

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vývoj palivových soustav zážehových motorů“ vypracoval samostatně a použil výhradně pramenů, jež cituji a uvádím v seznamu literatury.

V Praze, dne

.....

Martin Jaurys

Děkuji Ing. Janu Hromádkovi, Ph.D., za ochotu, informace a odborné vedení v průběhu zpracování této bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá palivovou soustavou zážehových motorů. V první části popisuje historický vývoj karburátorů. Dále přehled nepřímého a přímého vstřikování. Další část práce obsahuje nejpoužívanější moderní palivové systémy. V závěru je naznačen budoucí vývoj palivových soustav.

Klíčová slova : Spalovací motor, karburátor, vícebodové vstřikování paliva, přímý vstřík benzínu.

Fuel system development of spark igniton engines

Abstract

This thesis deals with the fuel system of gasoline engines. The first part describes the historical development of the carburetor. In addition, an overview of indirect and direct injection. Another part includes the most common modern fuel systems. In conclusion the future development of fuel systems.

Keywords: Combustion engine, carburetor, multi-point fuel injection, direct injection gasoline.

1. Úvod	- 5 -
2. Historie palivových soustav zážehových motorů	- 6 -
2.1. Karburátory	- 6 -
2.1.1.1. Maybachův karburátor	- 6 -
2.1.1.2. Jednoduchý karburátor	- 7 -
2.1.1.3. Karburátor Zenith	- 8 -
2.1.1.4. Karburátor Solex	- 9 -
2.1.2. Pomocná zařízení karburátorů	- 10 -
2.1.2.1. Spouštění zážehového motoru	- 11 -
2.1.2.2. Volnoběžný a přechodový systém	- 12 -
2.1.2. Dvoustupňové karburátory	- 16 -
2.2. Vstřikování paliva	- 17 -
Historický vývoj vstřikování paliva	- 17 -
Rozdělení vstřikování	- 18 -
2.2.1. Nepřímé vstřikování paliva	- 19 -
2.2.1.1. Prvky palivového systému	- 19 -
2.2.1.2. D-Jetronic	- 21 -
2.2.1.4. LH – Jetronic	- 25 -
2.2.1.5. K-Jetronic	- 26 -
2.2.1.6. KE–Jetronic	- 28 -
2.2.1.7. Mono-jetronic	- 28 -
2.2.1.8. Systém řízení motoru Motronic	- 29 -
2.2.2. Přímé vstřikování paliva	- 31 -
2.2.2.1. Základní komponenty	- 31 -
3. Popis moderních palivových soustav	- 33 -
3.1 Vysokotlaké přímé vstřikování benzínu Mitsubishi (GDI)	- 33 -
3.2 Vstřikovací soustava Bosch Motronic MED 7 (FSI)	- 33 -
4. Vývoj v oblasti palivových soustav zážehových motorů	- 35 -
4.1 Bosch DI-Motronic	- 35 -

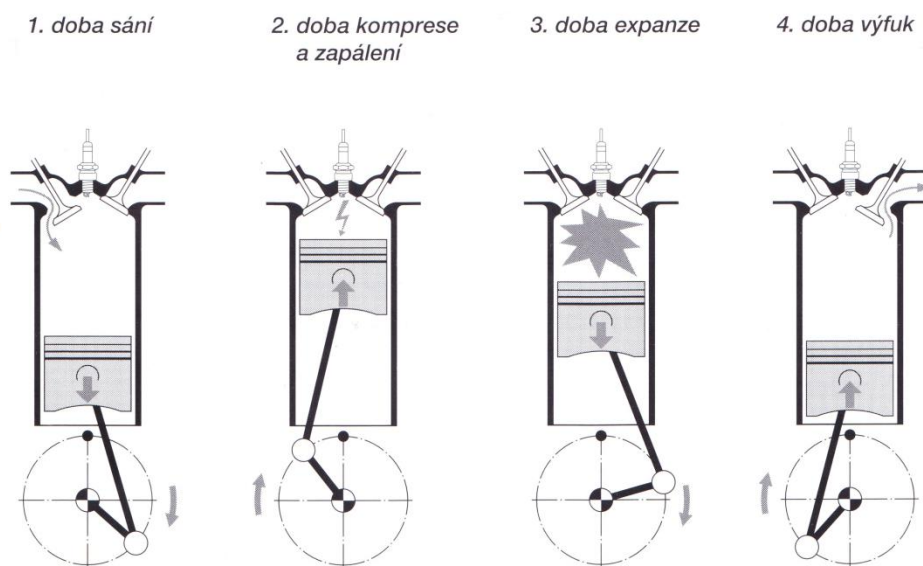
5. Závěr.....	- 37 -
6. Seznam použité literatury	- 38 -
7. Seznam obrázků	- 39 -

1. Úvod

S vývojem spalovacího zážehového motoru úzce souvisí i vývoj palivových soustav. Při každém vývojovém stupni byl kladen stále větší důraz na ekonomičnost, komfort, plnění stále větších požadavků na snížení imisních a emisních hodnot a také hluku. Pro splnění těchto nároků jsou stále vyvíjeny dokonalejší systémy palivových soustav. Tato práce se zabývá vývojem těchto stále dokonalejších systémů od nejjednodušších karburátorů až po plně elektronicky řízené systémy moderních motorů.

Zážehový spalovací motor převádí chemickou energii obsaženou v palivu na energii pohybovou. Přeměna probíhá ve válcích motoru, kde uvolněná energie z paliva vytvoří tlak na píst válce, který je spojen s klikovou hřídelí. Následně se posuvný pohyb pístu změní na otáčivý. Aby mohlo být po shoření paliva přivedeno do válce čerstvé palivo, jsou zbytky hoření vytlačeny ve formě výfukových plynů. U nejrozšířenějšího čtyřdobého motoru je výměna plynu řízena ventily. Ty otvírají nebo zavírají sací kanály každého válce. Pracovní cyklus čtyřdobého motoru je uveden na obr. 1. [3,10]

Obr.1 Pracovní cyklus čtyřdobého motoru

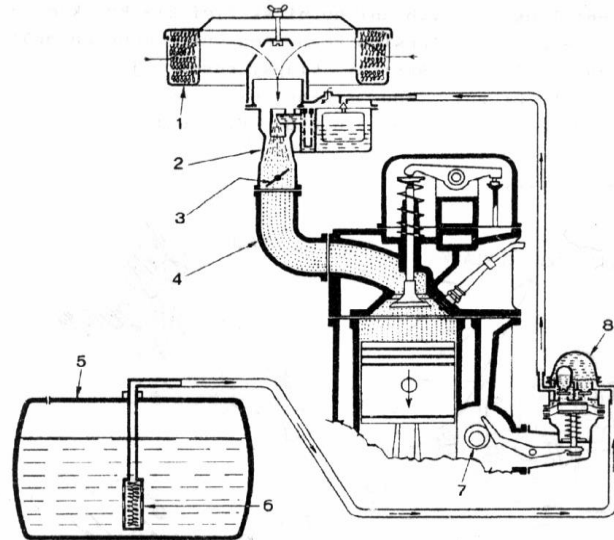


2. Historie palivových soustav zážehových motorů

2.1. Karburátory

Obr. 2 Palivová soustava karburátorových motorů [1]

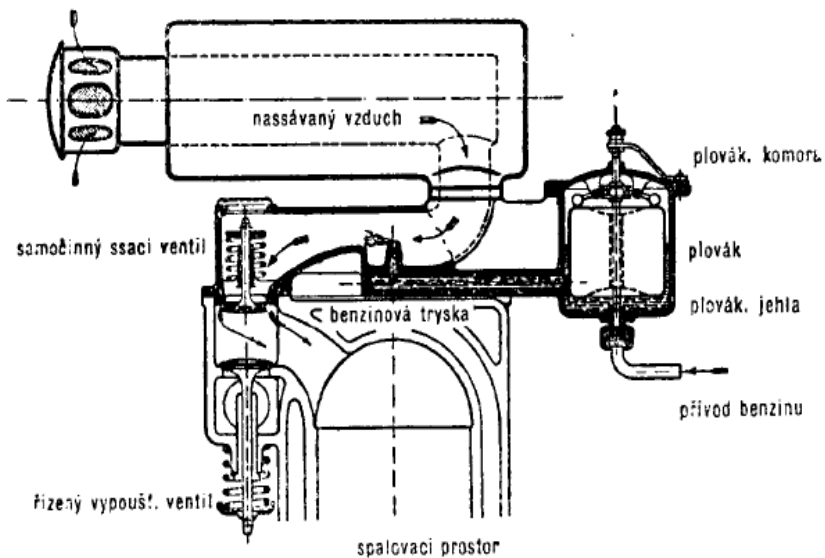
Palivový systém benzínového zážehového motoru s karburátorem (Obr. 1) Benzín je uskladněn v palivové nádrži **5**, odkud je přes filtr **6** dopravován podávacím čerpadlem **8** do plovákové komory karburátoru **2**. Podávací čerpadlo **8** je poháněno pomocí excentru umístěného na vačkové hřídeli motoru **7**. Vzduch je nasáván motorem přes vzduchový filtr **1**. Požadované množství směsi paliva se vzduchem dopravované do válce motoru je určováno polohou škrticí klapky **3**.



