor a je přes odvzdušňovací přípojku spojena s atmosférou nebo s palivovou nádrží. Během provozu je komora zásobníku naplněna palivem. Membrána je tak vychýlena tlakem paliva proti síle šroubové pružiny až na její doraz. V této poloze, která odpovídá největšímu objemu v zásobníku, zůstává membrána tak dlouho, dokud motor běží.

Palivový filtr

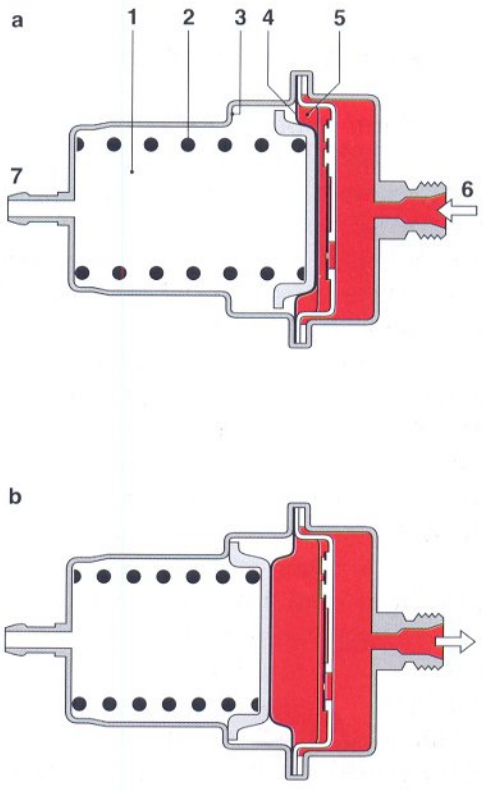
Palivový filtr zachytává v palivu obsažené nečistoty, které by mohly ovlivnit funkci vstřikovacího systému. Filtr obsahuje papírovou vložku se střední velikostí pórů 10 μm a vřazené sítko (obrázek 4). Touto kombinací je dosaženo vysokého čistícího efektu.

Opěrná deska fixuje filtr v kovovém obalu. Životnost filtru je závislá na znečištění paliva. Filtr je namontován do palivového vedení za zásobník paliva. Směr průtoku paliva udaný šipkou na tělese filtru musí být při jeho výměně bezpodmínečně dodržen.

Regulátor systémového tlaku

Regulátor systémového tlaku udržuje konstantní tlak v palivovém systému.
U systému KE-Jetronic je hydraulický protitlak na řídicí píst rovný systémovému tlaku. Řídicí tlak musí být přesně udržován, protože výchylka tohoto tlaku by přímo působila na poměr

Obrázek 5: Zásobník paliva
a) prázdný, b) naplněný
1 pružinová komora, 2 pružina, 3 doraz, 4 membrána, 5 prostor zásobníku, 6 přívod příp. odvod paliva, 7 spojení s atmosférou



vzduchu a paliva. K tomu dochází zejména tehdy, pokud se množství paliva dopravované elektrickým čerpadlem a tím množství paliva vstřikovaného do motoru výrazně mění.

Obrázek 6 ukazuje řez regulátorem systémového tlaku. Palivo přitéká zleva. Na pravé straně je přípojka zpětného vedení od rozdělovače množství. Zhora je připojeno zpětné vedení do palivové nádrže.

Jakmile při startu vyvine elektrické palivové čerpadlo tlak, prohne se membrána regulátoru tlaku dolů. Posuvné těleso ventilu nejdříve následuje membránu, protože ho posune nahoře umístěná proti-pružina. Po krátké dráze

narazí těleso ventilu na pevný doraz a začíná funkce regulace tlaku. Množství paliva přitékající zpětnou větví od rozdělovače množství paliva (je složeno z množství protékajícího regulátorem tlaku a z množství daného netěsností řídicího pístu), může nyní odtékat spolu s množstvím propouštěným ventilem zpět do palivové nádrže.

Při vypnutí motoru je vždy vypnuto i elektrické palivové čerpadlo. V důsledku toho klesá tlak v palivovém systému a tím se ventilový talířek posune zpět do sedla regulátoru. Následně se posune těleso ventilu nahoru proti síle proti-pružiny, dokud se neuzavře těsnění zpětného vedení do palivové nádrže.

Tlak v palivovém systému klesne velmi rychle na hodnotu uzavíracího tlaku vstřikovacích ventilů, aby byly vstřikovací ventily těsně uzavřeny. Potom tlak v systému opět roste na hodnotu určenou zásobníkem paliva (obrázek 7).

Vstřikovací ventily

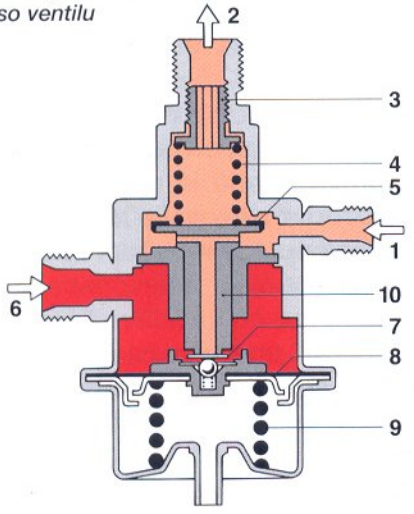
Vstřikovací ventily otvírají při určitém tlaku a rozprašují (obrázek 8) palivo kmitáním jehly ventilu. Vstřikují odměřené množství paliva do sacího potrubí před sací ventily válců. Vstřikovací ventily jsou upevněny v držáku, který je dobře izolován proti přestupu tepla z motoru.

Vstřikovací ventily nemají odměřovací funkci. Otvírají samočinně, jakmile je překročen jejich otvírací tlak např. 3,5 baru. Mají jehlový ventil (obrázek 9), jehož jehla při vstřikování slabě slyšitelně, ale s vysokou frekvencí kmitá („vrže„). Tím je dosaženo dobré rozprášení paliva, zejména při malém vstřikovaném množství.

Po vypnutí motoru se vstřikovací ventily těsně uzavřou, pokud tlak v palivovém systému poklesne pod jejich otvírací tlak. Tím nemůže být palivo po vypnutí motoru dopraveno do sacího potrubí ani k sacím ventilům motoru.

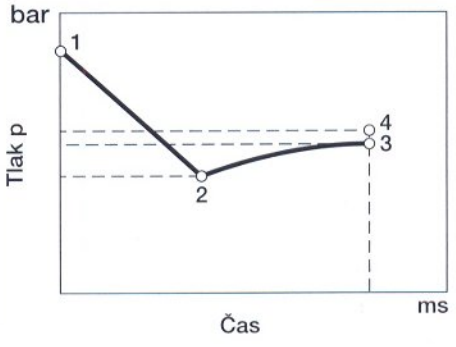
Obrázek 6: Regulátor systémového tlaku paliva

1 zpětné vedení od rozdělovače množství
2 k palivové nádrži
3 seřizovací šroub
4 proti-pružina
5 těsnění
6 přívod paliva
7 ventilový talířek
8 membrána
9 pružina regulátoru
10 těleso ventilu



Obrázek 7: Průběh tlaku po vypnutí motoru

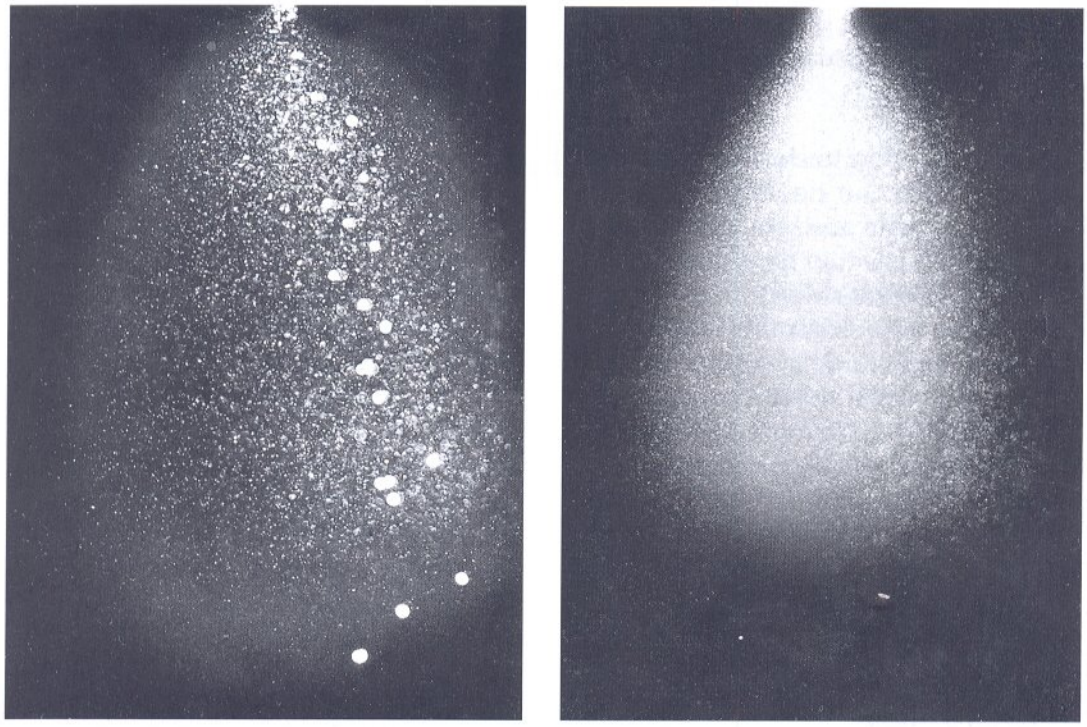
Tlak nejprve klesá z normálního systémového tlaku (1) na uzavírací tlak (2) regulátoru tlaku. Potom stoupá, působením zásobníku paliva, na hodnotu (3), která leží pod hodnotou otvíracího tlaku (4) vstřikovacích ventilů.



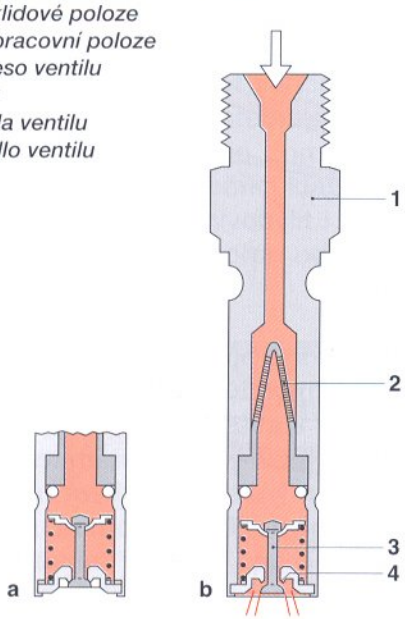
Vstřikovací ventily s přisáváním vzduchu

Vstřikovací ventily s přisáváním vzduchu zlepšují přípravu směsi zejména při volnoběhu. Využitím rozdílu tlaku na škrticí klapce je část vzduchu nasávaného motorem vedena přes vstřikovací ventily (obrázek 10), čímž je palivo v místě výstupu velmi dobře rozprášeno (obrázek 10). Ventily s přisáváním vzduchu snižují spotřebu paliva a obsah škodlivých látek ve výfukových plynech.

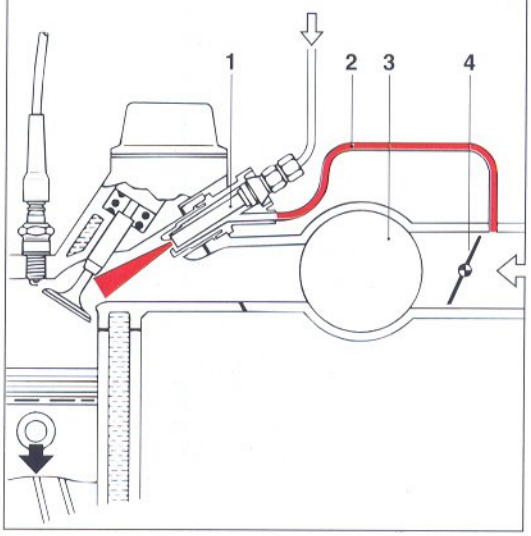
Obrázek 8: Tvar paprsku vstřikovacího ventilu bez přisávání vzduchu (vlevo) a s přisáváním vzduchu (vpravo).
Vzduch působí trvale a palivo rozprašuje ještě jemněji (vpravo)



Obrázek 9: Vstřikovací ventil
a) v klidové poloze
b) v pracovní poloze
1 těleso ventilu
2 filtr
3 jehla ventilu
4 sedlo ventilu



Obrázek 10: Příprava směsi vstřikovacím ventilem s přisáváním vzduchu
1 vstřikovací ventil, 2 vedení přívodu vzduchu, 3 společné sací potrubí, 4 škrtící klapka



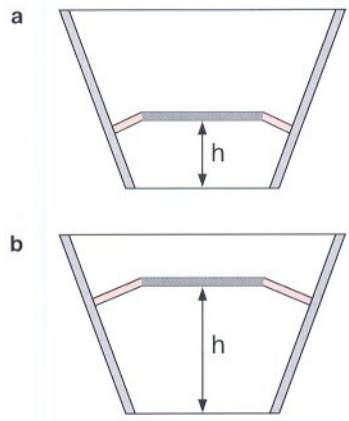
Odměřování paliva

Úkolem přípravy směsi je odměřování množství paliva, které odpovídá nasátému množství vzduchu.
Základní odměřování paliva probíhá v regulátoru směsi. Ten se skládá z měřiče množství vzduchu a z rozdělovače množství paliva.
V některých provozních stavech se však požadované množství paliva velmi odchyluje od normální hodnoty, takže jsou nutné dodatečné zásahy do přípravy směsi.

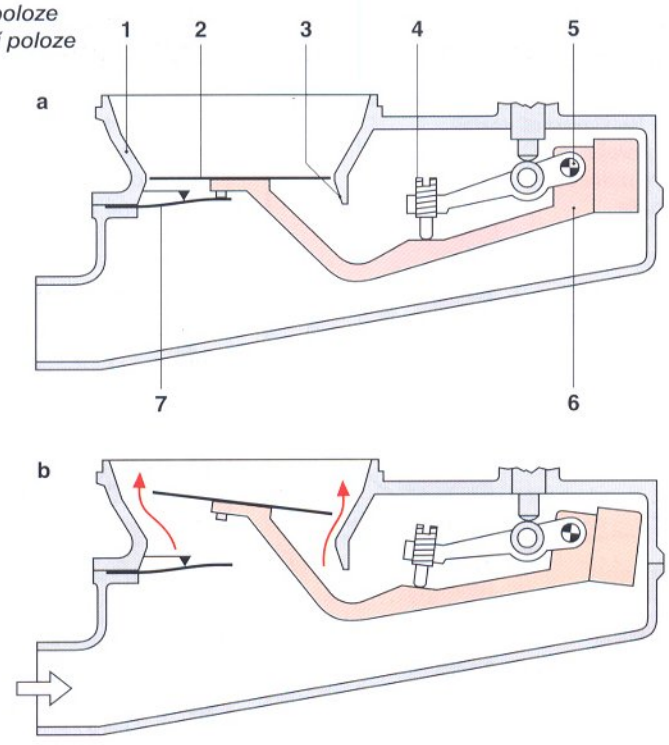
Měřič množství vzduchu

Množství vzduchu nasávané motorem je měřítkem jeho zatížení. Měřič množství vzduchu pracuje na principu vznášejícího se tělesa a měří množství vzduchu nasávané motorem (obrázek 12).
Množství nasávaného vzduchu slouží jako hlavní řídicí veličina pro určení základního vstřikovaného množství. Množství nasávaného vzduchu je ta pravá fyzikální veličina pro odvození požadovaného množství paliva. Změny v chování sání motoru tedy nepůsobí na složení směsi. Protože nasávané množství vzduchu musí nejprve projít měřičem množství vzduchu, než dojde k motoru, předbíhá měření množství vzduchu časově skutečné plnění vzduchu do válců. To umožňuje - vedle jiných, dále popsaných opatření - správné přizpůsobení směsi v každém okamžiku.