2.1.1.1. Maybachův karburátor

Předchůdce dnešních karburátorů vynalezl již v roce 1893 Wilhelm Maybach. Jeho princip činnosti je takový, že pod mírným tlakem v nasávacím potrubí získávaným difuzérem karburátoru je vysáváno tryskou odměřované množství paliva do proudícího vzduchu. Turbulentní pohyb proudícího vzduchu strhává palivo ve formě malých kapiček. [1]

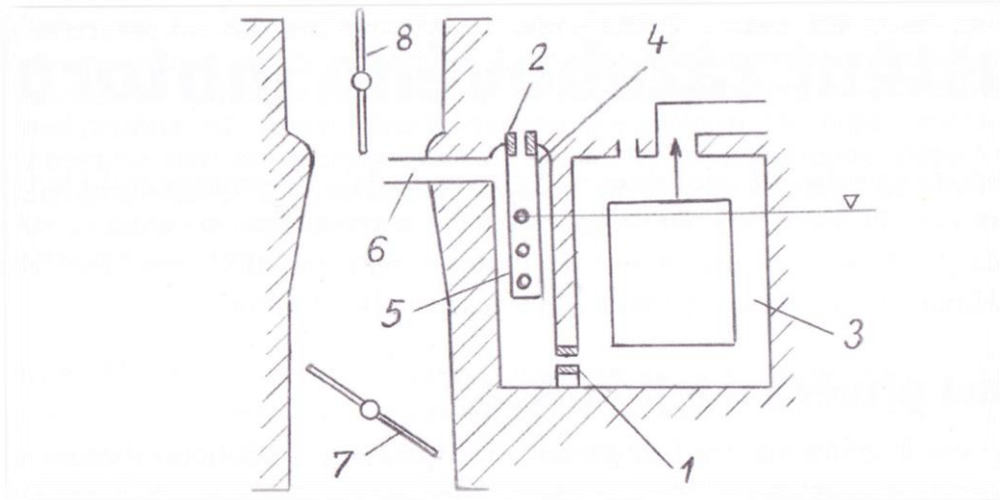
Obr.3 Princip Maybachova karburátoru[1]



2.1.1.2. Jednoduchý karburátor

Dnešnímu konstrukčnímu provedení odpovídají karburátory vyráběné přibližně od roku 1915. Karburátory vytváří homogenní směs palivových par se vzduchem. Toho je dosaženo tak, že do proudu nasávaného vzduchu je pod tlakem rozprašováno palivo v podobě jemných kapiček. Dochází k tomu ve směšovací komoře, kterou tvoří difuzor se svojí náběžnou hranou a rozšiřující se částí. K dokonalému rozprašení paliva se dosáhne vysokou rychlostí protékajícího vzduchu, která vzniká v zúženém průřezu náběžné hrany difuzoru. Následným podtlakem, který působí přes větrací otvor na hladinu paliva v plovákové komoře, palivo vystřikuje z rozprašovače. Natočením škrticí klapky karburátoru se mění podtlak v místě vystřikování paliva, a tím i jeho množství, přiváděné se vzduchem do motoru. Uvedený jednoduchý karburátor má však tu nevýhodu, že s nárůstem množství směsi nasávané do motoru neustále vzrůstá i její bohatost. Vzdušný součinitel λ se tak již při malých zatíženích motoru dostává pod hodnotu $\lambda = 1$, tedy do oblasti nízké ekonomičnosti provozu motoru. Je tedy zřejmé, že pro ekonomický provoz spalovacích motorů je jednoduchý karburátor nevyhovující. [3,1]

Obr.4 Funkční schéma hlavní soustavy karburátoru[3]



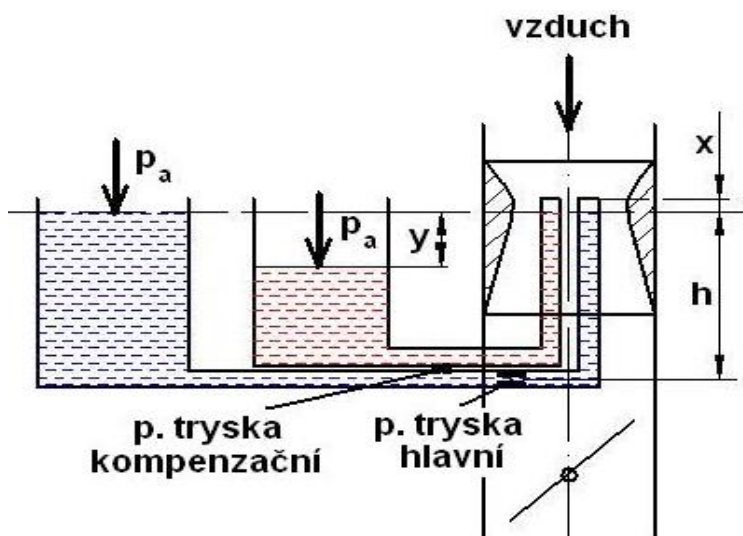
1-Hlavní tryska, 2- vzdušník korekčního vzduchu, 3 – plováková komora, 4 – emulzní šachta, 5 – emulzní trubice, 6 – rozprašovač, 7 - škrticí klapka, 8 – spouštěcí přívěra

V průběhu vývoje karburátorů byly vyvinuty dva základní typy karburátorů. Karburátor se sníženým podtlakem u trysky (SOLEX) a karburátor s kompenzační tryskou (ZENITH).

2.1.1.3. Karburátor Zenith

V roce 1933 bylo v ČSR s karburátorem vyvinutým francouzskou firmou Zenith vyrobeno přibližně 70% všech motorových vozidel. Obsahuje dvě trysky – hlavní a vedlejší (kompenzační), které řídí směšovací poměr. V klidovém stavu je hladina paliva v obou komorách na stejné výši. Při nárůstu podtlaku klesá hladina v komoře s kompenzační tryskou. Pokud při poklesu hladiny paliva na úroveň kompenzační trysky, již průtok paliva tryskou nezávisí na velikosti podtlaku a je nadále konstantní. Díky malému průřezu hlavní trysky dochází s nárůstem podtlaku v difuzéru k ochuzování směsi.[1,2,4]

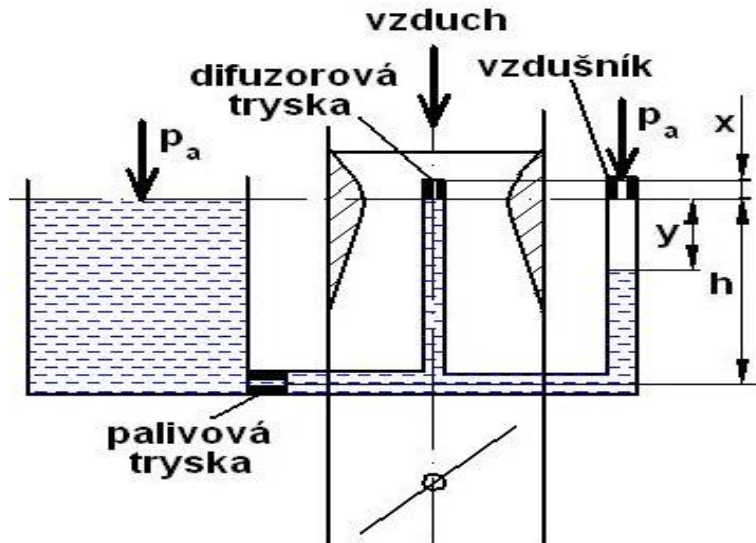
Obr. 5 Karburátor Zenith [4]



2.1.1.4. Karburátor Solex

Jedná se o systém s pneumatickým brzděním průtoku paliva hlavní palivovou tryskou. Pokud jsou tlaky před a za tryskou vyrovnány, palivo nevytéká. V další fázi palivovou a difuzorovou tryskou protéká palivo, pod vzdušníkem klesá hladina paliva o míru y (viz obr. 4). Tento proces trvá pouze do té doby, než pod vzdušníkem dojde k odsátí veškerého paliva. Tato fáze platí do hodnoty podtlaku v difuzoru, který způsobí pokles hladiny pod vzdušníkem o hodnotu $y = h$. Při dalším zvětšení podtlaku v difuzoru se přes vzdušník začne přisávat vzduch a difuzorovou tryskou protéká směs paliva se vzduchem. Pro tvoření směsi je u tohoto systému rozhodující okamžitá hodnota tlaku před difuzorovou tryskou, která je závislá na průtoku vzduchu vzdušníkem.[1,2,4]

Obr.6 Pneumatická korekce průtoku paliva – systém solex [4]



2.1.2. Pomocná zařízení karburátorů

Hlavní palivový systém karburátoru připravuje potřebnou směs jen při ustálených nebo středních zatížení motoru. Je však nutné zajistit, aby ve všech režimech motoru byla tvorba směsi optimální. Jedná se především o tyto režimy:

- Start studeného motoru (a to i za nízkých teplot),
- ohřev na provozní teplotu,
- volnoběh,
- přechod na částečné zatížení,
- maximální výkon motoru,
- přechodové režimy – akcelerace a decelerace.

K zajištění správné tvorby směsi v těchto režimech slouží několik pomocných zařízení karburátoru. Je u nich požadována nejen automatická činnost včetně korekcí, ale i plnění přísných ekonomických a ekologických požadavků.

Pomocná zařízení karburátoru jsou obvykle řízena pneumaticky v závislosti na podtlaku v sacím potrubí motoru podle otáček a zatížení motoru.[2,3]

2.1.2.1 Spouštění zážehového motoru

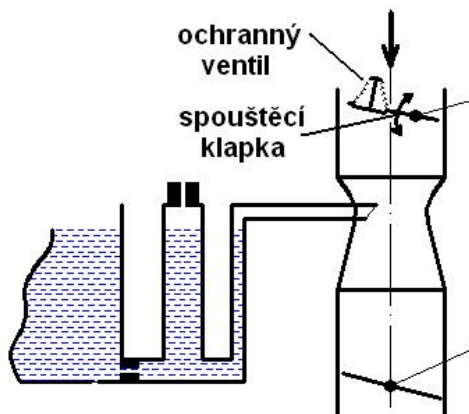
Při spouštění motoru je vlivem nízkých otáček motoru v sacím potrubí velmi malý podtlak, který nestačí, aby se hlavní a volnoběžná soustava karburátoru uvedla v činnost. Pro správné připravení směsi při startování motoru, zejména studeného, je karburátor vybaven zvláštním startovacím doplňkem – přívěrou nebo sytičem.[1,2,3,4]

Startovací přívěra

Startovací přívěra je umístěna před difuzorem a je ovládána mechanicky z místa řidiče. Při spouštění studeného motoru se uzavře, což způsobí zvýšení podtlaku v difuzoru do té míry, že do difuzoru přichází značně obohacená směs. Motor nasává mnoho benzínu, ale málo vzduchu. Obohacená směs má dostatek paliva s nízkým bodem varu, takže je schopna zapálení. Aby se vzniklý podtlak v difuzoru mohl uplatnit, je třeba při uzavřené přívěře pootevřít škrticí klapku karburátoru, která je spojena táhly s přívěrou. Klapka je vybavena automatickým ochranným ventilem, který zabezpečuje omezení podtlaku ve směšovací komoře po nastartování motoru. Absence tohoto ventilu by vedla k takovému obohacení směsi palivem, že by ji nebylo možné zapálit. Se zahříváním motoru se přívěra postupně otvírá až do jejího úplného otevření při pracovní teplotě motoru.[2,3,4]

Obr. 7 Systém se škrticí klapkou[4]

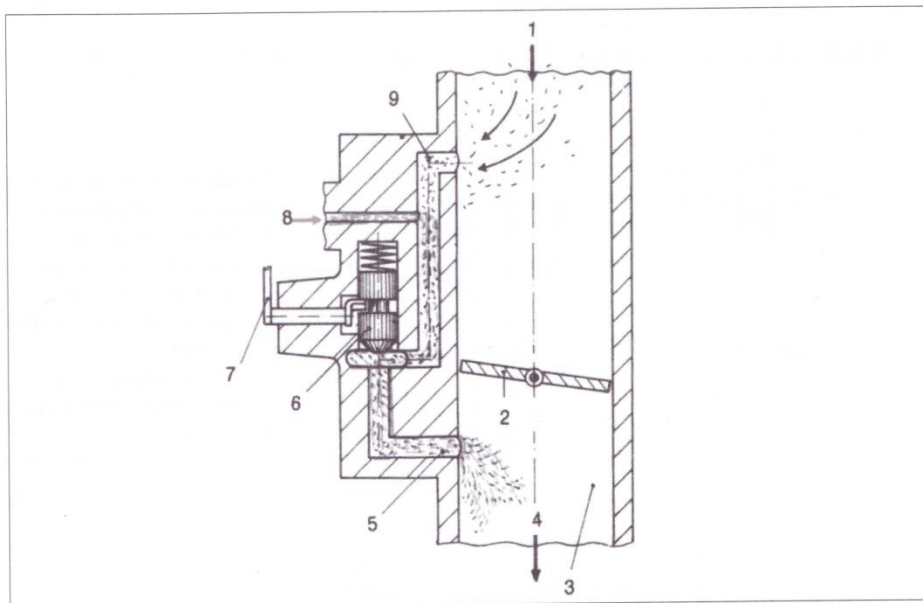
Sytič



Sytič tvoří samostatnou soustavu umístěnou na opačné straně než volnoběžný systém. Je to v podstatě samostatný karburátor, jehož schéma je uvedeno na obrázku níže. Při uzavřené škrticí klapce se zároveň ovládací pákou nadzvedne spouštěcí ventil. Vlivem podtlaku pod škrticí

klapkou dojde k průchodu vzduchu přes kanál pro obohacení směsi a současně k nasátí přídavného paliva z plovákové komory. Směs dále pokračuje pod škrticí klapku směrem k motoru do sacího potrubí. Po nastartování motoru se ochuzování směsi provádí ručním přivíráním ovládací paky spouštěcího ventilu.[2,3,4]

Obr. 8 Schéma spouštěcí soustavy karburátoru – sytiče[3]



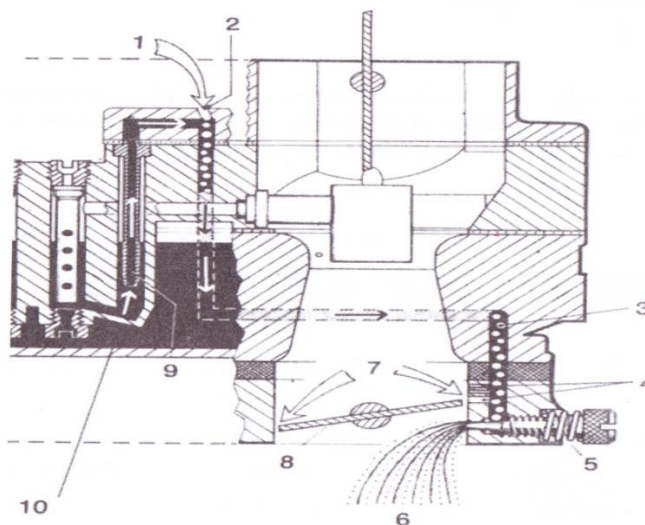
1 – vstup vzduchu, 2 – škrticí klapka, 3 – velký podtlak od nasávání motorem, 5 – kanál palivové směsi pro start, 6 – spouštěcí ventil, 7 – ovládací páka, 8 – přívod paliva, 9 – vzduchový kanál

2.1.2.2. Volnoběžný a přechodový systém

Při volnoběhu nedochází k odběru točivého momentu z hřídele motoru, probíhá tedy za nízkých otáček (v současné době přibližně $800-900 \text{ min}^{-1}$, dříve kolem 650 min^{-1}). Je potřeba dodávat palivo pouze k pokrytí pasivních odporů motoru. Škrticí klapka je prakticky zavřena. Malá rychlost proudění a nedostatečný podtlak v difuzoru způsobují nedostatečné rozprášení paliva. Pro stabilní chod motoru v režimu volnoběhu je potřeba zajistit dostatečně bohatou směs (součinitel přebytku vzduchu $\lambda = 0.6 \div 0.8$) a to za uvedených podmínek hlavním palivovým systémem není možné.[1,2,3,4]

Soustava volnoběhu navazuje na hlavní soustavu, obě jsou zásobovány palivem z plovákové komory přes hlavní trysku. Slábně-li činnost okruhu volnoběhu, vzrůstá činnost hlavní soustavy a naopak. Obě soustavy jsou tedy na sobě funkčně závislé. Za tryskou volnoběhu se směšuje palivo, které vytéká z plovákové komory přes hlavní trysku, se vzduchem ve volnoběžném kanále. Vzduch proudí přes vzdušník. Vzniklá emulze se dostane kolem regulačního šroubu volnoběhu za škrticí klapkou do hrdla karburátoru. Následně se z emulze a vzduchu, proudícího kolem škrticí klapky, vytvoří palivová směs pro volnoběh. K nastavení bohatosti směsi volnoběžného chodu slouží regulační šroub, jehož uvolňováním se směs obohacuje a naopak. Při otevírání škrticí klapky se přechodový otvor dostává do oblasti vysokých podtlaků a také tímto otvorem začíná do motoru proudit emulze paliva a vzduchu. Tím je zajištěn plynulý přechod z volnoběžného systému na hlavní systém tvorby směsi.[2,3,4,5]

Obr.9 Volnoběžná soustava karburátoru[3]



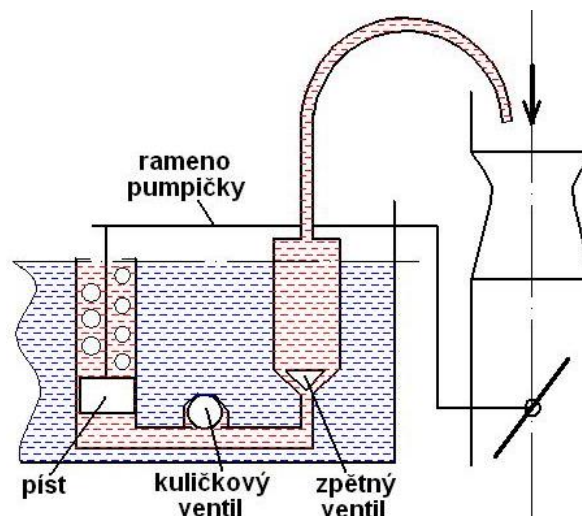
1 – vzduch pro volnoběžnou soustavu, 2 – volnoběžný vzdušník, 3 – emulze, 4 – přechodové otvory, 5 – regulační šroub bohatosti směsi, 6- volnoběžná směs, 7 – přítok hlavního vzduchu, 8 – škrticí klapka, 9 sestava volnoběžné trysky, 10 – palivo z hlavní trysky

Akcerelační pumpička

Při náhlém otevření škrticí klapky (sešlápnutí akcerelačního pedálu), klesá podtlak v sacím potrubí na malou hodnotu, čímž se zhorší odpařování benzínu. Navíc se při rychlém otevření škrticí klapky značně urychlí proudění vzduchu, ale palivo již nestačí toto urychlení sledovat. Oba tyto důvody mají za následek přechodné značné ochuzení směsi. Takto chudá směs může v některých případech klesnout pod hranici zápalnosti a motor začne vynechávat. K zamezení tohoto nežádoucího jevu, zejména v první polovině otevírání škrticí klapky, slouží akcelerační pumpička. Akcelerační pumpičky jsou nejčastěji mechanické – pístové nebo membránové.[2,4]

Při náhlém otevření škrticí klapky pumpička vytlačí svůj zdvihový objem do injektoru a tím dojde k okamžitému obohacení směsi, které je potřeba k urychlení motoru. Při volném otevření klapky prochází palivo obtokovou tryskou a prakticky neovlivňuje složení směsi vytvořené palivovou soustavou karburátoru. Při náhlém zavření klapky se naopak směs náhle obohatí, což může mít za následek poškození katalyzátoru. Proto se zpětný pohyb klapky brzdí pod tlakem ovládanou membránou.[5]