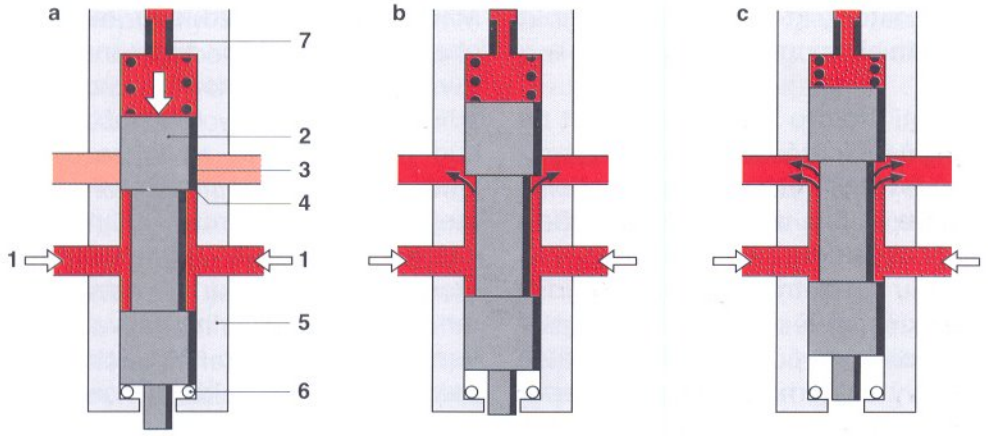
Obrázek 12: Princip měřiče množství vzduchu
a) malé množství nasávaného vzduchu, měřící klapka je nepatrně nadzvednuta,
b) velké množství nasávaného vzduchu, měřící klapka je velmi nadzvednuta



Obrázek 11: Měřič množství vzduchu
a) měřící klapka v klidové poloze
b) měřící klapka v pracovní poloze
1 vzduchový trychtýř
2 měřící klapka
3 odlehčovací průřez
4 šroub bohatosti směsi
5 otočný bod
6 páka
7 listová pružina



Obrázek 13: Těleso s drážkami a řídícím pístem
a) klidová poloha, b) částečné zatížení, c)plné zatížení
1 přívod paliva, 2 řídicí píst, 3 řídicí drážka v tělese, 4 řídicí hrana, 5 těleso s drážkami, 6 axiální těsnící kroužek, 7 tlumící tryska



Celkové množství vzduchu nasáté motorem proudí přes měřič množství nasávaného vzduchu, který je zabudován před škrticí klapkou.

Měřič množství vzduchu sestává z vzduchového trychtýře, ve kterém se nachází pohyblivá měřicí klapka (vznášející se těleso). Vzduch proudící vzduchovým trychtýřem vychýlí měřicí klapku o určitou hodnotu z její klidové polohy (obrázek 11).
Pákový systém přenáší pohyby měřicí klapky na řídicí píst, který v základních funkcích určuje potřebné základní množství paliva. Při možných (chybných) zpětných zápalech motoru v sacím potrubí mohou být značné tlakové rázy přenášeny do systému sání. Měřič množství vzduchu je proto zkonstruován tak, že se měřicí klapka může při zpětném zápalu, vychýlit i do protisměru. Proto byl vytvořen odlehčovací průřez.

Gumový doraz omezuje pohyb dolů (u měřiče s opačným průtokem vzduchu, pohyb nahoru). Protizávaží vyrovnává hmotnost měřicí klapky a pákového systému (u měřiče s opačným průtokem vzduchu pomocí tažné pružiny).
Nastavitelné listové pero zajišťuje správnou nulovou polohu při odstaveném motoru.

Rozdělovač množství paliva

Rozdělovač množství paliva rozděluje základní množství paliva, které odpovídá poloze měřicí klapky v měřiči množství vzduchu, jednotlivým válcům. Poloha měřicí klapky je měřítkem množství vzduchu nasávaného motorem. Páka přenáší polohu měřicí klapky na řídicí píst.

Podle své polohy v tělese uvolní řídicí píst odpovídající průřez, kterým může protékat palivo k ventilům diferenčního tlaku a následně ke vstřikovacím ventilům (obrázek 13).

Při malém zdvihu měřicí klapky je řídicí píst málo nadzvednut a tím je uvolněn jen malý průřez řídicí drážky. Při velkém zdvihu měřicí klapky uvolní řídicí píst větší průřez řídicí drážky. Mezi zdvihem měřicí klapky a uvolněným průřezem řídicí drážky je lineární závislost.
Na řídicí píst působí - proti pohybu přenášenému z měřicí klapky - hydraulická síla, která způsobí konstantní ztrátu tlaku vzduchu na měřicí klapce a která umožní řídicímu pístu sledovat pohyb páky měřicí klapky. U některých provedení je hydraulická síla podporována tlačnou pružinou (obrázek 14) a zabraňuje tak nadzvednutí řídicího pístu v důsledku podtlaku při chladnutí systému.

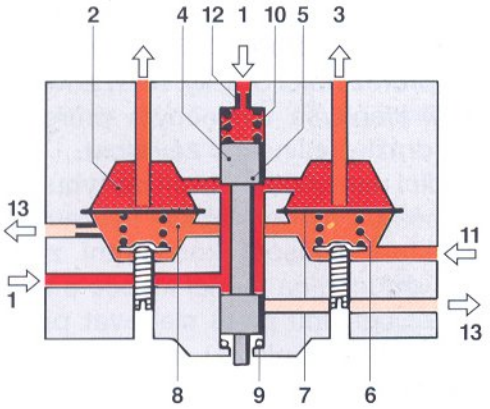
Přesná regulace systémového tlaku je nutná, protože jeho kolísání by přímo působilo na poměr vzduchu a paliva (resp. hodnotu λ). Tlumící tryska zabraňuje kmitání, které může vzniknout působením sil na měřicí klapku.

Při vypnutí motoru klesne řídicí píst na axiálně působící těsnící kroužek (obrázek 13 až 15). Ten dosedá na nastavovací šroub a pro vhodné překrytí řídicích drážek je výškově nastavitelný.
U systému KE-Jetronic odpočívá řídicí píst na axiálním těsnícím kroužku, protože na řídicí píst působí tlačná pružina a zbytkový systémový tlak. Toto opatření zabraňuje ztrátě tlaku netěsností ve vedení řídicího pístu. Tím je znemožněno vyprázdnění zásobníku paliva přes vůle ve vedení řídicího pístu.
Systémový tlak musí být při vypnutém motoru vyšší než tlak par, který odpovídá příslušné teplotě paliva.

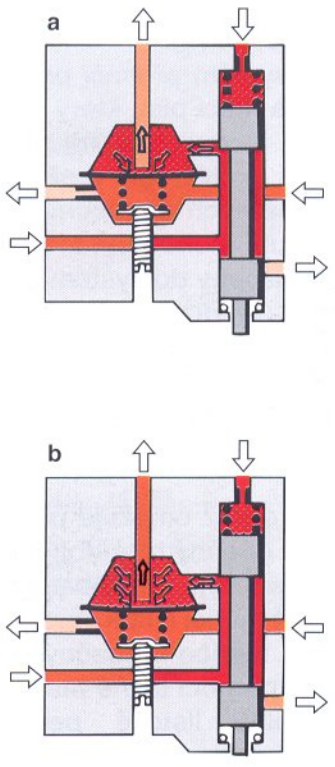
Ventily diferenčního tlaku

Ventily diferenčního tlaku v rozdělovači množství paliva způsobují určitý pokles tlaku na řídicích drážkách.
Měřič množství vzduchu má lineární charakteristiku. To znamená, že při dvojnásobném množství vzduchu je zdvih měřicí klapky dvakrát větší. Pokud má mít tento zdvih za následek změnu základního množství paliva ve stejném poměru, musí být na řídicích drážkách (obrázek 15) zajištěn konstantní rozdíl tlaku – nezávisle na množství protékajícího paliva.
Ventily diferenčního tlaku udržují rozdíl tlaku mezi horní a dolní komorou nezávisle na průtočném množství paliva. Hodnota diference tlaku je zpravidla 0,2 baru Tím je dosaženo velmi vysoké přesnosti odměřování paliva.
Jako ventily diferenčního tlaku se používají ventily s plochým sedlem. Nacházejí se v rozdělovači množství

Obrázek 14: Rozdělovač množství paliva s ventily diferenčního tlaku
1 přívod paliva (systémový tlak), 2 horní komora ventilu diferenčního tlaku, 3 vedení ke vstřikovacímu ventilu, 4 řídicí píst, 5 řídicí hrana a řídicí drážka, 6 pružina ventilu, 7 membrána ventilu, 8 dolní komora ventilu diferenčního tlaku, 9 axiální těsnící kroužek, 10 tlačná pružina, 11 palivo od elektrohydraulického nastavovače tlaku, 12 tlumící tryska, 13 zpětné vedení



Obrázek 15: Ventil diferenčního tlaku
a) poloha při menším vstřikovaném množství paliva
b) poloha při větším vstřikovaném množství paliva



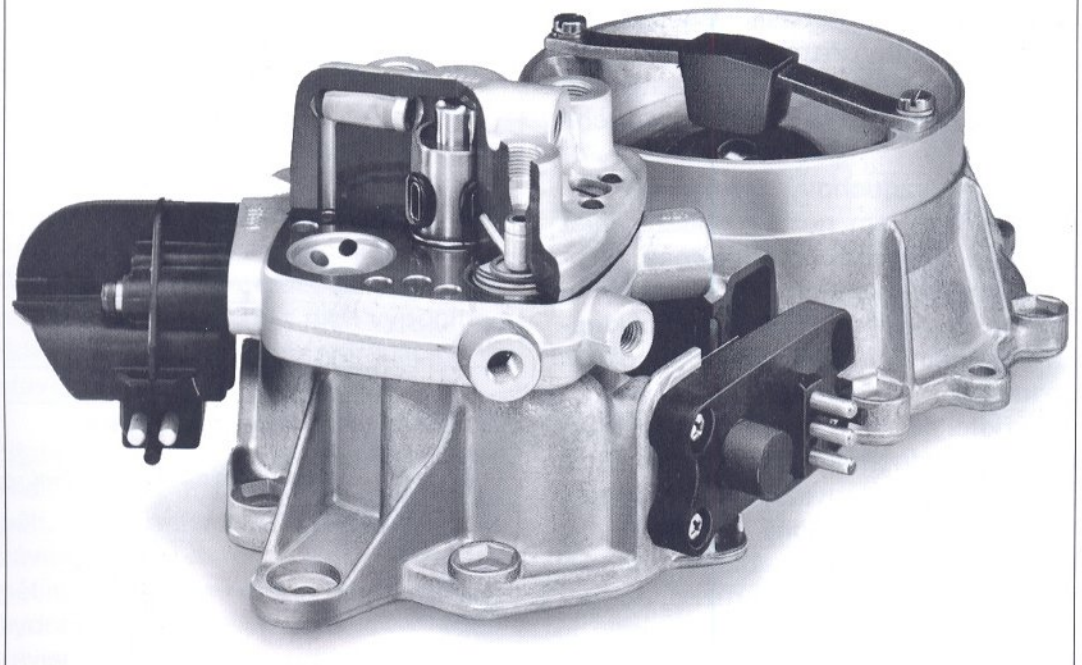
a jsou přiřazeny každé řídicí drážce. Membrána odděluje horní komoru od dolní komory ventilů (obrázek 14 až 16). Dolní komory všech ventilů jsou navzájem propojeny kruhovým vedením a stejným způsobem je zajištěno propojení s elektrohydraulickým nastavovačem tlaku. Sedlo ventilů je umístěno v horní komoře.
Horní komory spojují každý vstřikovací ventil s řídicí drážkou. Vůči sobě navzájem jsou utěsněny. Rozdíl tlaku na řídicích drážkách je určen silou šroubové pružiny v dolních komorách, činným průměrem membrány a působením elektrohydraulického nastavovače tlaku.
Pokud do horní komory přitéká vysoké základní množství paliva, prohne se membrána směrem dolů a tím se otevře odtokový průřez ventilu do té doby než je opět dosaženo nastaveného diferenčního tlaku. Pokud je protékající množství paliva menší, zmenší se v důsledku vyrovnání sil působících na membránu také průřez ventilu do té doby než se rozdíl tlaku nastaví opět na 0,2 baru.
Na membráně tak vzniká rovnováha sil, která je pro každé základní množství paliva udržována regulací velikosti průřezu ventilu (obrázek 15).

V palivovém vedení k elektrohydraulickému nastavovači tlaku je umístěn další jemný filtr s magnetickým odlučovačem železných nečistot.

Příprava směsi

Příprava směsi probíhá v sacím potrubí a ve válci motoru.
Množství paliva, vstřikované kontinuálně vstřikovacím ventilem, je dopraveno před sací ventil motoru. Při otevření sacího ventilu je oblak paliva roztrhán nasávaným množstvím vzduchu a způsobeným vířením během sací doby dojde k přípravě směsi, která je schopna zapálení.

Obrázek 16: Měřič množství vzduchu s rozřezaným rozdělovačem množství paliva



Přizpůsobení provozním stavům

Kromě dosud popsaných základních funkcí vyžadují určité provozní stavy korekční zásahy do přípravy směsi, jejichž cílem je optimalizace výkonu, zlepšení složení výfukových plynů nebo zlepšení chování při startu a jízdě.
S pomocí dodatečných snímačů teploty motoru a nastavení škrticí klapky (signál zatížení) může řídicí jednotka systému KE-Jetronic tyto úkoly splnit lépe než mechanický systém.

Základní přizpůsobení směsi

Základní přizpůsobení směsi na provozní podmínky volnoběhu, částečného zatížení a plného zatížení je provedeno tvarováním vzduchového trychtýře (obrázek 17).
Konstantní tvar vzduchového trychtýře určuje v celém rozsahu zdvihu (měřicím rozsahu) měřiče množství vzduchu konstantní směs. Motoru je však zapotřebí přidělit v určitých provozních stavech , jako je volnoběh, částečné a plné zatížení, optimální směs, jejíž složení odpovídá každému z těchto provozních stavů. V praxi to znamená bohatší směs pro volnoběh a plné zatížení stejně jako chudší směs pro rozsah částečného zatížení. Tohoto přizpůsobení se dosahuje různými úhly kuželů vzduchového trychtýře měřiče množství vzduchu (obrázek 18).
Pokud je vzduchový trychtýř tvořen plošším kuželem než je základní tvar (který je určen pro určitou směs, např. $\lambda = 1$) je výsledkem chudší směs. U kužele se strmějším úhlem je měřicí klapka při stejném nasávaném množství vzduchu nadzvednuta výše. Tím odměří řídicí píst více paliva a směs je pak bohatší. Vzduchový trychtýř pak může být tvarován odpovídajícím způsobem tak, aby podle polohy měřicí klapky (volnoběh, částečné zatížení, nejvyšší výkon) byla výsledkem různě obohacená směs. U systému KE-Jetronic je vzduchový trychtýř přednostně tvarován tak, aby byla v celkovém pracovním rozsahu nastavena směs s $\lambda = 1$.