Obr.10 Schéma akcelerační pumpičky[4]

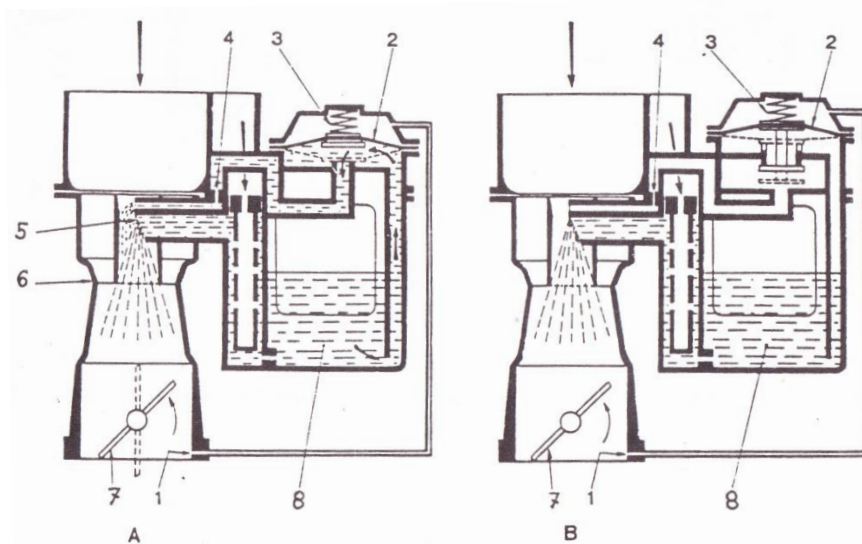


Obohacovací zařízení

Funkce tohoto zařízení je požadována ve dvou odlišných režimech chodu motoru – Při přechodu z volnoběžného systému na částečné zatížení a při přechodu na plný výkon.

Podtlak pod škrticí klapkou působí proti síle membránové pružiny, membránový ventil je otevřen, palivo se nasává z plovákové komory a přes palivovou trysku je přiváděno nad emulsní trubicí do difuzoru karburátoru. Při větším otevření škrticí klapky se podtlak nad membránou zmenšuje a membránový ventil se uzavírá. Na Obr. 11 b je schéma obdobného membránového ventilu, který slouží k obohacení směsi pro plný výkon motoru. Pod škrticí klapkou působí podtlak stejným způsobem. Při částečném zatížení motoru je membrána v horní poloze a tím uzavírá přívod paliva. Při plném otevření klapky podtlak klesne, membránový ventil se otevře a při dostatečném podtlaku v difuzoru se vysává palivo z plovákové komory pro obohacení na plný výkon ($\lambda = 0.85$ až 0.95). [2,4]

Obr. 11 Obohacovací zařízení při částečném zatížení **A** a při plném výkonu **B** [2]



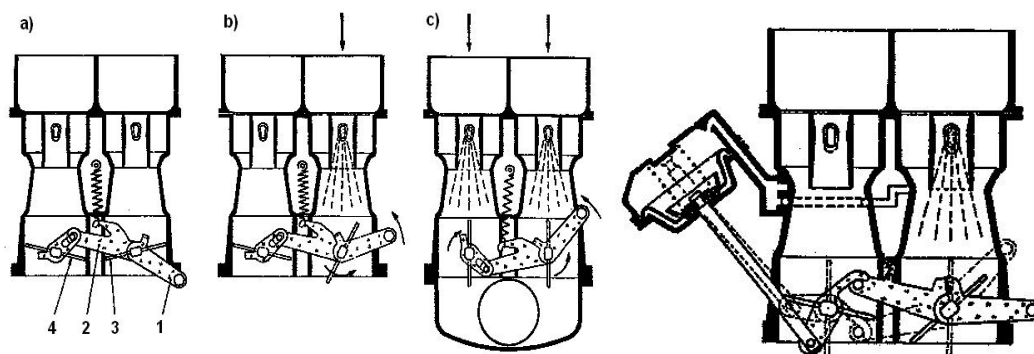
1 - podtlak, 2 – membrána, 3 – membránová pružina, 4 – palivová tryska, 5 – emulsní trubice, 6 - difuzor, 7 – škrticí klapka, 8 – plováková komora

2.1.2. Dvoustupňové karburátory

Pro potřebu vyšších výkonů a otáček, byly u čtyřválcových automobilových motorů zavedeny dvoustupňové karburátory.

Karburátor je složen ze dvou paralelních směšovacích komor, které mají odděleně říditelné škrtkové klapky. Při částečném zatížení motoru proudí směs jen jedním hrdlem (první stupeň), zpravidla ten o menším průřezu, zatímco druhé zůstává zavřené. Když zatížení motoru stoupne až do téměř plného otevření první škrtkové klapky, otevře se pro zvýšení motoru i klapka druhá (druhý stupeň). Proudící směs se tak rozdělí do dvou směšovacích komor a plnění válců tak zůstává dostatečné i při plném zatížení motoru a vysokých otáčkách. Ovládání škrtkové klapky druhého stupně bývá zajištěno buď mechanickou vazbou s ovládáním škrtkové klapky prvního stupně, nebo je řešeno pneumaticky, přičemž řídicí podtlak je odebírán z difuzérů obou stupňů (obr. 11).[2,3,4]

Obr. 12 Dvoustupňový karburátor a pneumatické ovládání druhého stupně[2]



a) volnoběh b) 1. stupeň c) 2. stupeň

2.2. Vstřikování paliva

Rozšíření vstřikování benzínu u motorů osobních automobilů bylo vyvoláno legislativním tlakem na snižování obsahu škodlivin ve výfukových plynech spalovacích motorů. Již v počátcích vývoje spalovacích motorů mělo své uplatnění u leteckých motorů, u kterých kromě požadavku dobrého rozprášení paliva plnilo další požadavky, související s podmínkami provozu. Pouze elektronicky řízené vstřikování paliva ve spojení s λ - sondou a katalyzátorem umožňuje splnit vzrůstající požadavky na čistotu výfukových plynů. Na rozdíl od karburátorových motorů, kde bylo palivo z rozprašovače odsáváno do proudícího vzduchu podtlakem, je u motorů se vstřikováním paliva rozprašováno palivo do proudícího vzduchu přetlakem pomocí vstřikovací trysky. [1,2,4]

Historický vývoj vstřikování paliva

Byla to především firma Bosch, kdo v historickém vývoji palivových soustav pozvolna vytlačil klasické karburátory. Již v roce 1912 zahájil Bosch první experimenty s benzínovými vstřikovacími čerpadly a v roce 1937 tato společnost dodávala benzínová vstřikovací čerpadla pro letecké motory s výkonem 1200 koňských sil. V roce 1951 bylo poprvé přímým vstřikováním benzínu firmy Bosch sériově vybaveno osobní vozidlo. První sériově vyráběné vozy (Gutbrod Superior 600 a Goliath 700 GP), byly malá vozidla s dvoutaktním motorem. Zavedení přímého vstřiku paliva zajistilo u těchto motorů značnou úsporu paliva, ve volnoběžném režimu až 50 %. Vstřikovací zařízení bylo zpočátku velmi drahé a tak se vyráběli současně i verze s karburátorem ovšem oproti těmto verzím se spotřeba vozu snížila o 20 % a zároveň stoupl výkon rovněž o 20 %. V roce 1967 se v oblasti vstřikování benzínu podařil další významný krok zavedením elektronického vstřikovacího systému – D-Jetronic, který byl řízen tlakem v sacím potrubí. V roce 1973 byly uvedeny na trh systémy L a K-Jetronic, které se vyznačovaly již velmi přesným dávkováním paliva díky měření množství nasávaného vzduchu a schopností krátké reakční doby při přechodových režimech. V roce 1979 byl uveden systém Motronic s digitálním zpracováním mnoha funkcí motoru. Od roku 1987 se přidal Mono-Jetronic vyznačující se především výhodnou cenou a možností tak montovat vstřikovací zařízení i do menších vozů. Od roku 1967 byl systém řízení motoru Bosch namontován do desítek milionů motorových vozidel. [2,3,4,6]

Rozdělení vstřikování

Vstřikování paliva lze rozdělit z několika pohledů: [2,4]

Podle způsobu dávkování paliva

- pulsní vstřík - na každý pracovní cyklus odměří vstřikovací ventil jednou nebo dvěma dávkami potřebné množství paliva do sacího potrubí před sací ventil
- sekvenční vstřík - časovaný vstřík před sací ventil do jednotlivých válců v souladu s pořadím zapalování. Vstřikovací impulsy jsou řízeny v závislosti na frekvenci zapalovacích impulsů
- kontinuální vstřík - nepřetržitá dodávka paliva do sacího systému. Regulace dávky může být provedena buď změnou tlaku, nebo častěji regulací průtočného průřezu dávkovacího zařízení v závislosti na průtočném množství vzduchu, (K-, KE, Jetronic)
- jednobodový (SPI) (centrální vstřík) - dávkování paliva do sacího potrubí v místě společném pro všechny válce motoru, často bývá použito u startovacích vstřikovacích ventilů, později samostatný systém Mono Motronic
- vícebodový vstřík (MPI) - samostatné vstřikovací ventily pro jednotlivé válce, dávka paliva se odměřuje před sací ventil do potrubí, případně přímo do válce.

Podle způsobu uspořádání regulačního obvodu

- otevřený - směšovací poměr se nastavuje elektronickou řídicí jednotkou s naprogramovaným I - polem, tato jednotka podle okamžitého režimu otáček a zatížení dává impulsy akčním členům pro korekci dávky paliva
- uzavřený - pro zajištění výrazného snížení škodlivých exhalací ve výfukových plynech (CO, HC a NOx) se používá regulační obvod s třícestným katalyzátorem výfukových plynů a I - sondou. I -sonda zajišťuje dodržení součinitele přebytku vzduchu v úzkém rozmezí kolem hodnoty 1

Podle způsobu dopravy paliva do spalovacího prostoru:

- přímý vstřík
- vstřík do sacího kanálu

- vstřík do sacího potrubí

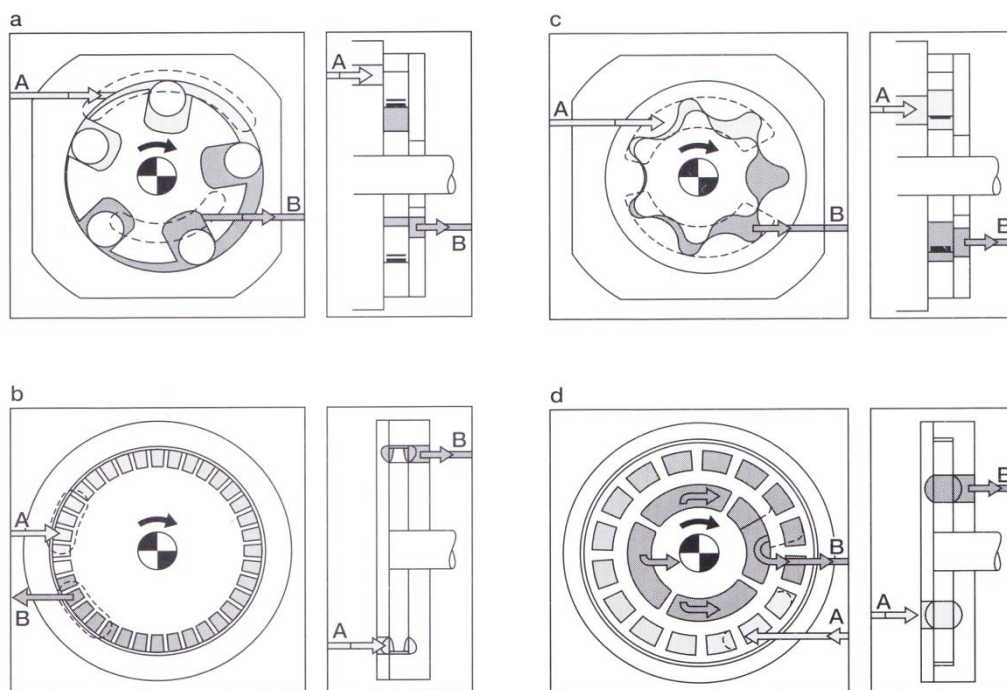
2.2.1. Nepřímé vstříkování paliva

2.2.1.1. Prvky palivového systému

Elektrické palivové čerpadlo

Jeho úkol je dopravovat kontinuálně palivo z nádrže. Čerpadlo může být umístěno přímo v nádrži, nebo na palivovém vedení. Aby byl zajištěn potřebný tlak paliva za všech provozních podmínek, je dopravované množství paliva vždy vyšší než maximální spotřeba motoru. V závislosti na systémových požadavcích se používají různé typy čerpadel (obr. 13) [10]

Obr. 13 Principy funkcí palivových čerpadel [10]



a) válečkové lamelové čerpadlo, b)obvodové lopatkové čerpadlo, c)vnitřní zubové čerpadlo, d)boční kanálové čerpadlo

Palivový filtr

Nečistoty v palivu by mohly ovlivnit správnou funkci vstříkovačích ventilů a regulátoru tlaku paliva. Z tohoto důvodu je za palivovým čerpadlem umístěn palivový filtr. Ten obsahuje

papírovou vložku se střední velikostí pórů 10 µm. Papírová vložka filtru je fixována v kovovém pouzdře pomocí opěrné desky. Interval výměny je závislý na objemu filtru a znečištění paliva.[10]

Rozdělovač paliva

Palivo protéká rozdělovačem a je tak rozděleno ke všem vstřikovacím ventilům. Jejich součástí je většinou i regulátor tlaku paliva a tlumič tlakových rázů. Další jeho funkcí je zabránění místních změn tlaku způsobených rezonancí.[10]

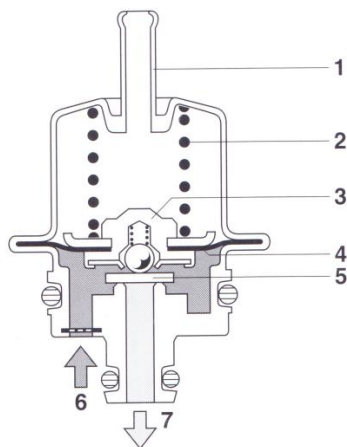
Regulátor tlaku paliva

Aby bylo vstřikované množství paliva závislé jen na době vstřiku, je nutné udržovat stejný konstantní tlak paliva. K tomu účelu slouží regulátor tlaku paliva. Přebytek paliva je přepouštěn do zpětného potrubí.[10]

Tlumič tlaku paliva

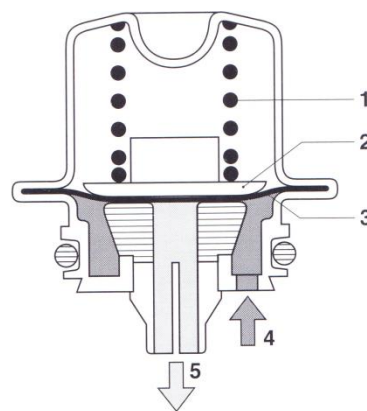
Provoz vstřikovacích ventilů a výtlačky od palivového čerpadla způsobují pulzace paliva. Tyto pulzace se mohou přes ostatní části palivové soustavy přenášet a způsobovat tak hluk. Vznikající hluk lze minimalizovat speciálními tlumiči tlaku paliva. Stejně jako regulátor paliva může být umístěn na rozdělovači paliva nebo na palivovém potrubí.[10]

Obr. 14 Regulátor tlaku paliva



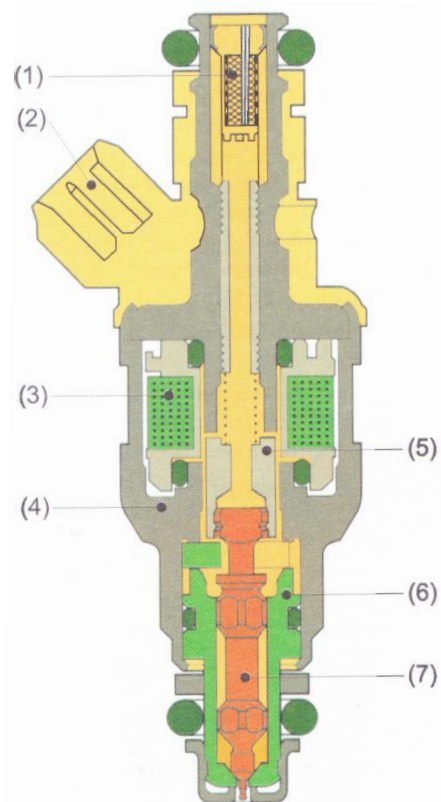
1- připojení k sacímu potrubí, 2- pružina, 3 – ventilový nosič, 4 – membrána, 5- ventil, 6 – přívod paliva, 7 – odvod paliva

Obr.15 Tlumič tlaku paliva



1- pružina, 2 – pružinový talíř, 3 – membrána, 4- přívod paliva, 5 – odvod paliva

Obsahuje ventilovou jehlu **7** ovládanou kotvou elektromagnetu **5**. Jehla **7** je velice přesně vedena v těle ventilu **4**. V klidovém stavu tlačí pružina shora ventilovou jehlu do sedla ventilu **6**, čímž uzavírá průchod paliva do sacího potrubí motoru. Jakmile začne řídicí jednotka ovládat elektromagnetickou cívku v tělese ventilu **3**, nadzvedne se ventilová jehla o 60 až 100 μm a palivo může být vstřikováno kalibrovaným otvorem do sacího potrubí. Top-feed vstřikovací ventil je zásobován palivem axiálně shora přes sítko **1**. [10]



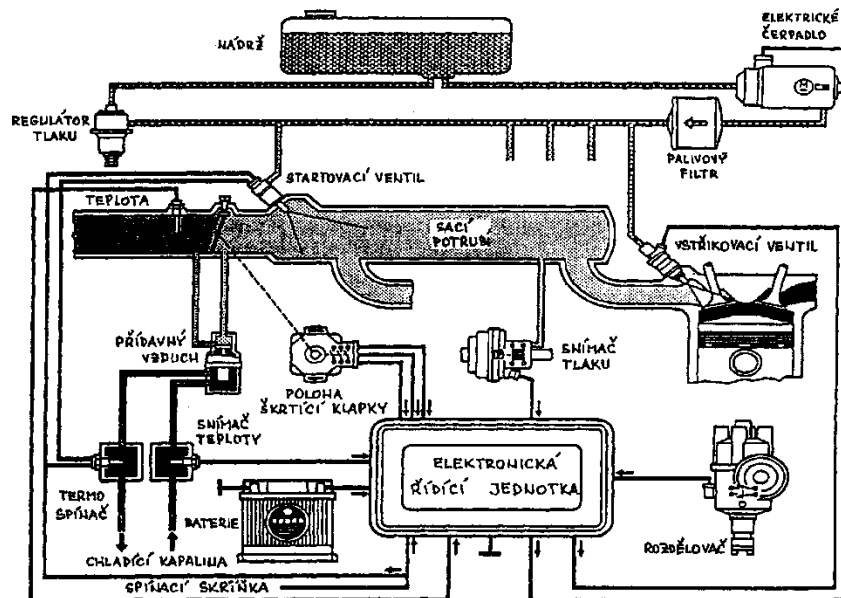
2.2.1.2. D-Jetronik

Jde o vůbec první vstřikovací zařízení řízené elektronicky, které bylo zařazeno do výroby. Označení D (Druckfuhrer – tlak) znamená způsob měření nasávaného vzduchu, pro který je použito tlakové čidlo. Přerušované dávky paliva jsou vstřikovány před sací ventil do sacího potrubí pomocí elektromagnetických ventilů. Pro každý válec je samostatný ventil. Dávku paliva řídí elektronická jednotka, která zpracovává hodnoty podtlaku v sacím potrubí, otáčky motoru a provádí korekci podle předem naprogramovaných hodnot.