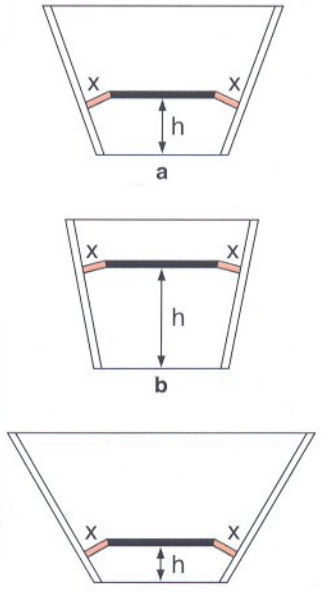
Elektronická řídicí jednotka

Elektronická řídicí jednotka vyhodnocuje data o provozním stavu motoru, dodávané ze snímačů. Z nich pak vytváří řídicí proud pro elektrohydraulický nastavovač tlaku (obrázek 19).

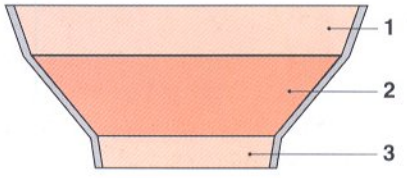
Snímání provozních dat

Aby bylo možné, kromě nasávaného množství vzduchu, obdržet i další kritéria pro potřebné množství paliva, musí se podchytit a elektronické řídicí jednotce nahlásit řada údajů o provozním stavu motoru, získaných ze snímačů motoru.

Obrázek 17: Vliv úhlu kužele vzduchového trychtýře na zdvih měřicí klapky při stejném průtočném množství vzduchu
a) základní tvar vzduchového trychtýře, nastane zdvih „h“
b) strmější tvar trychtýře, při stejném množství vzduchu je větší zdvih „h“
c) plošší tvar trychtýře, při stejném množství vzduchu je menší zdvih „h“



Obrázek 18: Korekční trychtýř měřiče množství vzduchu
1 pro nejvyšší zatížení, 2 pro částečné zatížení, 3 pro volnoběh



Tabulka 1. Přizpůsobení

Charakteristická veličina provozu	Získána z
plné zatížení volnoběh	spínač škrticí klapky
otáčky	zapalovací systém (nejčastěji z rozdělovače)
start	spínací skříňka
teplota motoru	snímač teploty motoru
tlak vzduchu	snímač barometrického tlaku
složení směsi	lambda-sonda

Snímače jsou popsány v souvislosti s příslušnou funkcí přizpůsobení.

Konstrukce a princip funkce

Elektrické zapojení je dle provedení vytvořeno buď v analogové nebo analogově-digitální měřicí technice. K tomu lze konstrukčně připojit moduly pro lambda-regulaci a regulaci volnoběžných otáček. Řídicí jednotky s větším počtem funkcí jsou postaveny v digitální technice.

Elektronické prvky umístěné na desce plošných spojů jsou integrované obvody (jako např. operační zesilovače, komparátory a stabilizátory napětí), tranzistory, diody, odpory a kondenzátory. Desky plošných spojů jsou zasunuty do pouzdra.

Pouzdro může být vybaveno elementem vyrovnávajícím tlak. 25-pólový konektor spojuje řídicí jednotku s akumulátorem, snímači a akčními členy.

Řídicí jednotka zpracovává vstupní signály ze snímačů a z nich vypočítává řídicí proud pro elektrohydraulický nastavovač tlaku.

Stabilizace napětí

Řídicí jednotka potřebuje stabilní napětí, které musí být konstantní a nezávislé na palubním napětí. Tímto napětím je určen proud pro elektrohydraulický nastavovač tlaku, který závisí na veličinách popisujících stav motoru. Stabilizace napětí řídicí jednotky probíhá v integrovaném obvodu.

Vstupní filtr

Vstupní filtry zbavují vstupní signály ze snímačů případně se vyskytujících rušivých signálů.

Sčítač

Ve sčítači jsou zrekapitulovány vyhodnocené signály ze snímačů. Elektricky připravené korekční signály jsou sečteny v operačním obvodu a následně přivedeny k regulátoru proudu.

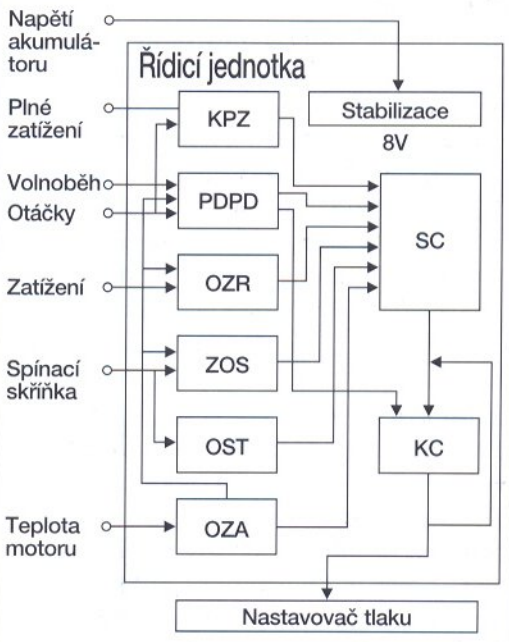
Koncový stupeň

Koncový stupeň vytváří ovládací proud pro nastavovač tlaku. Tím je umožněno přivádět do nastavovače tlaku opačně orientované proudy, které zvyšují nebo zmenšují ztrátu tlaku.

Obrázek 19: Blokové zapojení řídicí jednotky KE-Jetronic s analogovou technikou

Korekční signály z různých bloků jsou shrnuty ve sčítači, zesíleny v koncovém stupni a přivedeny k elektrohydraulickému nastavovači tlaku.

KPZ korektura pro plné zatížení
PDPD přerušení dodávky paliva při deceleraci
OZR obohacení při zrychlení
ZOS zvýšení otáček po startu
OST obohacení při startu
OZA obohacení při zahřívání
SC sčítač
KC koncový stupeň



Pomocí trvale ovládaného tranzistoru lze velikost proudu libovolně nastavovat v pozitivním směru.
V negativním směru protéká proud při deceleraci (přerušení dodávky paliva). Tento proud ovlivní diferenční tlak ve ventilech diferenčního tlaku tak, že je znemožněn přívod paliva ke vstřikovacím ventilům.

Další koncové stupně

Podle potřeby jsou možné další koncové stupně. S jejich pomocí mohou být ovládány ventily zpětného vedení spalin, průřez obtokového kanálu okolo škrticí klapky pro regulaci volnoběžných otáček atd.

Elektrohydraulický nastavovač tlaku

Elektrohydraulický nastavovač tlaku mění v závislosti na provozním stavu motoru a tomu odpovídajícímu v řídicí jednotce vytvořenému proudovému signálu hodnotu tlaku v dolních komorách ventilů diferenčního tlaku. Tím se mění odměřené množství paliva přidělené ke vstřikovacím ventilům.

Konstrukce

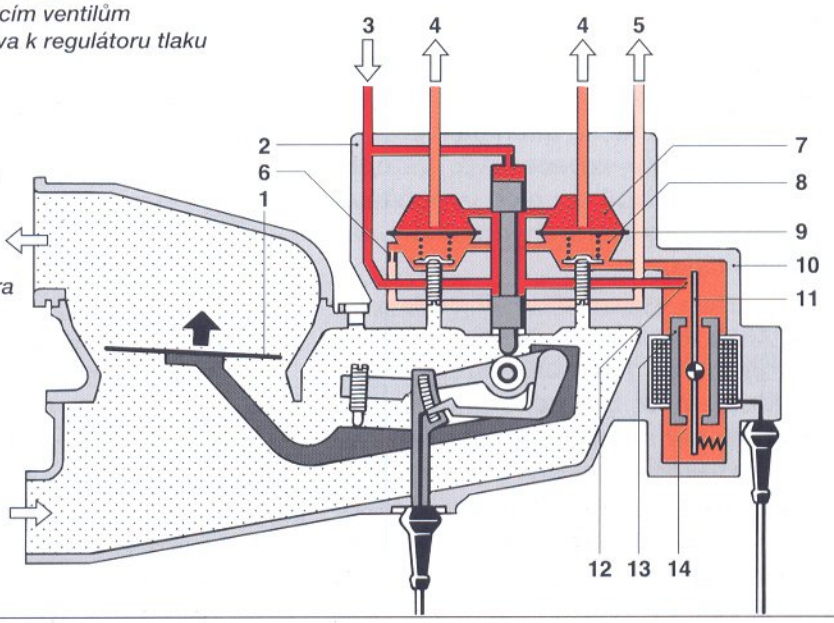
Elektrohydraulický nastavovač tlaku je namontován na rozdělovač množství paliva (obrázek 20) a představuje regulátor diferenčního tlaku, který pracuje na principu trysky s pružnou deskou a který ovládá pokles tlaku elektrickým proudem. Mezi dvěmi dvojitými magnetickými póly visí, v tělese z nemagnetického materiálu, kotva v „napěťovém„ uložení bez tření. To se skládá z membránové desky z pružného materiálu.

Princip funkce

V magnetických pólech a jim příslušných vzduchových mezerách se překrývají magnetické toky trvalého magnetu (přerušované čáry na obrázku 21) a elektromagnetu (plné čáry). Trvalý magnet je ve skutečnosti vůči rovině obrázku přesazen o 90 stupňů. Dráhy částečných magnetických toků přes oba páry pólů jsou symetrické a stejně dlouhé. Magnetické toky procházejí od pólů přes vzduchové mezery na kotvu a odtud přes kotvu zpět.

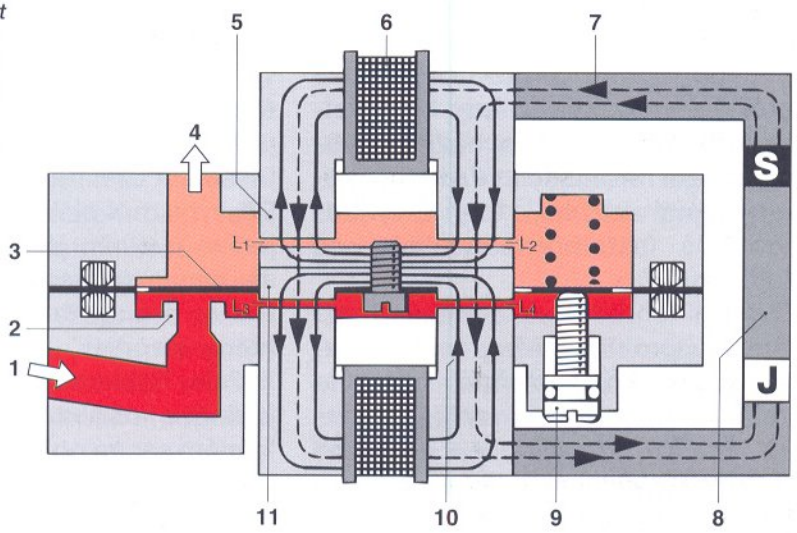
Obrázek 20: Elektrohydraulický nastavovač tlaku na rozdělovači množství paliva
Pomocí cíleného působení řídicí jednotky na pružnou desku (11) lze ovlivnit tlak paliva v dolních komorách ventilů diferenčního tlaku a tím odměřené množství paliva. Tímto způsobem je možné provádět přizpůsobovací a korekční funkce.

1 měřící klapka
2 rozdělovač množství paliva
3 přívod paliva (systémový tlak)
4 palivo ke vstřikovacím ventilům
5 zpětné vedení paliva k regulátoru tlaku
6 pevná tryska
7 horní komora
8 dolní komora
9 membrána
10 nastavovač tlaku
11 pružná deska
12 tryska
13 pól magnetu
14 vzduchová mezera



Obrázek 21: Příčný průřez elektrohydraulickým nastavovačem tlaku

1 přívod paliva (systémový tlak)
2 tryska
3 pružná deska
4 odtok paliva
5 pól magnetu
6 cívka magnetu
7 magnetický tok trvalého magnetu
8 permanentní magnet (otočen o 90 stupňů vůči rovině obrázku)
9 seřizovací šroub pro základní moment
10 elektromagnetický tok
11 kotva (vzduchová mezera L1 až L4)



Ve dvou navzájem diagonálně ležících vzduchových mezerách L2 a L3 (obrázek 21) se magnetické toky trvalých magnetů a elektromagnetický tok sčítají a ve dvou zbývajících vzduchových mezerách L1 a L4 (obrázek 21) se tyto magnetické toky odečítají. Na kotvu, která pohybuje pružnou deskou, působí ve vzduchové mezeře tažná síla, která je úměrná ke kvadrátu magnetického toku.

Protože je tok trvalého magnetu konstantní a elektromagnetický tok je úměrný k elektrickému proudu v cívce magnetu, je výsledný točivý moment úměrný k proudu.

Základní moment na kotvě je zvolen tak, že při bezproudovém stavu nastavovače tlaku vznikne základní diferenční tlak, který předností odpovídá $\lambda = 1$. Tak je při přerušení proudu zajištěn nouzový provoz bez korekčních funkcí.

Paprsek paliva, který přitéká přes trysku se pokouší zatlačit pružnou desku proti magnetickým a mechanickým silám. Diference tlaku mezi přívodní a zpětnou přípojkou paliva je při proudění, které je určeno do řady zapojenými pevnými tryskami, úměrná elektrickému proudu. Měnitelný tlakový spád na trysce, který je úměrný proudu nastavovače, způsobí změnu tlaku v dolních komorách.

O stejnou hodnotu se mění i tlak v horních komorách. To opět způsobí změnu rozdílu mezi tlakem v horních komorách a systémovým tlakem (na řídicích drážkách) a představuje tak nástroj k ovlivňování množství paliva proudícího ke vstřikovacím ventilům.

V důsledku malých elektromagnetických časových konstant a nízké pohybující se hmotě, reaguje nastavovač tlaku velmi rychle na změnu proudu na svých vstupních svorkách. Otočí-li se směr proudu, pak odtáhne kotva pružnou desku pryč od trysky. Přitom klesne tlak v nastavovači tlaku o několik málo setin baru. Tak mohou být prováděny např. dodatečné funkce, jako přerušení dodávky paliva při deceleraci a omezení otáček, uzavřením přívodu paliva ke vstřikovacím ventilům.

Obohacení při studeném startu

V závislosti na teplotě motoru vstřikuje během startování po omezenou dobu ventil studeného startu dodatečné množství paliva.

To se provádí proto, aby se při studeném startu vyrovnaly ztráty způsobené kondenzací části paliva v nasávané směsi a aby se usnadnil start studeného motoru. Proto udává řídicí jednotka během startu, kdy kvůli velkému kolísání otáček dochází k chybnému měření nasávaného vzduchu, neměnný signál zatížení, který je vyhodnocován s faktorem závisejícím na teplotě motoru.

Vstřikování tohoto dodatečného množství paliva probíhá přes ventil studeného startu do společného sacího potrubí. Doba zapnutí ventilu studeného startu je časově omezena teplotně-časovým spínačem v závislosti na teplotě motoru.

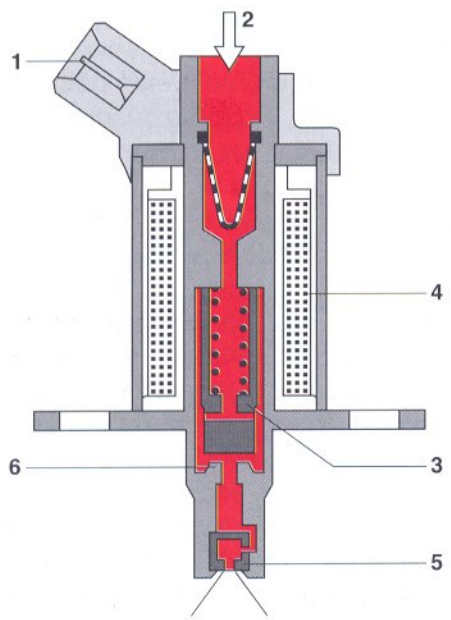
Popsaný proces se nazývá obohacení při studeném startu. V tomto případě je směs „bohatší„ tzn., že součinitel přebytku vzduchu λ je dočasně menší než 1.

Ventil studeného startu

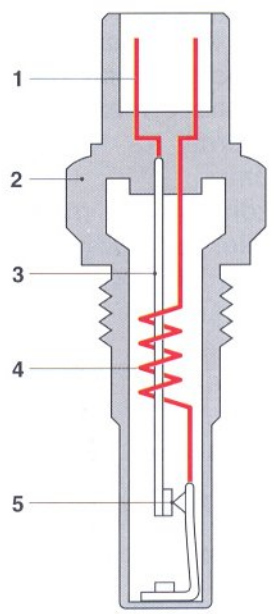
Ventil studeného startu (obrázek 22) je elektromagneticky ovládaný ventil. Ve ventilu je umístěno vinutí elektromagnetu. V klidové poloze tlačí pružina pohyblivé jádro elektromagnetu proti těsnění a uzavírá tak ventil.

Při vybuzení elektromagnetu je průtok paliva uvolněn jádrem magnetu, které se nyní nadzvedne ze sedla ventilu. Palivo proudí tangenciálně do trysky, která paprsek vytvaruje do dutého kužele. Tryska rozprašuje palivo zvláště jemně a obohacuje vzduch ve společném sacím potrubí za škrticí klapkou o palivo. Ventil studeného startu je do společného sacího potrubí zabudován

Obrázek 22: Otevřený ventil studeného startu
1 elektrické připojení, 2 přívod paliva s filtračním sítkem, 3 ventil (jádro magnetu), 4 vinutí elektromagnetu, 5 tryska s vírovou komůrkou, 6 sedlo ventilu



Obrázek 23: Teplotně-časový spínač
1 elektrické připojení, 2 těleso, 3 bimetal, 4 topné vinutí, 5 elektrický kontakt



tak, že poskytuje vhodné rozdělení směsi vzduchu a paliva ke všem válcům.

Teplotně-časový spínač

Teplotně-časový spínač omezuje dobu vstřiku ventilu studeného startu v závislosti na teplotě. Teplotně-časový spínač (obrázek 23) se skládá z elektricky vyhřívaného bimetalového pásku, který v závislosti na své teplotě rozpíná nebo spíná kontakt. Ovládání probíhá přes spínací skříňku. Teplotně-časový spínač je umístěn na místě, které reprezentuje teplotu motoru.

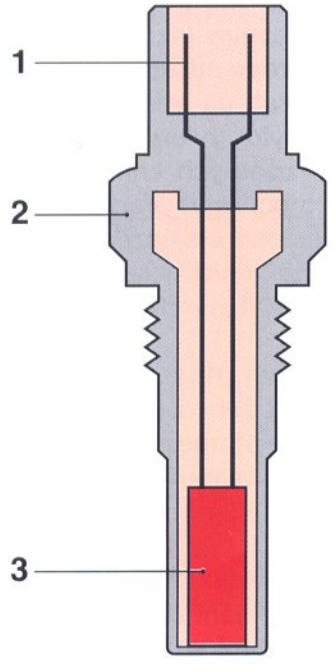
Při studeném startu omezuje teplotně-časový spínač dobu zapnutí ventilu studeného startu. Při déle trvajícím nebo opakovaném startování motoru již není palivo přes ventil studeného startu vstřikováno.

Doba zapnutí přitom závisí na zahřátí teplotně-časového spínače teplem od motoru a ve spínači se nacházejícím elektrickým vyhříváním. Toto vlastní vyhřívání je zapotřebí pro omezení doby zapnutí ventilu studeného startu, aby nedošlo k velkému obohacení směsi a následně k „zalití„ motoru.

U studeného startu je pro odměření doby zapnutí rozhodující hlavně výkon topného vinutí (vypnutí např. při –20 °C asi po 7,5 sekundách).

Pokud je motor zahřátý na provozní teplotu je teplotně-časový spínač zahřátý od tepla motoru natolik, že je stále otevřený a tak zabraňuje zapnutí ventilu studeného startu.

Obrázek 24: Snímač teploty motoru
1 elektrické připojení, 2 těleso, 3 NTC-rezistor



Obohacení po startu

Obohacení směsi dodatečným množstvím paliva zlepšuje za nízkých teplot chování motoru po startu.

Tato funkce je upravena tak, že je zaručen rozběh motoru při všech teplotách při minimalizaci množství paliva.

Obohacení po startu je teplotně a časově závislé; snižuje se z teplotně závislé počáteční hodnoty přibližně lineárně v závislosti na čase. Doba obohacení je proto na začátku zapnutí funkcí teploty.

Řídicí jednotka udržuje obohacení směsi (závislé na teplotě) asi 4,5 sekundy na jeho maximální hodnotě a pak je postupně snižuje, např. po startu při 20 °,C je fáze obohacování ukončena asi během 20 sekund.

Snímač teploty motoru

Snímač teploty motoru měří teplotu motoru a předává elektrický signál řídicí jednotce.

Snímač teploty motoru (obrázek 24) je u vzduchem chlazených motorů našroubován do bloku motoru. U vodou chlazených motorů zasahuje do chladicí kapaliny.

Snímač „hlásí“ řídicí jednotce elektrický odpor, který odpovídá příslušné teplotě. Řídicí jednotka pak přes hydraulický nastavovač tlaku upraví vstřikované množství paliva po startu a při zahřívání motoru. Snímač teploty je tvořen NTC-rezistorem, který je uložen v pouzdře se šroubovým závitem.

NTC znamená negativní teplotní koeficient (Negativer Temperatur-Coeffizient) a charakterizuje tak své vlastnosti: Rezistor vyrobený z polovodičového materiálu snižuje svůj elektrický odpor při stoupající teplotě.

Obohacení při zahřívání motoru

V průběhu zahřívání dostává motor, v závislosti na teplotě, zatížení a otáčkách, určité množství paliva navíc.
Snímač teploty změří teplotu motoru a nahlásí ji řídicí jednotce. Ta z ní vytvoří odpovídající řídicí proud pro elektrohydraulický nastavovač tlaku. Přitom se přizpůsobení složení směsi pomocí elektrohydraulického nastavovače tlaku provede tak, aby při všech teplotách proběhl bezchybný spalovací proces při co možná nejmenším obohacení.

Obohacení při zrychlení

Během zrychlení při nezahřátém motoru, odměřuje KE-Jetronic určité množství paliva navíc.
Pokud se rychle otevře škrticí klapka, ochudí se krátkodobě směs vzduchu a paliva. Aby bylo dosaženo vhodného chování v tomto přechodovém stavu, je nutné směs krátkodobě obohatit.
Řídicí jednotka u studeného motoru rozezná z časové změny signálu zatížení, jestli nastává požadavek na zrychlení a pak v tomto případě zapíná obohacení při zrychlení. Tím je odstraněna „díra„ při zrychlení. U studeného motoru je z důvodu méně dobré přípravy směsi a případného vyhřívaní sacího potrubí nutné dodatečné obohacení směsi.
Nejvyšší hodnota obohacení při zrychlení je funkcí teploty. Při zapnutí tohoto obohacení při zrychlení nastane jehlový obohacovací impuls s dobou trvání asi 1 sekunda. Míra obohacení je tím vyšší, čím studenější je motor; je také částečně závislá na časových změnách zatížení.
Rychlost přidání plynu je odvozena z pohybu měřicí klapky měřiče množství vzduchu, který je jen nepatrně zpožděný vůči pohybu škrticí klapky. Tento signál, který odpovídá časové změně nasávaného množství vzduchu a tedy přibližně výkonu motoru, získá potenciometr v měřiči množství vzduchu a pošle ho do elektronické řídicí jednotky, která odpovídajícím způsobem ovlivní nastavovač tlaku.
Charakteristika potenciometru není lineární. Díky tomu je signál zrychlení při pohybu z volnoběžné polohy největší; klesá se s rostoucím výkonem motoru. Tak lze snížit náročnost obvodů v elektronické řídicí jednotce.

Potenciometr měřicí klapky

Potenciometr v měřiči množství vzduchu (obrázek 25) je zkonstruován ve vícevrstvé technice na bázi keramiky.
Kartáčový jezdec klouže po dráze potenciometru. Kartáček se skládá z více jemných drátků, které jsou přiletovány na raménko. Jednotlivé drátky působí na odporovou dráhu jen malým tlakem, takže vnější opotřebení zůstává nízké. Díky většímu počtu drátků zaručuje jezdec dobrý elektrický kontakt také u drsného povrchu odporové dráhy i při velmi rychlých pohybech.
Raménko potenciometru je připevněno na ose páky měřicí klapky. Od osy je raménko elektricky odizolováno. Napětí jezdce snímá druhý kartáčový jezdec, který je s hlavním jezdcem elektricky propojen. Jezdec může přeběhnout celý měřicí rozsah na obě strany tak daleko, aby bylo vyloučeno jeho poškození při zpětných kmitech v sacím potrubí. Pro ochranu před poškozením zkratem, je v sérii s jezdcem zapojen neměnný elektrický rezistor, který je zhotoven také vícevrstvou technologií.

Obohacení při plném zatížení

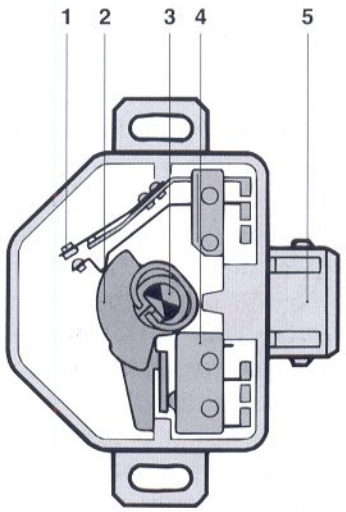
Při plném zatížení odevzdává motor největší točivý moment.
K tomu je, v porovnání s částečným zatížením, zapotřebí obohatit směs vzduchu a paliva.
Oproti částečnému zatížení, při kterém je důležité naladění na minimální spotřebu při dodržení emisních hodnot, je směs vzduchu a paliva při plném zatížení obohacena. Toto obohacení je naprogramováno v závislosti na otáč-

kách a umožňuje maximální točivý moment v celém rozsahu otáček. Tím je současně také umožněna optimalizace spotřeby při plném zatížení.
KE-Jetronic obohacuje při plném zatížení např. v otáčkovém rozsahu 1500...3000 min^{-1} a nad 4000 min^{-1}. Signál plného zatížení je získáván spínačem plného zatížení na škrticí klapce nebo mikrospínačem na táhlu plynu. Informace o otáčkách přichází ze zapalovací soustavy.
Elektronická řídicí jednotka z toho vypočítá množství paliva nutné k obohacení. Toto množství paliva navíc je dosaženo elektrohydraulickým nastavovačem tlaku.

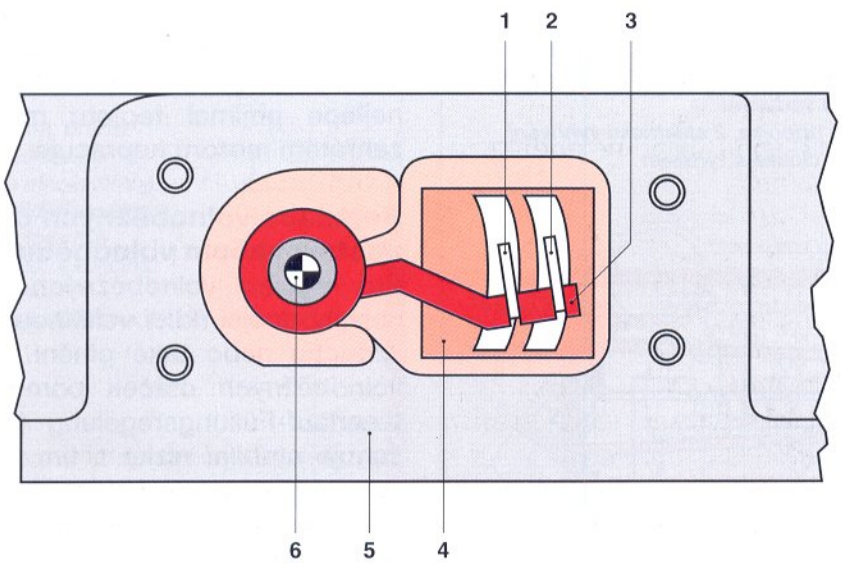
Spínač škrticí klapky

Spínač škrticí klapky hlásí řídicí jednotce polohu škrticí klapky „volnoběh„ a „plné zatížení„. Spínač škrticí klapky (obrázek 26) je uchycen na nátrubku škrticí klapky. Hřídel škrticí klapky, na které je škrticí klapka připevněna, ovládá spínač. V krajních polohách volnoběhu a plného zatížení je příslušný kontakt sepnut.

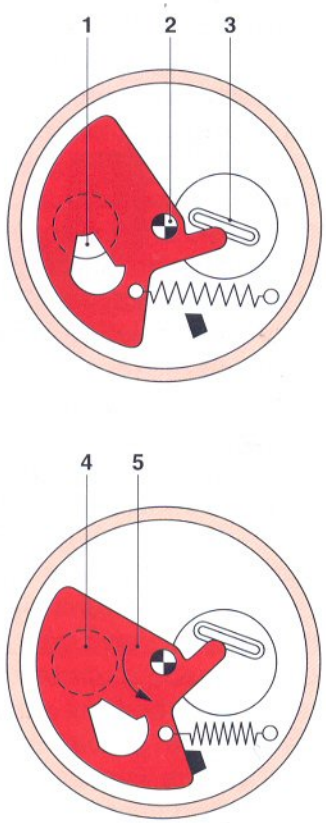
Obrázek 26: Spínač škrticí klapky
1 kontakt plného zatížení, 2 spínací kulisa, 3 hřídel škrticí klapky, 4 volnoběžný kontakt, 5 elektrická přípojka



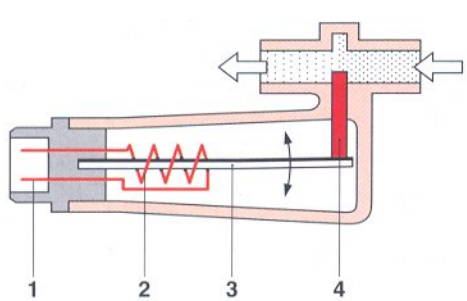
Obrázek 25: Potenciometr polohy měřicí klapky.
1 snímací kartáč, 2 hlavní kartáč, 3 raménko jezdce, 4 deska potenciometru, 5 těleso měřiče množství vzduchu, 6 otočná osa měřicí klapky



Obrázek 27: Šoupátko přídavného vzduchu (příčný řez)
1 výřez ve clonce, 2 otočný bod, 3 elektrické vyhřívání, 4 vzduchový kanál, 5 clonka s výřezem
Nahoře: Vzduchový kanál je částečně odkryt výřezem ve clonce.
Dole: Clonka uzavírá vzduchový kanál, protože motor dosáhl odpovídající provozní teploty.