Tlak paliva, dodávaný elektrickým palivovým čerpadlem je díky regulátoru tlaku udržován na konstantní hodnotě přibližně 200 kpa. Přebytečné palivo se vrací zpětnou větví do palivové nádrže. Absolutní tlak vzduchu v sacím potrubí závisí na poloze škrtkové klapky a je mírou zatížení motoru a měřítkem nasávaného množství vzduchu. Další hodnota potřebná pro správnou funkčnost zařízení jsou otáčky motoru, které se snímají impulzním snímačem

v rozdělovači zapalování pomocí přídavné vačky ve spodní části rozdělovače. Současně je vyslán impulz k otevření vstřikovacího ventilu. Vstřik je částečně časovaný. Elektromagnetické vstřikovací ventily jsou rozděleny do skupin a každá skupina vstřikovacích ventilů vstřikuje současně. V jednotlivých válcích se palivo vstřikuje buď před otevřením sacího ventilu, nebo při jeho otevření. Ventil je ovládán impulsem z řídicí jednotky. Doba vstřiku trvá přibližně 5 ms od volnoběhu až po plné zatížení motoru a záleží na úhlu otevření škrtkové klapky, teplotami motoru, nasávanému vzduchu a tlaku v sacím potrubí. [2,4]

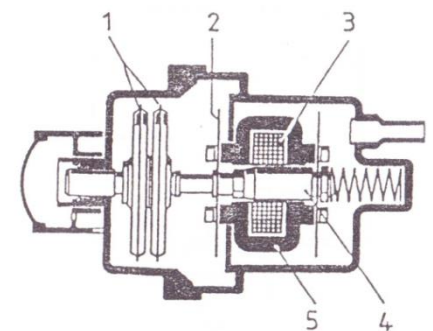
Obr. 17 Schéma uspořádání vstřikovacího zařízení D-Jetronic [2]



Tlakový snímač

Slouží k vyhodnocování průtoku množství vzduchu. Obsahuje dvě membránové (barometrické) komory **1**, které vyvolávají pohon kotvy **4** ve vinutí **3** v závislosti na tlaku v potrubí, a tím převádí pneumatický signál na elektrický. Při akceleraci by tlakový spínač dával informaci do řídicí jednotky se zpožděním, proto je současně nutná činnost snímače polohy škrtkové klapky, která při akceleraci dává signál k delšímu otevření vstřikovacího ventilu (obohacení směsi). [2,4]

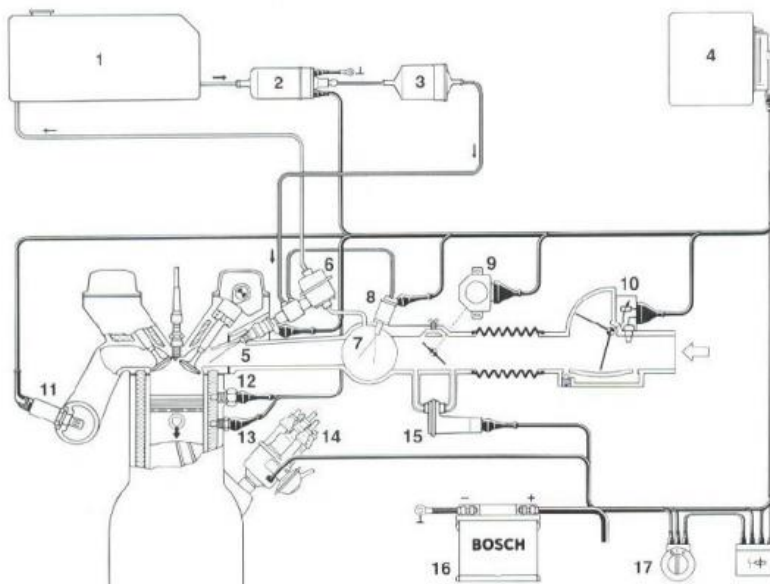
Obr. 18 Tlakový snímač [2]



2.2.1.3. L- Jetronic

Tento systém byl zaveden v roce 1973 a prakticky nahradil systém D – Jetronic. Opět se jedná o vícebodový vstřík, který má samostatné vstřikovací ventily. Hlavní rozdíl oproti předchozímu systému spočívá ve způsobu měření nasávaného vzduchu a v časovém plánu vstřiku. Hodnota tlaku se pohybuje na konstantní výši 250 až 300 kPa. Vstřikovaná dávka paliva závisí na době otevření vstřikovacího ventilu. Aby byl zajištěn rovnoměrný přívod paliva, je v systému rozdělovací potrubí, které zároveň plní úlohu akumulátoru paliva, neboť jeho objem mnohonásobně převyšuje vstřikované množství na pracovní cyklus. Aby bylo dosaženo požadovaného tlaku paliva, je na konci rozdělovacího potrubí umístěn regulátor tlaku paliva. [2,4,7]

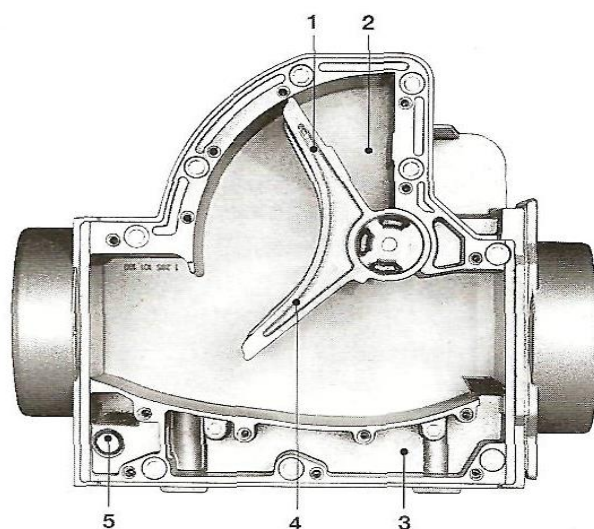
Obr 19 Schéma systému L-Jetronic [7]



1- palivová nádrž, 2- elektronické palivové čerpadlo, 3- palivový filtr, 4- řídicí jednotka, 5- vstřikovací ventil, 6- rozdělovací potrubí s regulátorem tlaku, 7- sběrné sací potrubí, 8- ventil studeného startu, 9- spínač škrtní klapky, 10- měřič množství vzduchu, 11- lambda sonda, 12- teplotně časový spínač, 13- snímač teploty motoru, 14 - rozdělovač, 15- šoupátko přidavného vzduchu, 16- akumulátor, 17- spínací skříňka

Řídící veličinou pro správné dávkování paliva je celkové množství nasátého vzduchu motorem, k měření této veličiny je použito přímé měření tlakové síly, která vlivem proudícího vzduchu působí na výkyvnou plovoucí klapku. Poloha klapky pak určuje celkové průtokové množství. Pro potlačení pulsů v sacím potrubí je použita kompenzační klapka, která je přímo spojena s výkyvnou klapkou a má funkci jednoduchého pneumatického tlumiče. Úhel natočení klapky je snímán potenciometrem a převáděn na elektrický signál. Před výkyvnou klapkou je také umístěn snímač teploty nasávaného vzduchu tyto údaje jsou následně zpracovány v řídicí jednotce a slouží k odpovídající korekci vstřikovaného množství paliva. [2]

Obr.20 Měřič množství vzduchu [4]

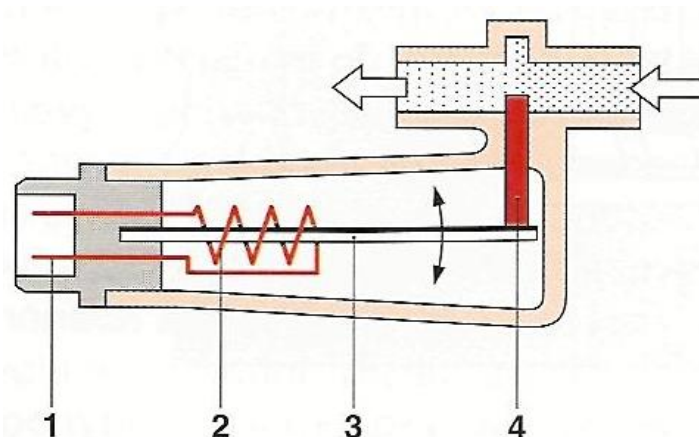


1 - kompenzační klapka, 2 - kompenzační objem, 3 - obtok (bypass), 4 - měřicí klapka, 5 – seřizovací šroub směsi pro volnoběh (bypass)

Při studeném startu je obohacení směsi zajištěno startovacím ventilem. Pro dosažení pravidelného volnoběhu, zejména při zahřívání motoru, zvyšuje regulace volnoběhu dodatečně volnoběžné otáčky. Toto zvýšení přispívá i k rychlejšímu zahřátí motoru. Šoupátko přidavného vzduchu (obr.20), které je zapojeno jako další obtok ke škrticí klapce. Řídí dodatečné množství vzduchu pro motor v závislosti na teplotě. Clonka s otvorem, ovládaná bimetalem, řídí v šoupátku přidavného vzduchu průřez obtokového kanálu. Otevřený průřez clonky se

nastavuje v závislosti na teplotě tak, že při studeném startu je odpovídajícím způsobem otevřen průřez větší, který se při stoupající teplotě postupně uzavírá až do úplného zavření. Bimetal je elektricky vyhříváný pro zkrácení doby plného uzavření. Při teplém motoru je šoupátko přídavného vzduchu mimo činnost. [2,4,7]