Obrázek 28: Elektricky vyhřívané šoupátko přídavného vzduchu
1 elektrická přípojka, 2 elektrické vyhřívání, 3 bimetal, 4 clonka s výřezem



Řízení volnoběžných otáček šoupátkem přídavného vzduchu

Aby bylo dosaženo rovnoměrného volnoběhu u studeného motoru, jsou volnoběžné otáčky zvýšeny. Kromě toho je tím dosaženo rychlejšího ohřevu motoru. Šoupátko přídavného vzduchu, které je vřazeno do obtokového kanálu (bypass) okolo škrticí klapky, přivádí motoru přídavný vzduch v závislosti na teplotě motoru. Toto přídavné množství vzduchu je zohledněno při měření množství vzduchu a KE-Jetronic přidělí motoru více paliva. Přesnější přizpůsobení je dáno elektricky vyhřívaným šoupátkem přídavného vzduchu. Přitom je počáteční množství přídavného vzduchu určeno teplotou motoru a elektrické vyhřívání časově řídí snižování tohoto množství.

Šoupátko přídavného vzduchu

Clonka s výřezem řídí v šoupátku přídavného vzduchu (obrázek 27, 28 a 30), ovládaného bimetalem, průřez obtokového kanálu (bypass). Otevřený průřez této clonky je nastavován v závislosti na teplotě tak, že při startu studeného motoru je otevřen větší průřez, který se s rostoucí teplotou motoru stále zmenšuje a nakonec je úplně uzavřen. Bimetal je elektricky vyhřívaný a časem zmenšuje otevřený průřez šoupátka přídavného vzduchu z jeho počáteční hodnoty, která závisí na teplotě motoru. Místo montáže šoupátka přídavného vzduchu je zvoleno tak, aby co možná nejlépe přijímal teplotu motoru. Při zahřátém motoru nepracuje.

Regulace volnoběžných otáček nastavovačem volnoběhu

Pro regulaci volnoběžných otáček je nejvýhodnější řídicí veličinou množství vzduchu nebo také plnění. Regulace volnoběžných otáček pomocí plnění (Leerlauf-Füllungsregelung (LFR)) dosahuje stabilní nízké a tím z hlediska spotřeby úsporné volnoběžné otáčky, které se po dobu životnosti vozidla nemění.

Příliš vysoké volnoběžné otáčky zvyšují spotřebu paliva při volnoběhu a tím cel-

kovou spotřebu vozidla. Tento problém řeší regulace volnoběžných otáček, při kterém množství směsi odpovídá potřebnému množství pro udržování volnoběžných otáček při příslušném zatížení (např. studený motor a vysoké tření). Dále je dlouhodobě dosaženo konstantních hodnot emisí, bez seřizování volnoběhu. Regulace volnoběžných otáček také částečně kompenzuje změny motoru vyvolané stárnutím a zajišťuje tak stabilní volnoběh po celou dobu životnosti motoru (obrázek 29). Nastavovač volnoběhu otevírá obtokový kanál okolo škrticí klapky (bypass). Podle ovládání nastavovače se nastaví určitý otevřený průřez. Protože KE-Jetronic měří i toto přídavné množství vzduchu měřicí klapkou, odpovídá mu také vstřikované množství paliva. Regulace volnoběžných otáček účinně stabilizuje volnoběžné otáčky, protože v porovnání s běžnými systémy nastavujícími volnoběh používají porovnání předepsané a skutečné hodnoty a při jejich určitém rozdílu provádí korekční zásah.

Nastavovač volnoběhu

Nahrazuje šoupátko přídavného vzduchu a k regulaci volnoběžných otáček přibírá navíc i funkci šoupátka přídavného vzduchu. Nastavovač volnoběhu přiděluje motoru přes obtokový kanál okolo škrticí klapky více nebo méně vzduchu, podle odchylky okamžitých volnoběžných otáček od předepsaných otáček.

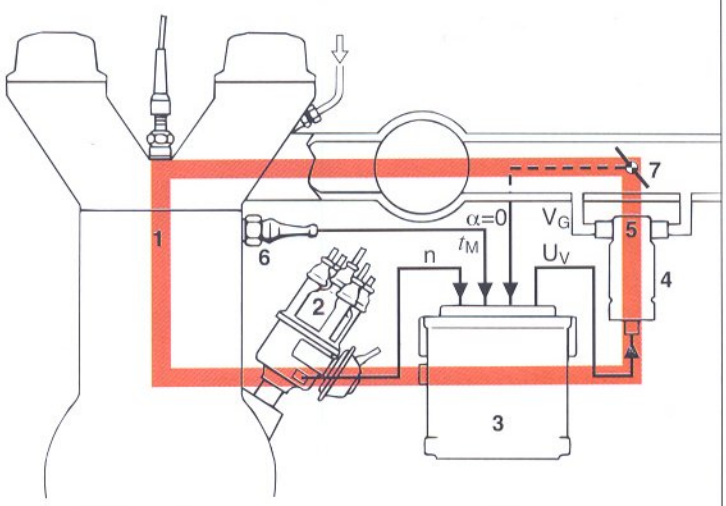
Elektronická řídicí jednotka systému KE-Jetronic vysílá nastavovači volnoběhu (obrázek 30 a 31), v závislosti na otáčkách a teplotě motoru, řídicí signál. Tím mění otočné šoupátko v nastavovači volnoběhu průřez obtokového kanálu.

Nastavovač volnoběhu má magnetický otočný pohon, tvořený cívkou a magnetickým obvodem a omezený rozsah natočení 60 stupňů. Otočné šoupátko upevněné na hřídeli kotvy, otevírá obtokový kanál natolik, že se předepsané volnoběžné otáčky nastaví nezávisle na zatížení motoru.

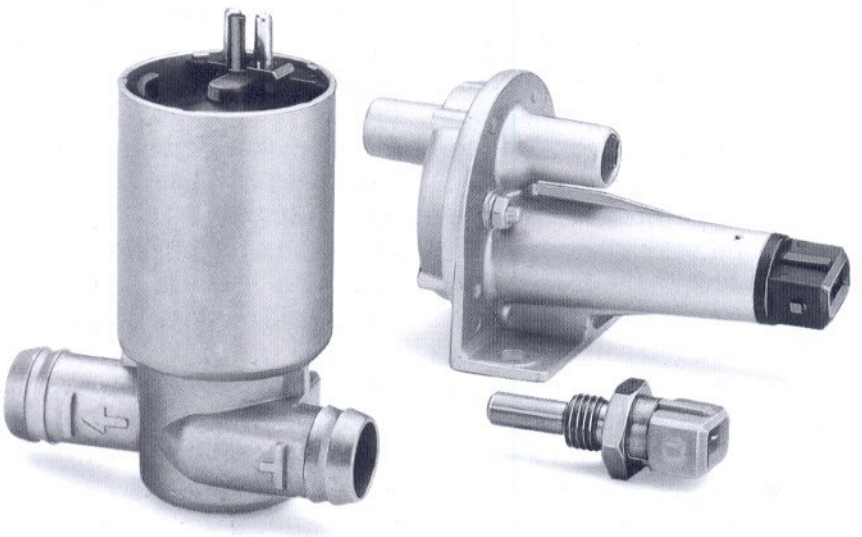
Regulační obvod v elektronické řídicí jednotce, která potřebné informace o skutečných otáčkách získává ze snímače otáček, porovnává skutečné otáčky s otáčkami předepsanými programem a pomocí ovládání nastavovače mění průtok vzduchu tak dlouho, dokud skutečné otáčky nesouhlasí s předepsanými.

Obrázek 29: Regulační okruh regulace volnoběžných otáček

1 regulovaná soustava: motor
2 regulovaná veličina: otáčky n
3 regulátor: řídicí jednotka (vysílá řídicí napětí U_V)
4 akční člen: nastavovač volnoběhu
5 akční veličina: průřez obtokového kanálu (nasávané množství V_G)
6 pomocná řídicí veličina: teplota motoru (t_M)
7 pomocná řídicí veličina: poloha škrticí klapky - volnoběh ($\alpha = 0$)



Obrázek 30: Nastavovač volnoběhu (vlevo) pro regulaci volnoběžných otáček a šoupátko přídavného vzduchu se snímačem teploty (vpravo) pro řízení volnoběhu.



Při zahřátém, nezatíženém motoru se velikost otevřeného průřezu přibližuje k dolní mezní hodnotě.

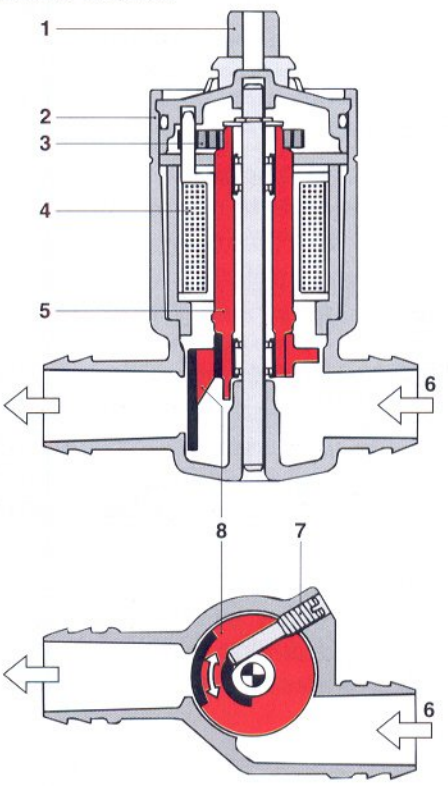
Další vstupní signály řídicí jednotky jako teplota motoru a poloha spínače škrticí klapky slouží k tomu, aby se vyloučilo chybné chování při nízkých teplotách a změnách otáček přidáním plynu.

Řídicí jednotka převádí otáčkové impulzy na napěťový signál a porovnává ho s napětím odpovídajícím předepsaným otáčkám. Z rozdílu těchto napětí vytváří řídicí jednotka ovládací signál pro nastavovač volnoběhu.

Vinutí cívky je ovládáno pulzy stejnosměrného proudu a působí na otočnou kotvu točivým momentem, který působí proti síle vratné pružiny. Podle velikosti proudu se nastaví určitý otevřený průřez.

V bezproudovém stavu, který může nastat např. při poruše vozidla, je otočné šoupátko působením síly vratné pružiny dotlačeno na seřiditelný doraz a uvolní nouzový průřez obtokového kanálu. Při maximální střídě (poměrném sepnutí) je průřez zcela otevřený.

Obrázek 31: Nastavovač volnoběhu (s jedním vinutím)
1 elektrické připojení, 2 těleso, 3 vratná pružina, 4 cívka, 5 otočná kotva, 6 vzduchový kanál obtoku okolo škrticí klapky, 7 seřiditelný doraz, 8 otočné šoupátko



Doplňkové funkce

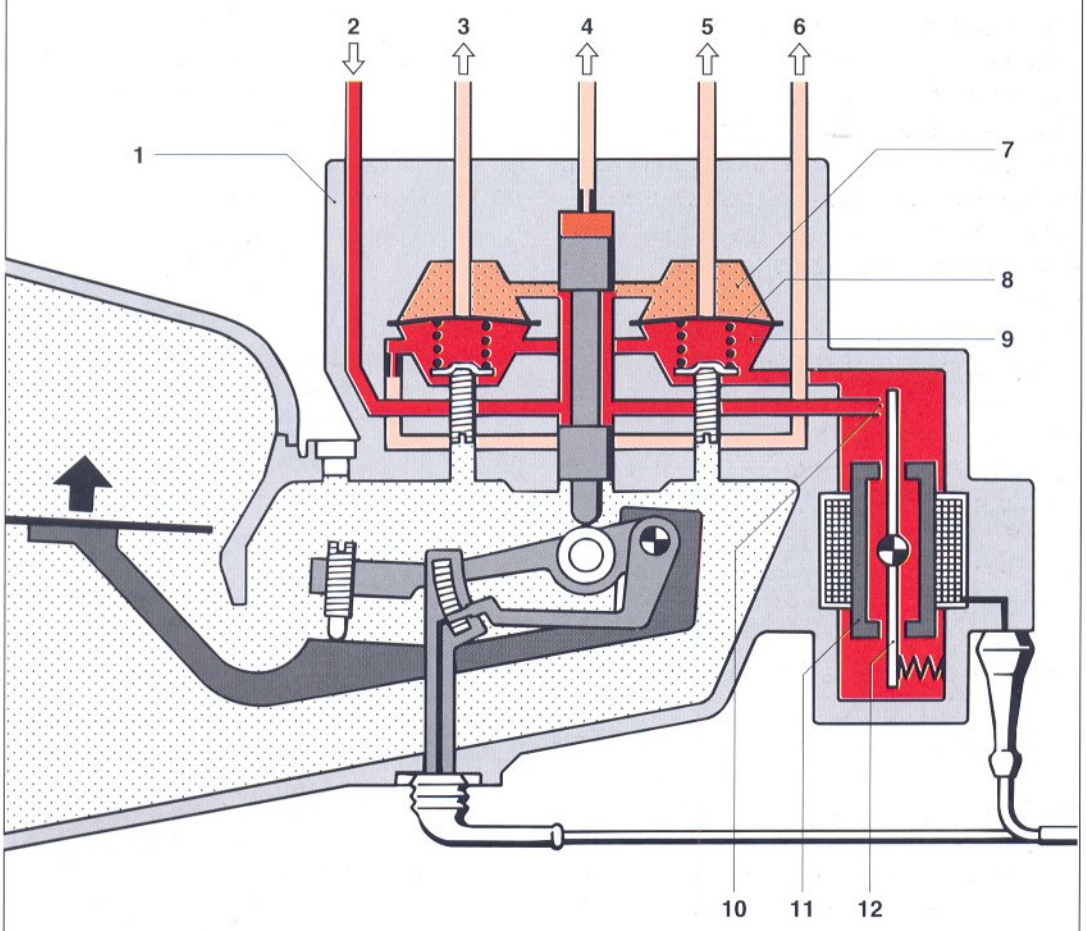
Přerušení dodávky paliva při deceleraci

Přerušením dodávky paliva při deceleraci se rozumí úplné přerušení přívodu paliva do motoru při brzdění vozidla motorem, snižující při jízdě z kopce a brzdění (také při městském provozu) spotřebu paliva a emise výfukových plynů. Protože nedochází ke spalování paliva, nevznikají žádné škodlivé látky ve výfukových plynech.

Pokud řidič při jízdě uvolní nohu z plynového pedálu, vrátí se škrticí klapka zpět do své základní polohy. Spínač škrticí klapky nahlásí řídicí jednotce „zavřenou„ škrticí klapku. Současně obdrží řídicí jednotka informaci o otáčkách motoru ze zapalovací soustavy. Pokud leží hodnota skutečných otáček v pracovním rozsahu „přerušení dodávky při deceleraci„ (nad volnoběžnými otáčkami), pak otočí řídicí jednotka směr toku proudu v elektrohydraulickém nastavovači tlaku. Tlakový spád na nastavovači je pak téměř nulový. V rozdělovači množství paliva nyní pružiny v dolních komorách ventilů diferenčního tlaku stlačují tyto ventily (obrázek 32) a uzavírají tak přívod paliva ke vstřikovacím ventilům.

Přerušení dodávky paliva při deceleraci, které díky kontinuálnímu vstřikování pracuje bez zacukání vozidla, začíná působit v závislosti na teplotě chladící kapaliny. Aby se zabránilo neustálému zapínání a vypínání při urči-

Obrázek 32: Rozdělovač množství paliva při přerušení dodávky paliva při deceleraci
1 rozdělovač množství paliva, 2 přívod paliva, 3 a 5 přívod paliva ke vstřikovacím ventilům, 4 k ventilu studeného startu, 6 k regulátoru systémového tlaku, 7 horní komora, 8 membrána (uzavírá 3 a 5 přívod paliva ke vstřikovacím ventilům), 9 dolní komora, 10 tryska, 11 pól magnetu, 12 pružná deska



tých otáčkách, je spínací bod stanoven různě podle směru změny otáček. Pro zahřátý motor leží spínací práh co možná nejníže, aby bylo ušetřeno co nejvíce paliva. Za nízkých teplot chladící kapaliny roste hodnota spínacích otáček, aby studený motor ani při rychlém odpojení nezhasl (obrázek 33).

Omezení otáček

Omezení otáček uzavírá přívod paliva ke vstřikovacím ventilům po dosažení maximálně dovolených otáček motoru. U dosud běžných systémů omezujících otáčky a chránících tak motor před přetočením, vypíná palec rozdělovače vybavený omezovačem otáček při dosažení pevně stanovených nejvyšších otáček krátkodobě zapalování.

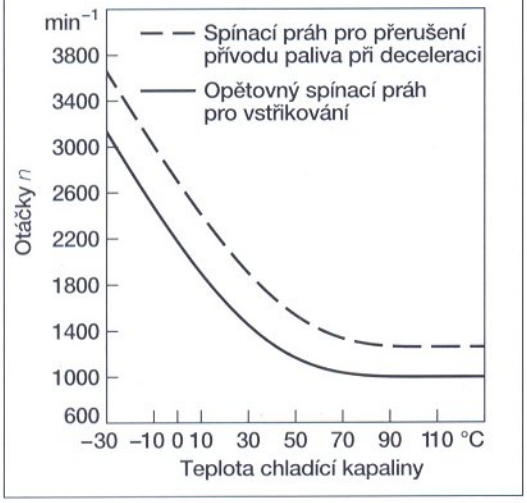
Tato metoda dnes z důvodu emisí a úspory paliva ustoupila do pozadí před elektronickým omezením otáček vypínáním přívodu paliva. Otočením směru toku proudu v elektrohydraulickém nastavovači volnoběhu se vzdálí pružná deska od trysky. Rozdíl tlaků se blíží k nule a membrány ve ventilech diferenčního tlaku uzavírají přívod paliva ke vstřikovacím ventilům. Nastává stejný průběh jako při přerušení paliva při deceleraci. Elektronická řídicí jednotka, která porovnává skutečné otáčky s naprogramovanými maximálními otáčkami n_0, vypíná vstřikování paliva při překročení maximálních otáček. Nastaví se otáčkový rozsah 80 otáček za minutu okolo nejvyšších otáček (obrázek 34). Elektronicky řízené omezení otáček chrání motor před přetočením a současně omezuje spotřebu paliva a emise výfukových plynů.

Přizpůsobení směsi ve vyšších polohách

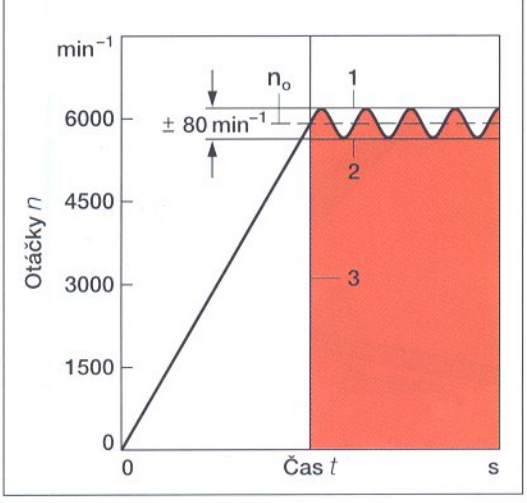
S rostoucí nadmořskou výškou (např. při jízdě v horách) klesá hustota vzduchu. To znamená, že množství vzduchu nasátého motorem ve vyšších polohách má menší hmotnost než v nížinách. Tuto odchylku umí KE-Jetronic (obrázek 35) v závislosti na typu vybavení kompenzovat tím, že koriguje množství paliva. Tím lze zabránit nadměrnému obohacení, které by vedlo k vyšší spotřebě paliva.

Korekturu na nadmořskou výšku provádí snímač, který měří tlak vzduchu. Podle momentálně panujícího tlaku vzduchu předá snímač signál řídicí jednotce, která podle něj změní proud nastavovače tlaku a tím přes tlak v dolních komorách i diferenci tlaku na řídicích drážkách (a tím i množství paliva). Je možná i kontinuální změna vstřikovaného množství při měnícím se tlaku vzduchu.

Obrázek 33: Minimální otáčky přerušení přívodu paliva při deceleraci, v závislosti na teplotě chladící kapaliny.



Obrázek 34: Omezení maximálních otáček n_0 přerušením přívodu paliva
1 vstřikování „vypnuto", 2 vstřikování „zapnuto", 3 omezení otáček „zapnuto"

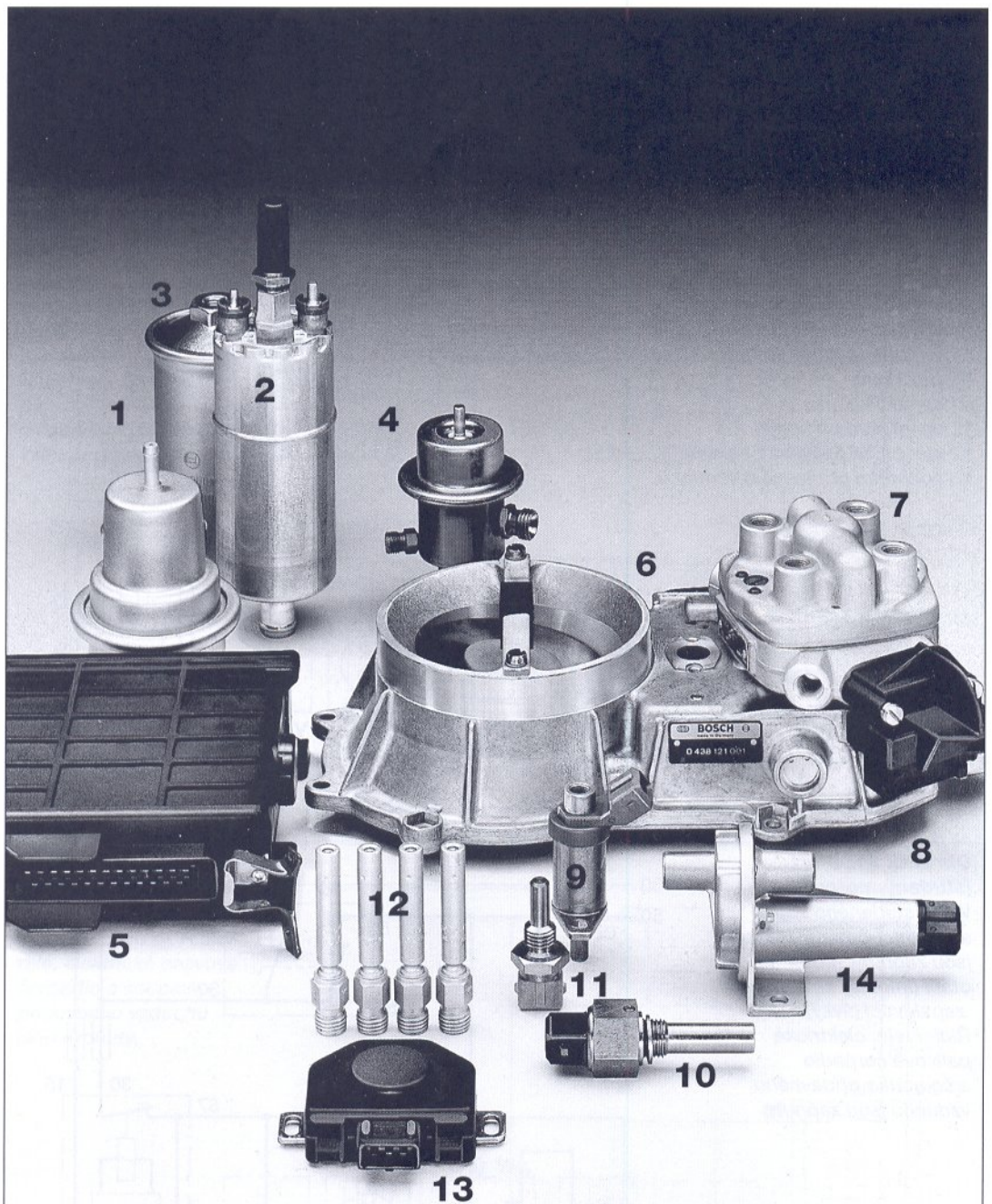


Lambda-regulace

Pomocí lambda-regulace lze součinitel přebytku vzduchu udržovat velmi přesně na hodnotě $\lambda = 1$.

Lambda-regulace je funkce o kterou je v zásadě možné doplnit každý elektronicky ovlivnitelný systém řízení směsi.

Lambda-regulace se nabízí zejména také ve spojení se systémem KE-Jetronic. Signál z lambda-sondy je zpracován v řídicí jednotce vstřikovacího systému a potřebný regulační zásah upravující dodávku paliva probíhá přes nastavovač tlaku.



Obrázek 35: Díly systému KE-Jetronic

1 zásobník paliva, 2 elektrické palivové čerpadlo, 3 palivový filtr, 4 regulátor tlaku, 5 elektronická řídicí jednotka, 6 měřič množství vzduchu, 7 rozdělovač paliva, 8 elektrohydraulický nastavovač tlaku, 9 ventil studeného startu, 10 teplotně-časový spínač, 11 snímač teploty motoru, 12 vstřikovací ventily, 13 spínač škrtící klapky, 14 šoupátko přídavného vzduchu

Elektrická schémata

Pokud při zapnutém zapalování motor zhasne, vypíná bezpečnostní zapojení elektrické palivové čerpadlo.
Systém KE-Jetronic používá elektrické komponenty jako elektrické palivové čerpadlo, šoupátko přídavného vzduchu, ventil studeného startu a teplotně-časový spínač. Ovládání těchto komponentů probíhá přes řídicí relé, které je spínáno spínací skříňkou.

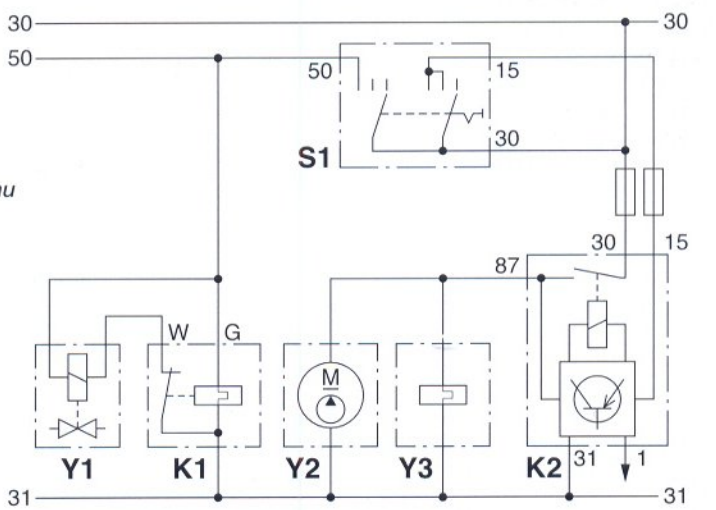
Kromě spínacích funkcí má řídicí relé také funkci bezpečnostní. Dále je popsána jedna z nejčastěji používaných variant zapojení.

Funkce

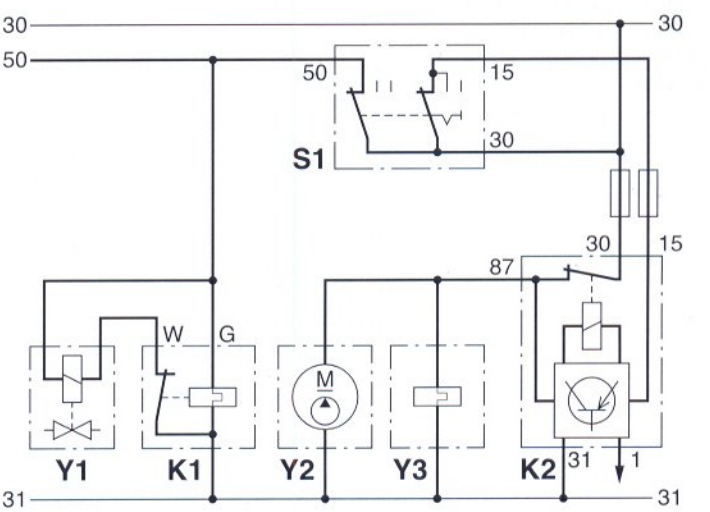
Při startu studeného motoru je přes spínací skříňku přivedeno napětí přes svorku 50 na ventil studeného startu a teplotně-časový spínač (obrázek 36 a 37). Pokud trvá startování déle než asi 8 až 15 sekund, vypne teplotně-časový spínač ventil studeného startu, aby nedošlo k „zalití" motoru. Teplotně-časový spínač plní v tomto případě funkci časového spínače.

Pokud je teplota motoru při startu vyšší než asi +35 °C, je spojení k ventilu studeného startu přerušeno a ventil studeného startu nevstřikuje navíc palivo. Teplotně-časový spínač v tomto přípa-

Obrázek 36: Klidová poloha (bez řídicí jednotky)
K1 teplotně-časový spínač
K2 řídicí relé
S1 spínací skříňka
Y1 ventil studeného startu
Y2 elektrické palivové čerpadlo
Y3 šoupátko přídavného vzduchu



Obrázek 37: Start (studený motor)
Ventil studeného startu a teplotně-časový spínač jsou zapnuty. Motor se otáčí (impulzy ze svorky 1 zapalovací cívky). Řídicí relé, elektrické palivové čerpadlo a šoupátko přídavného vzduchu jsou zapnuty.

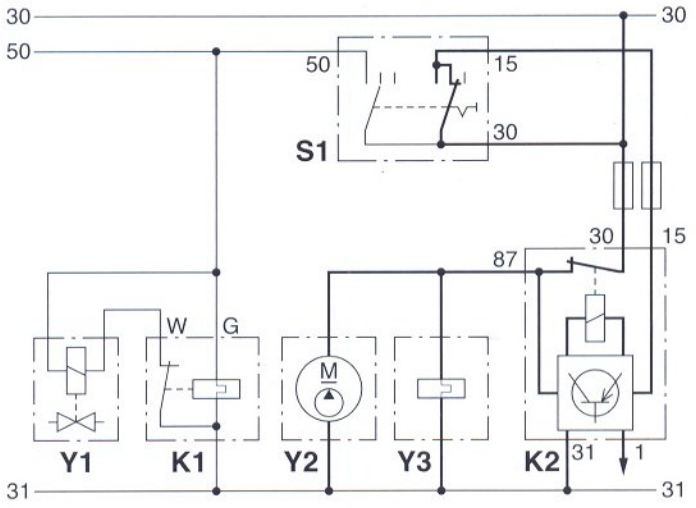


dě plní funkci teplotního spínače. Dále je napětí přes spínací skříňku při startu přiváděno na řídicí relé, které je zapnuto jakmile motor běží. Postačují k tomu otáčky, kterými startér protáčí motorem. Jako znamení o tom, že motor běží, slouží impulzy ze svorky 1 zapalovací cívky.