Obr.21 Elektricky vyhřívané šoupátko přídavného vzduchu [4]



1 – elektrický konektor, 2 – elektrické vyhřívání, 3 – bimetal, 4 – clonka s otvorem

2.2.1.4. LH – Jetronic

Je dalším vývojovým stupněm L – Jetronic a je velmi podobný. Hlavní rozdíl je ve měření množství vzduchu. Měření je zde nahrazeno měřičem množství vzduchu se žhaveným drátem. U tohoto měřiče je elektricky vyhříváným tělesem platinový drátek o průměru 70 μm . Teplota nasávaného vzduchu je měřena samostatným měřičem. Žhavený drát spolu se snímačem teploty tvoří součást můstkového zapojení jako teplotně závislé rezistory. Napěťový signál odpovídá množství vzduchu a je přiváděn do řídicí jednotky. Aby nedocházelo k chybám měření vlivem znečištění žhavého drátku, je tento drátek krátkodobě vyžhán na vysokou teplotu při zastavení motoru. [4,7]

Výhody uvedeného způsobu měření množství vzduchu:

- Odpadají pohyblivé části přídavného zařízení v sacím kanále,
- malý hydraulický odpor,
- menší chyba měření při rozdílných teplotách okolního prostředí a v různých nadmořských výškách,
- rychlé přizpůsobení podmínkám motoru,
- přesnější stanovení optimálního směšovacího poměru a s tím související snížení škodlivých emisí.
- Vyšší výkon motoru díky vyšší plnicí účinnosti

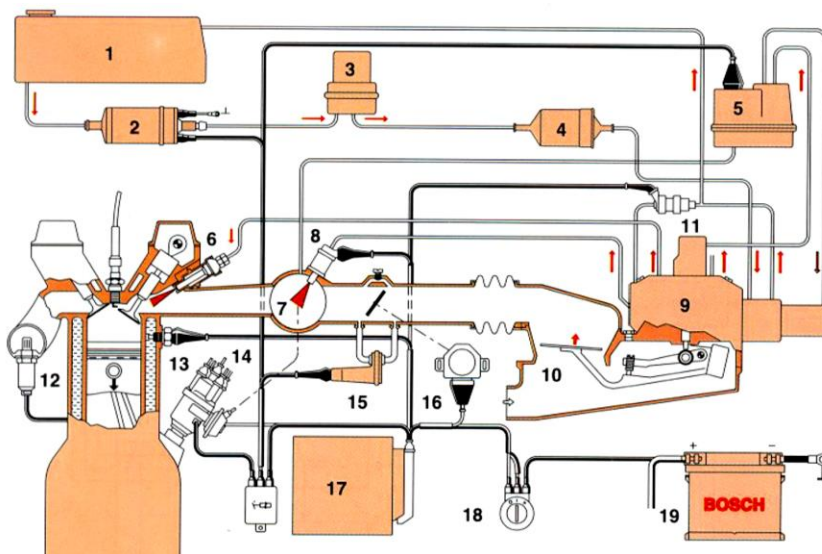
Systém je vybaven sondou ve výfukovém potrubí, která v ustálených režimech chodu motoru umožňuje udržet směšovací poměr na hodnotě. Řídící jednotka také zajišťuje optimální činnost vstřikovacích ventilů při změně napětí baterie a brání přetočení motoru potlačením dávky paliva po dosažení požadovaných otáček. [2,4]

2.2.1.5. K-Jetronic

Byl zaveden v roce 1973. Je to mechanicko – hydraulicky řízený, bezpohonový vstřikovací systém, který v závislosti na nasávaném množství vzduchu odměřuje palivo a kontinuálně (nepřetržitě) ho vstřikuje před sací ventily motoru. [5,4,8]

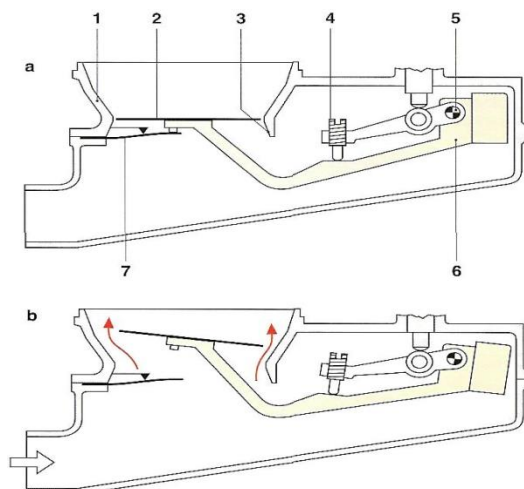
Palivo je nasáváno elektrickým palivovým čerpadlem z palivové nádrže přes hrubý čistič a vytlačováno přes paralelně připojený zásobník tlaku a jemný čistič paliva do rozdělovače množství paliva. Systémový tlak paliva je udržován na konstantní hodnotě 480 kPa regulátorem tlaku paliva. Přebytečné palivo je odváděno z regulátoru systémového tlaku zpět do nádrže. Z rozdělovače množství paliva je palivo přiváděno k jednotlivým vstřikovacím ventilům. Vstřikovací ventily jsou otevírány tlakem paliva. [5,8]

Obr. 22 Schéma systému K- Jetronik 8



1 – Palivová nádrž, 2 – elektrické palivové čerpadlo, 3 – zásobník paliva, 4 – palivový filtr, 5 – teplotní regulátor tlaku, 6 – vstřikovací ventil, 7 – sběrné sací potrubí, 8 – ventil studeného startu, 9 – rozdělovač množství paliva, 10 – měřič množství vzduchu, 11 – taktovací ventil, 12 – lambda sonda, 13 – teplotně-časový spínač, 14 – rozdělovač, 15 – šoupátko přidavného vzduchu, 16 – spínač škrticí klapky, 17 – regulační jednotka, 18 – spínací skříňka, 19 – akumulátor

Množství vzduchu nasávané motorem je měřítkem zatížení motoru. Měřič množství vzduchu pracuje na principu vznášejícího se tělesa. Skládá se ze vzduchového trychtýře, ve kterém se nachází pohyblivá měřicí klapka (vznášející se těleso). Proudící vzduch vychýlí měřicí klapku o určitou hodnotu z její klidové polohy. Tento pohyb se přenáší na šoupátko regulátoru dodávky paliva, které odměruje potřebné množství paliva. Celkové množství paliva je možné seřizovat pomocí regulačního šroubu na přidavné páce.[8,4]



Obr. 23 Měřič množství vzduchu

a) měřicí klapka v klidové poloze, b) měřicí klapka v pracovní poloze

1 – vzduchový difuzor, 2 – měřicí klapka, 3 – odlehčovací průřez, 4 – šroub bohatosti směsi, 5 – otočný bod, 6 – páka, 7 – listová pružina

2.2.1.6. KE–Jetronic

Je dalším vývojovým stupněm firmy Bosch zavedený v roce 1982. Tento systém je vylepšen řídicí jednotkou, která zpracovává informace od jednotlivých snímačů. Elektronická řídicí jednotka přebírá řízení obohacení směsi při studeném startu, ohřevu motoru, akceleraci a plném výkonu. Dále přerušuje dodávku paliva při motorstopu. Také může řídit doplňkové požadavky jako omezení maximálních otáček, řízení λ sondou s třícestným katalyzátorem, odvětrání palivové nádrže a přebírat další funkce včetně diagnostiky stavu motoru a vozidla. [2,4]

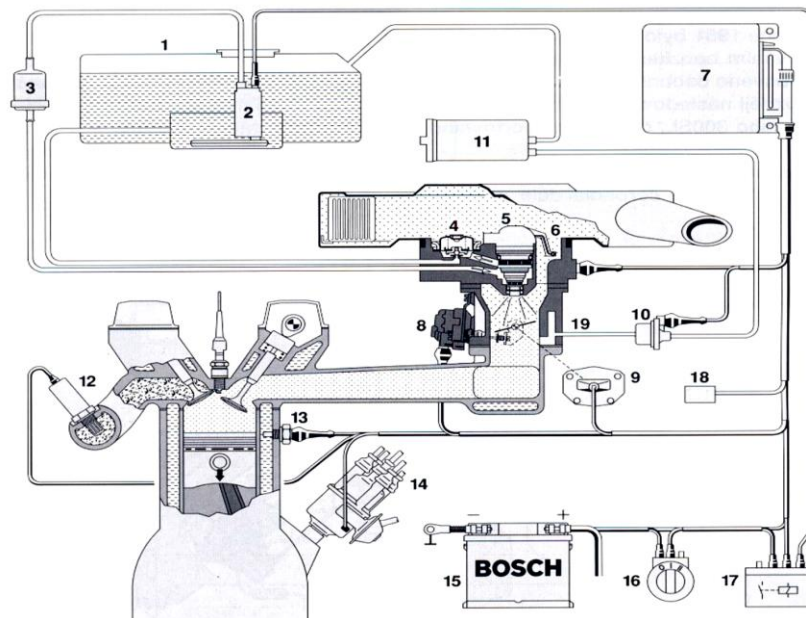
2.2.1.7. Mono-jetronic

Je to elektronicky řízený nízkotlaký centrální vstřikovací systém pro čtyřválcové motory s centrálně umístěným elektromagnetickým vstřikovacím ventilem, což je hlavní rozdíl oproti předchozím systémům, které mají pro každý válec jeden vstřikovací ventil. Jádrem systému je vstřikovací jednotka s jedním elektromagnetickým vstřikovacím ventilem, který přerušovaně vstřikuje palivo nad škrticí klapku. Rozdělení paliva do jednotlivých válců je prováděno sacím potrubím. Hlavními přednostmi jsou plnění zákonných předpisů o škodlivinách a malá spotřeba při poměrně dobrém jízdním komfortu u vozidel s menším obsahem válců. [9]