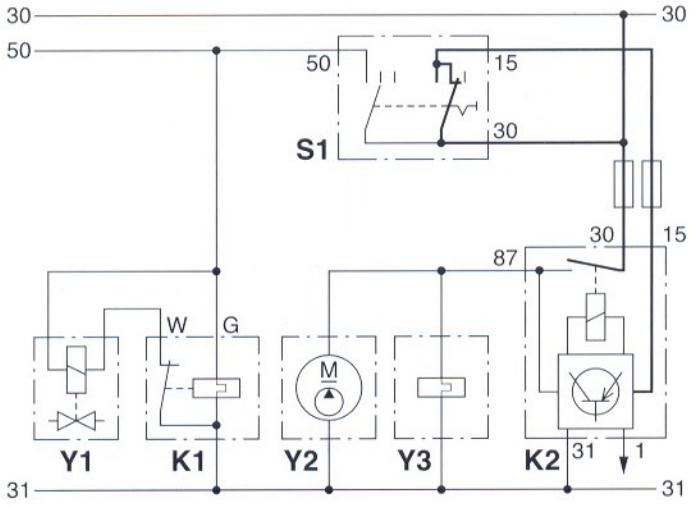
Tyto impulzy vyhodnocuje elektronický obvod v řídicím relé. Po prvním impulzu spíná řídicí relé a přivádí napětí na elektrické palivové čerpadlo a šoupátko přídavného vzduchu. Řídicí relé zůstává sepnuto pokud je zapnuta spínací skříňka a motor běží (obrázek 38).

Pokud se nedostaví impulzy ze svorky 1 zapalovací cívky, protože se motor zastavil (například při nehodě), pak se řídicí relé asi 1 sekundu po posledním impulzu rozepne. Toto bezpečnostní zapojení zabraňuje tomu, aby elektrické palivové čerpadlo při stojícím motoru a zapnutém zapalování čerpalo palivo (obrázek 39).

Obrázek 38: Provoz.
Zapalování zapnuto, motor běží. Řídicí relé, elektrické palivové čerpadlo a šoupátko přídavného vzduchu jsou zapnuty.



Obrázek 39: Zapalování zapnuto, motor neběží
Bez impulzů ze svorky 1 zapalovací cívky. Řídicí relé, elektrické palivové čerpadlo a šoupátko přídavného vzduchu jsou vypnuty.



Diagnostická technika

Servis Bosch

Kvalita výrobku je měřena také kvalitou servisních služeb. Ve 125 zemích světa existuje více než 10 000 servisů firmy Bosch-neutrálně a bez spojení se značkou výrobce vozidel. Dokonce i v řídce osídlených zemích Afriky a Jižní Ameriky můžete počítat s rychlou pomocí. A také zde jsou stejné kvalitativní standardy jako v Německu. Samozřejmě se rozumí, že záruka na servisní výkony platí v celém světě.
Agregáty a systémy firmy Bosch jsou svými charakteristikami a výkonovými parametry určeny přesně pro příslušné vozidlo a k vozidlu příslušejícímu motoru. Aby mohly být prováděny potřebné testy, vyvíjí firma Bosch odpovídající automobilovou diagnostiku a speciální přípravky, kterými vybavuje servisní střediska.

Diagnostika pro KE-Jetronic

Vstřikování benzínu KE-Jetronic nevyžaduje, s vyjímkou periodické výměny palivového filtru v intervalech dle předpisu výrobce vozidla, žádnou údržbu.
Při závadách systému může odborně vyškolený pracovník využít zejména následující diagnostickou techniku:

- zkoušečka vstřikovacích ventilů
- zařízení pro porovnání množství paliva
- přípravek pro měření tlaků
- tester lambda-regulace (jen u systémů s lambda-regulací)
- univerzální zkušební adaptér
- přesný multimetr

Obrázek 1: Zkoušečka vstřikovacích ventilů

Tato diagnostická technika je jednotná na celém světě. Je k dispozici ve většině servisů výrobců vozidel a servisních středisek firmy Bosch, spolu s vícejazyčnými zkušebními postupy a zkušebními hodnotami. Bez tohoto vybavení není možné cílevědomé a cenově výhodné vyhledávání závad ani odborná oprava. Majitel vozidla by se proto sám neměl pokoušet o opravu.

Zkoušečka vstřikovacích ventilů

Zkoušečka vstřikovacích ventilů (obrázek 1) byla vyvinuta speciálně pro přezkoušení vymontovaných vstřikovacích ventilů systémů K- a KE-Jetronic. Zkoušeny jsou všechny důležité funkce vstřikovacího ventilu, které jsou zapotřebí pro optimální běh motoru:

- otvírací tlak
- těsnost
- tvar paprsku a
- vrzání

Ventily, jejichž otvírací tlak leží mimo tolerance, budou vyměněny. U zkoušky těsnosti je tlak pomalu zvyšován až 0,5 baru pod otvírací tlak. Dosažený tlak se udržuje 60 s. Po tuto dobu se nesmí na ventilu vytvořit kapička. Při zkoušce tvaru paprsku a vrzání musí ventil vydávat vrzavý zvuk bez toho, aby se vytvořila kapička. Nesmí vzniknout ani jeden šňůrovitý paprsek nebo celý pramen těchto paprsků. U dobrých vstřikovacích ventilů je tvar paprsku tvořen rozprášeným palivem.

Zařízení pro porovnání množství paliva

Porovnávacím měřením je při nevymontovaném rozdělovači množství přezkoušeno, jaké rozdíly ve vstřikovaném množství mají vůči sobě jednotlivé výstupy (pro všechny motory až do 8 válců). Pokud bude zkouška provedena s originálními vstřikovacími ventily, lze současně zjistit jestli odchylka pochází

z rozdělovače množství nebo ze vstřikovacích ventilů.
Malé odměřovací válce slouží pro měření ve volnoběhu, větší pro měření v částečném a plném zatížení.
Spojení mezi vstřikovacími ventily, které musí být vytaženy ze svých úchytů na motoru, a zařízením pro porovnání množství paliva tvoří osm hadicových vedení s automatickými spojkami. V každé automatické spojce se nachází narážecí ventil, aby nedošlo u nepoužívaných vedení k úniku paliva (např. u motorů se šesti válci, obrázek 2).
Dalším hadicovým vedením je palivo odváděno zpět do palivové nádrže.

Přípravek pro měření tlaků
Pomocí přípravku pro měření tlaků lze změřit všechny tlaky, které jsou důležité pro funkci systému KE-Jetronic.

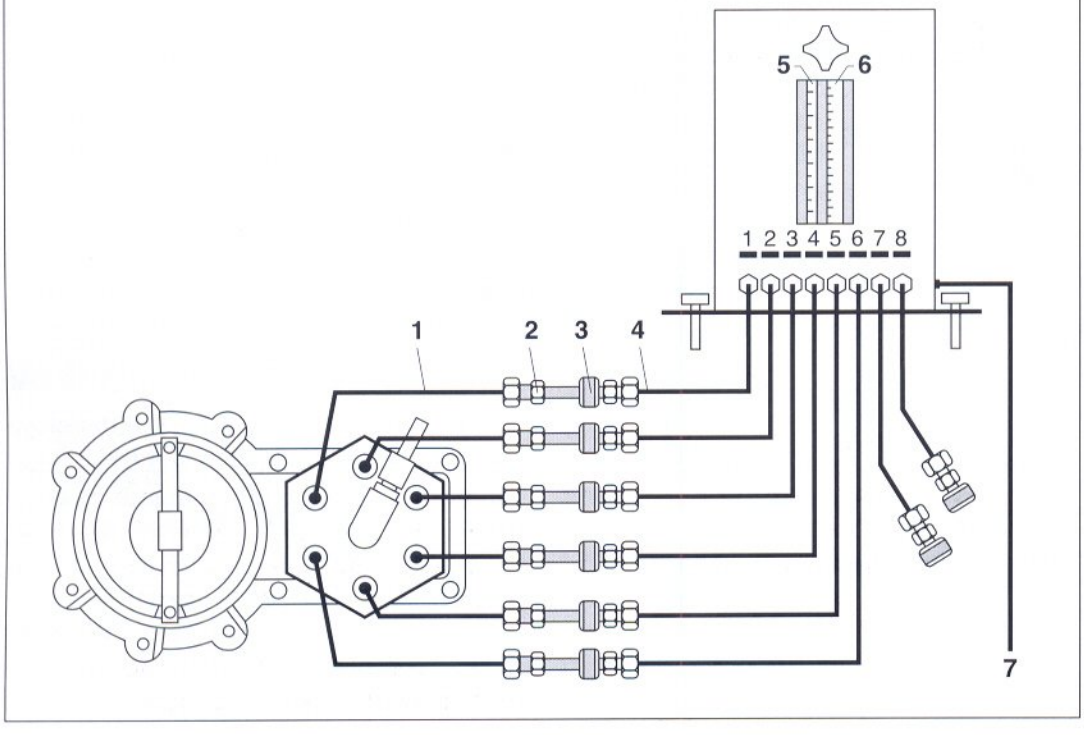
- Systémový tlak: vypovídá o výkonu dopravního čerpadla, propustnosti filtrů a stavu regulátoru systémového tlaku.
- Řídicí tlak: je důležitý pro posouzení všech provozních stavů (například studený/teplý motor, částečné/plné zatížení, funkce obohacení).
- Těsnost celého systému: je důležitá zejména pro chování při startu studeného a teplého motoru.

Automatické spojky na hadicových vedeních zabraňují úniku paliva.

Tester lambda-regulace
Toto diagnostické zařízení je vhodné pro systémy KE-Jetronic s lambda-regulací, pro měření proudu nastavovače tlaku, signálu lambda sondy (včetně simulace „bohatá“/„chudá“) a k funkcím „řízení-regulace“.
Pro připojení na vedení sondy a nastavovač tlaku u různých modelů vozidel slouží speciální adaptérová vedení. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny analogově.

Přesný multimetr
Je nutný k měření proudů nastavovače tlaku ve všech provozních stavech a slouží k měření napětí a odporu na různých komponentech (např. potenciometru měřiče množství vzduchu).

Obrázek 2: Zařízení pro porovnání množství paliva (připojení 6-válcové soustavy).
1 vstřikovací vedení rozdělovače množství; 2 vstřikovací ventily; 3 automatické spojky; 4 hadicová vedení měřicího zařízení; 5 malé odměrné válce; 6 velké odměrné válce; 7 zpětné hadicové vedení k palivové nádrži

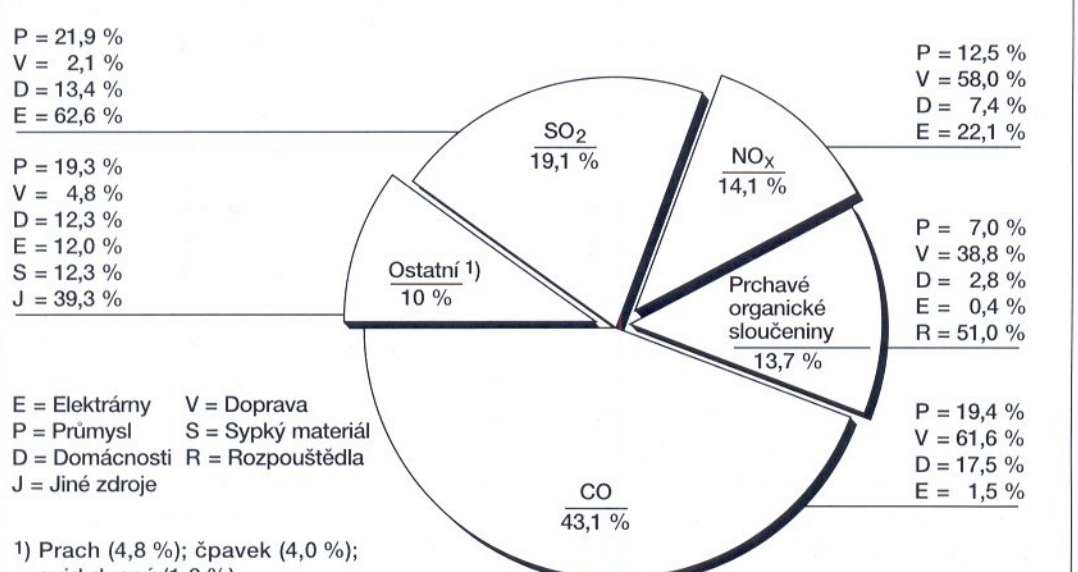


Výfukové plyny

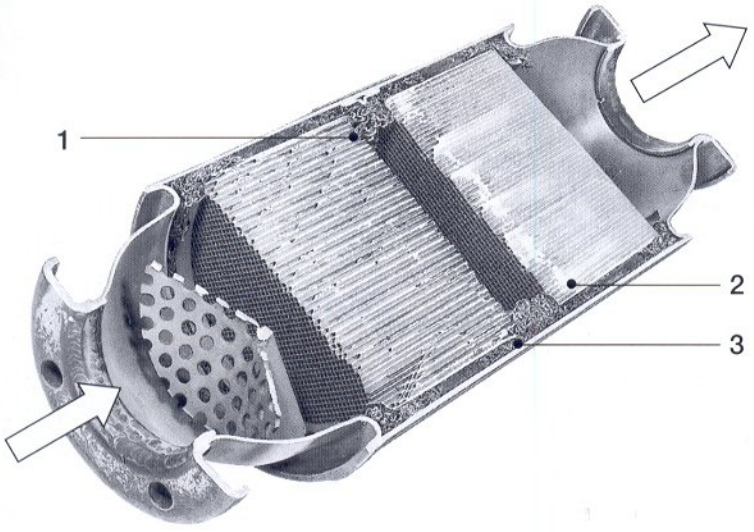
Složení výfukových plynů

Neexistuje dokonalé spalování paliva ve válcích motoru, a to ani tehdy, pokud je přebytek vzdušného kyslíku. Čím je spalování nedokonalejší, tím větší je obsah škodlivých látek ve výfukových plynech motoru. Aby se snížilo zatížení životního prostředí, je nutno snížit obsah škodlivých látek ve výfukových plynech zážehových motorů, například pomocí katalyzátoru (obrázek 1 a 2).
Všechna opatření k redukci emisí škodlivých látek podle různých zákonných norem směřují k tomu, aby s co možná nejmenší spotřebou paliva bylo dosaženo vysokých jízdních výkonů, příznivých jízdních vlastností a minimum emisí škodlivých látek. Výfukové plyny zážehového motoru obsahují kromě vysokého procentuálního podílu neškodlivých hlavních složek také vedlejší složky, které zejména ve vyšších koncentracích škodí životnímu prostředí. Podíl škodlivých složek tvoří asi jedno procento výfukových plynů a je tvořen oxidem uhelnatým (CO), oxidy dusíku (NO_x) a uhlovodíky (HC). Zvláštní pozornost si zaslouží zejména protichůdné závislosti koncentrací (CO a HC na straně jedné a NO_x na straně druhé) na poměru vzduch-palivo.

Obrázek 1: Emise v Německu 1994 (v hmotnostních %).
Bez zohlednění přírodních emisí a emisí CO_2 dle 6. zprávy spolkové vlády o ochraně emisí z 11.6.1996.
Celkové množství emisí 1990: 24,9 Mt, 1994: 15,65 Mt.
Množství emisí oxidu uhličitého (CO_2) se oproti roku 1990 snížilo o 113 Mt na 901 Mt (Megatun).



Obrázek 2: Katalyzátor snižující obsah škodlivých látek CO, HC a NO_x.
1 keramický materiál potažený katalyticky aktivními látkami, 2 ocelová vlna sloužící jako držák, 3 těleso



Hlavní složky

Hlavními složkami výfukových plynů jsou dusík, oxid uhličitý a vodní páry. Jsou nejedovaté.

Dusík (N_2), který tvoří hlavní složku vzduchu se neúčastní hoření a představuje s asi 71% také nejvyšší podíl ve spalinách. Dusík ale v malém množství reaguje s kyslíkem a tak vznikají oxidy dusíku.

Z uhlíku, chemicky vázaného v palivu vzniká při dokonalém spalování oxid uhličitý (CO_2) s asi 14% podílem ve spalinách. Vodík chemicky vázaný v palivu shoří na vodní páry (H_2O), jejichž největší část při ochlazení zkondenzuje (za chladných dnů lze u koncovky výfuku vidět oblak vodní páry).

Vedlejší složky

Vedlejší složky oxid uhelnatý, uhlovodíky a částečně oxidující uhlovodíky vznikají důsledkem nedokonalého spalování, během něhož vznikají také oxidy dusíku jako důsledek vedlejších reakcí se vzduchem u všech spalovacích procesů.

Oxid uhelnatý (CO) je plyn bez barvy a bez zápachu. Snižuje schopnost krve pohlcovat kyslík a tím způsobuje otravu těla. Proto nesmí motor v uzavřené místnosti běžet bez připojeného a zapnutého odsávacího zařízení.

Uhlovodíky jsou zbytky nespálených částic paliva, nebo nově vznikají z různých složek výfukových plynů. Alifatické uhlovodíky s nízkým bodem varu jsou bez zápachu. Cyklické aromatické uhlovodíky (benzol, toluol, polycyklické uhlovodíky) jsou cítit. Při dlouhodobém působení mají rakovinotvorné účinky.

Částečně oxidující uhlovodíky (aldehydy, ketony apod.) mají nepříjemný zápach a působením slunečního záření vytvářejí produkty, které při dlouhodobém působení určitých koncentrací mají rakovinotvorné účinky.

Jako NO_x je označována směs oxidů dusíku (zejména NO a NO_2), která vzniká za vysokých teplot ze vzdušného dusíku a kyslíku.

NO je plyn bez barvy a bez zápachu a ve vzduchu se mění pomalu na NO_2. NO_2 je v čisté formě červenohnědý, bodavě zapáchající, jedovatý plyn. Při koncentracích ve kterých se vyskytuje ve výfukových plynech a v silně znečištěném vzduchu může NO_2 způsobit poleptání sliznic.

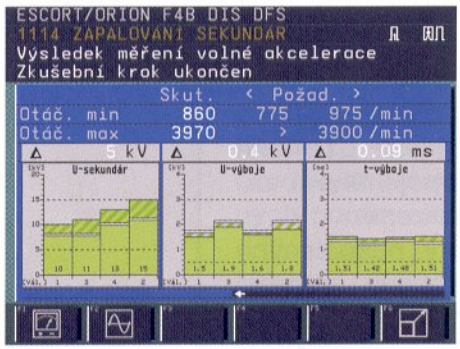
Systémová analýza vozidla FSA 560

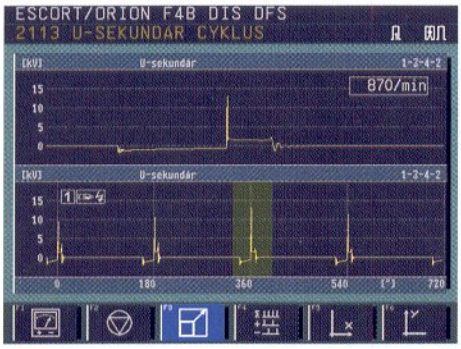
S modulárním systémem do budoucnosti

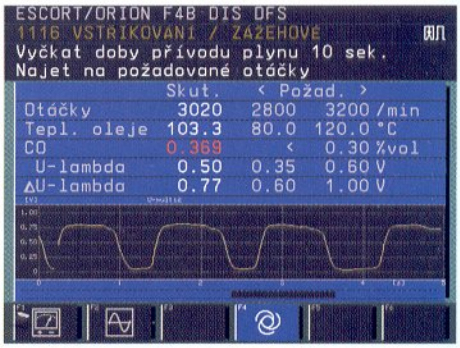
Pro vyhledávání závad a diagnostiku:

- zážehových a vznětových motorů až do 12 válců
- zapalovacích systémů (kontaktní, bezkontaktní, plně elektronické, bezrozdělovačové s jedno- nebo dvou-vývodovými cívkami)
- systémů přípravy směsi (karburátory, mechanické a elektronické vstřikovací systémy)
- řídicích systémů motoru
- elektronických systémů převodovek
- elektronických vstřikování vznětových motorů
- elektronických systémů bezpečnosti a komfortu

Vnější diagnostika - kompletní test motoru pomocí externě připojených snímačů





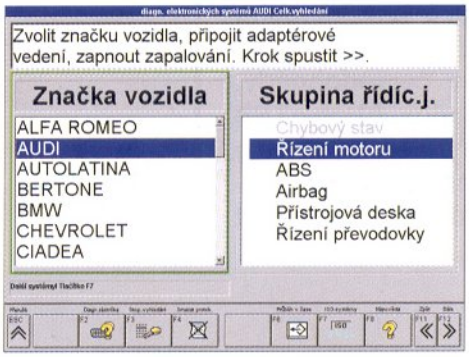


- standardní testy s možností porovnání naměřených a předepsaných veličin
- analýza motoru s nápovědou příčiny diagnostikované závady
- multimetr
- analýza napěťových a proudových signálů
- diagnostické měření emisí
- symptom, diagnostika pomocí příznaků
- dvoukanálový osciloskop s 8 sekundovou pamětí, pracující v reálném čase
- charakteristiky, plynulý záznam měřených veličin v závislosti na otáčkách nebo čase

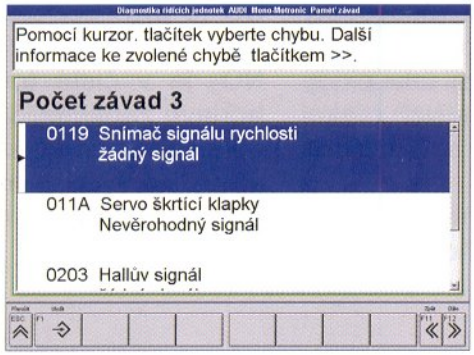
Vnitřní diagnostika* (KTS-karta)

Test elektronických systémů (řízení motoru, převodovky, ABS/ASR, airbag, nulování servisních intervalů....) pomocí komunikace s řídicí jednotkou:

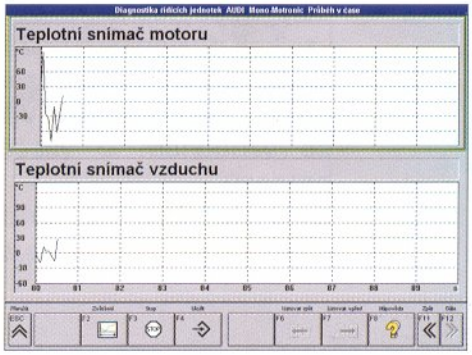
- zobrazení polohy a zapojení diagnostické zásuvky
- vyčtení paměti závad
- vymazání paměti závad
- skutečné hodnoty (možnost zobrazení a záznamu až 4 hodnot současně)
- test akčních členů
- základní nastavení



Volba vozidla



Vyčtení paměti závad



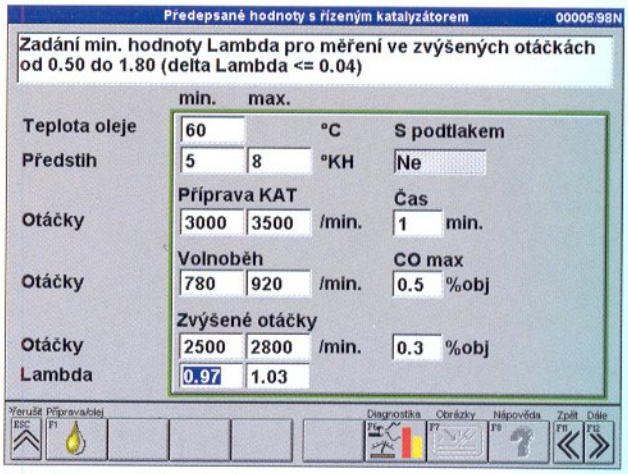
Průběh zvolené hodnoty v čase

Úřední měření emisí* (ESA)

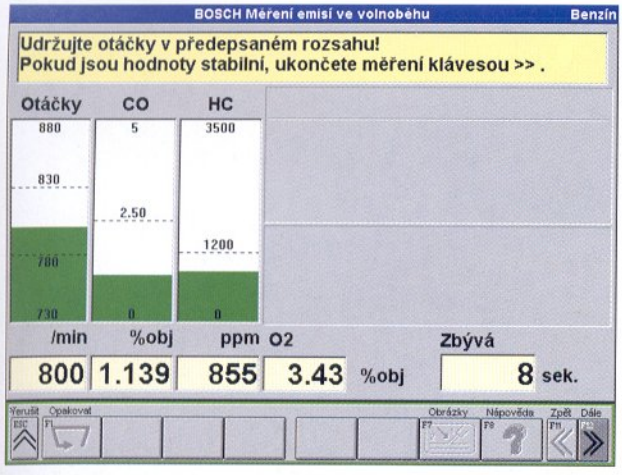
- zážehových motorů, modul analyzátoru výfukových plynů ETT 8.71 (benzin, LPG, CNG, metanol)
- vznětových motorů, modul opacimetru RTM 430

Počítačem řízené měření emisí obsahující vše potřebné k měření emisí:

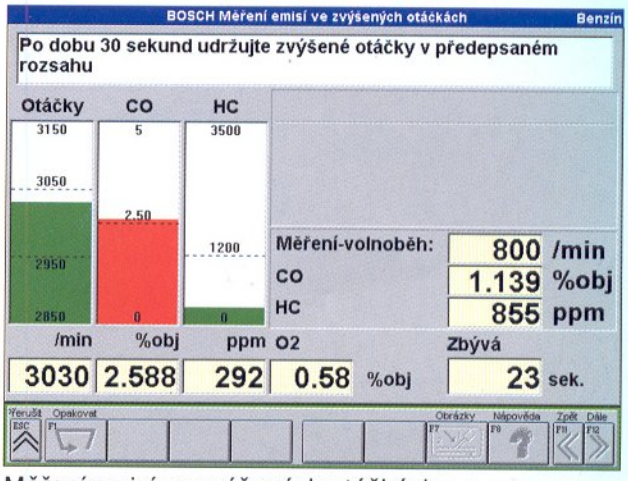
- databanku předepsaných hodnot emisí
- databanku uživatele (s možností doplnění vlastních předepsaných hodnot)
- databanku zákazníků (umožňuje uchování naměřených hodnot)
- program pro automatické zpracování výsledků měření (evidence známek a osvědčení, zpracování hlášení pro ÚVMV, ÚSMD a DI)
- výtisky A4 obsahující veškeré údaje vyžadované českou legislativou



Předepsané hodnoty



Měření emisí ve volnoběhu

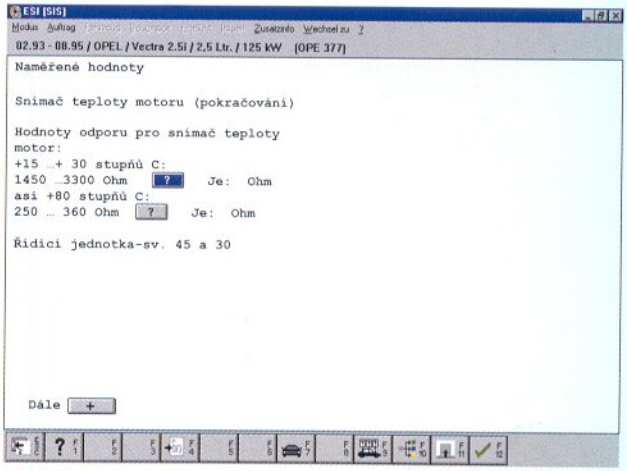


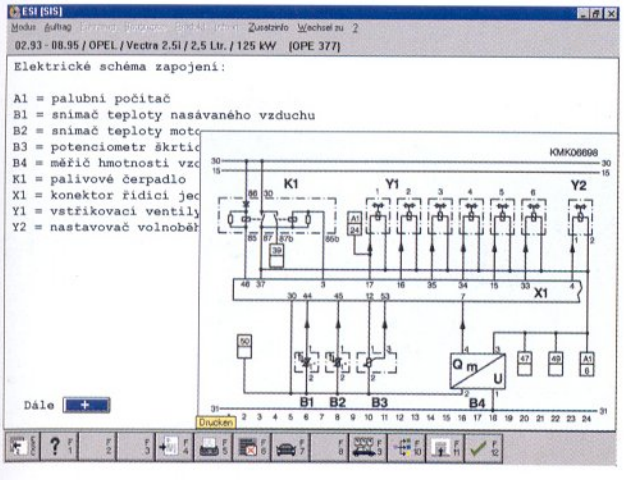
Měření emisí ve zvýšených otáčkách

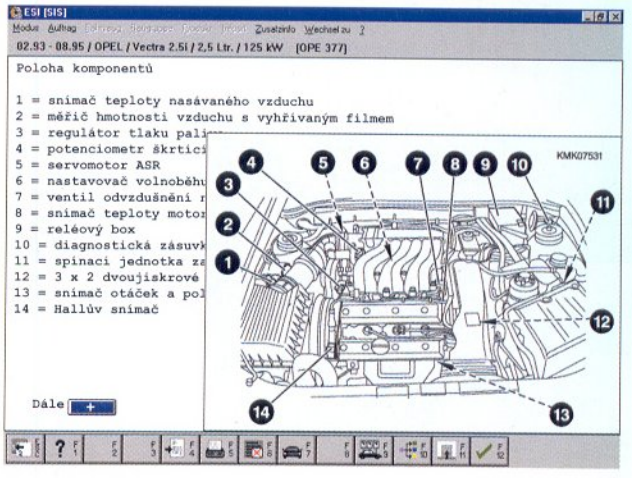
Informační systém* - obsahuje

- **technické informace o elektronických systémech**
  - příznaky závad
  - postupy oprav
  - návod pro komunikaci s řídicí jednotkou
  - význam chybových kódů
  - umístění komponentů ve vozidle
  - předepsané hodnoty komponentů
  - elektrická schémata zapojení

- **obchodní informace**
  - objednací čísla náhradních dílů, příp. jejich vyobrazení







* Zvláštní příslušenství

Bosch Technická příručka

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

Seznam příruček	Objednací číslo
Elektronika motoru	1 987 711 001
Bezpečnostní a komfortní systémy	1 987 711 037
Symboly a elektronická schémata	1 987 711 002
Systém vstřikování K-Jetronic	1 987 711 009
Systém vstřikování KE-Jetronic	1 987 711 021
Systém vstřikování L-Jetronic	1 987 711 010
Systém vstřikování Mono-Jetronic	1 987 711 033
Systém řízení motoru Motronic	1 987 711 011
Emise zážehových motorů	1 987 711 020
Akumulátory	1 987 711 003
Zapalování	1 987 711 004
Zapalovací svíčky	1 987 711 005
Alternátory	1 987 711 006
Startéry	1 987 711 007
Přehled vstřikování vznětových motorů	1 987 711 038
Řadová vstřikovací čerpadla	1 987 711 012
Regulátory řadových čerpadel	1 987 711 013
Rotační vstřikovací čerpadla	1 987 711 014
Brzdové soustavy osobních vozidel	1 987 711 023
Vzduchové brzdové soustavy: schémata	1 987 711 015
Vzduchové brzdové soustavy: zařízení	1 987 711 016
Common Rail	1 987 711 054
Rotační čerpadlo s radiálními písty	1 987 711 053
Světelná technika	1 987 711 039
Regulace dynamiky jízdy	1 987 711 052