Různé snímače (senzory) zjišťují všechny podstatné pracovní veličiny motoru, které jsou důležité pro optimální složení směsi. Vstupními veličinami jsou například:

- Úhel natočení škrticí klapky,
- Otáčky motoru,
- Teplota motoru a nasávaného vzduchu,
- Poloha škrticí klapky při volnoběhu a plném zatížení,
- Zbytkové množství kyslíku ve výfukových plynech,
- Poloha páky automatické převodovky, připravenost klimatizace jakož i stav spojky (sepnutí/rozepnutí) kompresoru klimatizace (pokud je ve výbavě vozidla)

Obr. 24 Přehled systému Mono-Jetronik



1 – palivová nádrž, 2 – elektrické palivové čerpadlo, 3 – palivový filtr, 4 – regulátor tlaku, 5 – elektromagnetický vstříkovací ventil, 6 – snímač teploty nasávaného vzduchu, 7 – elektronická řídicí jednotka, 8 – nastavovač škrtkové klapky, 9 – potenciometr, 10 – regenerační ventil, 11 – nádobka s aktivním uhlím, 12 – lambda sonda, 13 – snímač teploty motoru, 14 – rozdělovač, 15 – akumulátor, 16 – spínací skříňka, 17 – relé, 18 – diagnostická zásuvka, 19 – vstříkovací jednotka

2.2.1.8. Systém řízení motoru Motronic

Motronic představuje komplexní řešení elektronického zapalování a vstřikování, ve kterém obě tyto funkce zajišťuje společný mikropočítač. Pomocí snímačů na motoru jsou získávána provozní data, např. Spínací vstupy jako: [4,10]

- Zapalování (vypnuto/zapnuto),
- Poloha vačkových hřídelů,
- Rychlost jízdy,
- Zařazený rychlostní stupeň,
- Zásah převodovky,
- Klimatizace atd.

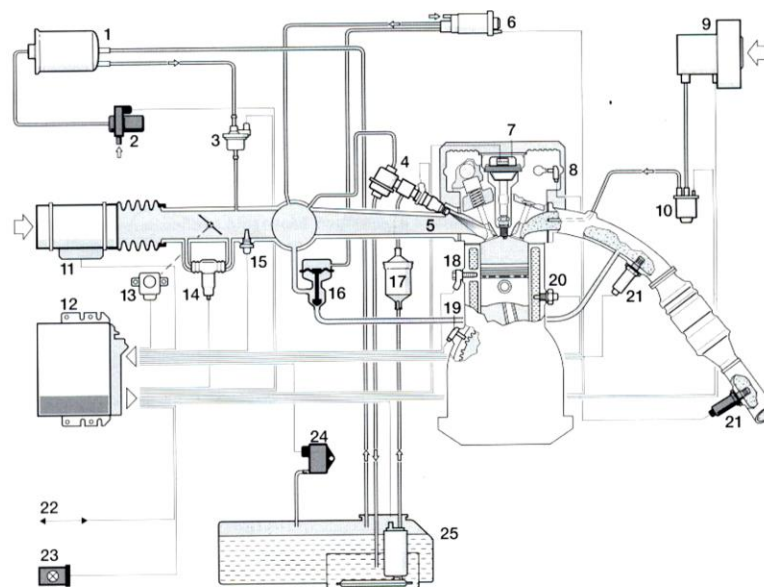
- Otáčky motoru.

Nebo analogové hodnoty jako:

- Napětí akumulátoru
- Teplota motoru,
- Teplota nasávaného vzduchu,
- Množství vzduchu,
- Úhel natočení škrtkové klapky,
- Lambda sonda,
- Snímač klepání atd.

Vstupní obvody v řídicí jednotce upravují tato data pro mikroprocesor. Ten zpracovává upravená data, rozpoznává z nich provozní stav motoru a vypočítává potřebné ovládací signály. Koncové stupně zesilují tyto signály, ovládající posléze akční členy, které řídí provozní stavy motoru. Tím je dosaženo optimálního vstřikování, přípravy směsi a její zapálení ve správný okamžik při různých provozních stavech motoru. [10]

Obr.25 Systém řízení motoru motronic



1 – nádobka s aktivním uhlím, 2 – uzavírací ventil, 3 – regenerační ventil, 4 – regulátor tlaku paliva, 5 – vstřikovací ventil, 6 – elektropneumatický převodník, 7 – zapalovací cívka, 8 – snímač polohy vačkového hřídele, 9 – ventilátor přidavného vzduchu, 10 – ventil sekundárního vzduchu, 11 – snímač hmotnosti vzduchu, 12 – řídicí jednotka, 13 – snímač polohy škrtkové klapky, 14 – nastavovač volnoběhu, 15 – snímač teploty nasávaného vzduchu, 16 – ventil recirkulace spalin, 17 – palivový filtr, 18 – snímač klepání, 19 – snímač otáček motoru, 21 – lambda sonda 22 – diagnostické rozhraní, 23 – kontrola diagnostiky, 24 – diferenční tlakový senzor, 25 – elektrické palivové čerpadlo

2.2.2. Přímé vstřikování paliva

Motory s přímým vstřikem benzínu vytvářejí směs paliva se vzduchem přímo ve spalovacím prostoru. Otevřeným sacím ventilem proudí do motoru pouze vzduch potřebný k zapalování. Palivo se do spalovacího prostoru vstřikuje speciálními vysokotlakými ventily. [4]

2.2.2.1. Základní komponenty

Tlakový zásobník

Tlakový zásobník slouží k ukládání paliva, které dodává vysokotlaké čerpadlo, a k rozdělení paliva k vysokotlakým ventilům. Aby nedocházelo k vibracím vyvolaných pulzací paliva v palivovém okruhu, musí být objem zásobníku dostačující. Tlakový zásobník je propojen s dalšími komponenty vstřikovacího systému pomocí přípojek (vysokotlaké čerpadlo, ventil pro řízení tlaku, vysokotlaké vstřikovací ventily). [4]

Vysokotlaké čerpadlo

Ve vysokotlakém čerpadle je palivo dodávané podávacím palivovým čerpadlem pod tlakem 0,3 až 0,5 MPa stlačováno na vstřikovací tlak 5 až 12 MPa. Vysokotlaké čerpadlo musí být chlazeno a mazáno palivem tak, aby se dopravované palivo nemohlo smísit s mazivem. Jedním z vysokotlakých čerpadel, které jsou k dispozici je například vysokotlaké čerpadlo HDP-1 používaný u systému Motronik přímého vstřikování. Jedná se o tří komorové vysokotlaké čerpadlo a je poháněno vačkovou hřídelí. Palivo dodané elektrickým palivovým čerpadlem je stlačeno až na 120 bar a přivedeno do vysokotlakého rozvodu. Palivo zajišťuje chlazení a mazání vysokotlakého čerpadla. [4,11,12]

Ventil řízení tlaku

Ventil řízení tlaku je umístěn mezi rozvod paliva a nízkotlaký výstup vysokotlakého čerpadla. Tlak v rozvodu je nastaven změnou průřezu přívodu paliva. Nadbytečné palivo je odvedeno zpět do nádrže. [12]

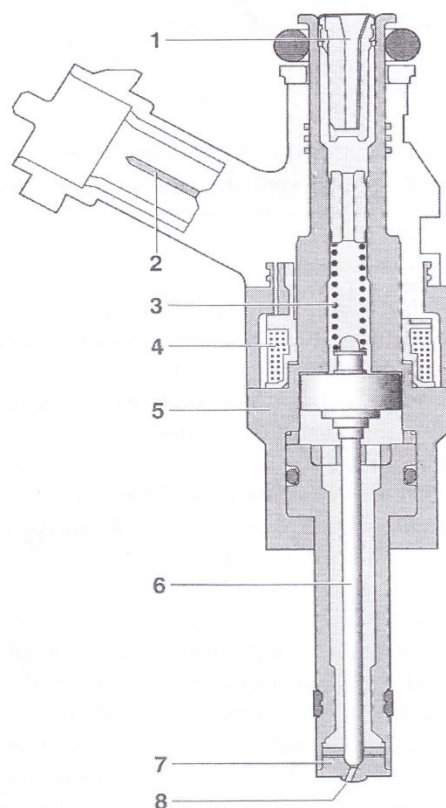
Vysokotlaký sensor

Senzor nainstalovaný do vysokotlakého rozdělovače paliva rozpoznává úroveň tlaku paliva v rozvodu. Naměřený tlak je použit jako aktuální hodnota pro regulaci tlaku v rozvodu. [12]

Vysokotlaký vstřikovací ventil

Úkolem vysokotlakého vstřikovacího čerpadla je vstřikování a dávkování paliva do určité oblasti spalovacího prostoru tak, aby došlo k jeho dokonalému promísení se vzduchem. Je složen ze sedla ventilu, jehly trysky s kotvou, pružiny a cívky. Díky magnetickému poli je jehla ventilu zvedána proti síle pružiny ze sedla ventilu a uvolňuje výstupní otvor ventilu. Palivo je následně vytlačováno do spalovacího prostoru vlivem vysokého tlaku v tlakovém zásobníku. Při přerušení proudu pružina uzavírá ventil a průtok paliva je přerušen. Vhodnou geometrií trysky na hrotu ventilu je dosaženo výborného rozprášení paliva. Na rozdíl od vstřikování u nepřímého vstřiku je při vstřikování do spalovacího prostoru palivo vstřikováno rychleji, přesněji a tvoří lepší paprsek paliva. [4,12]

Obr. 26 Vysokotlaký vstřikovací ventil



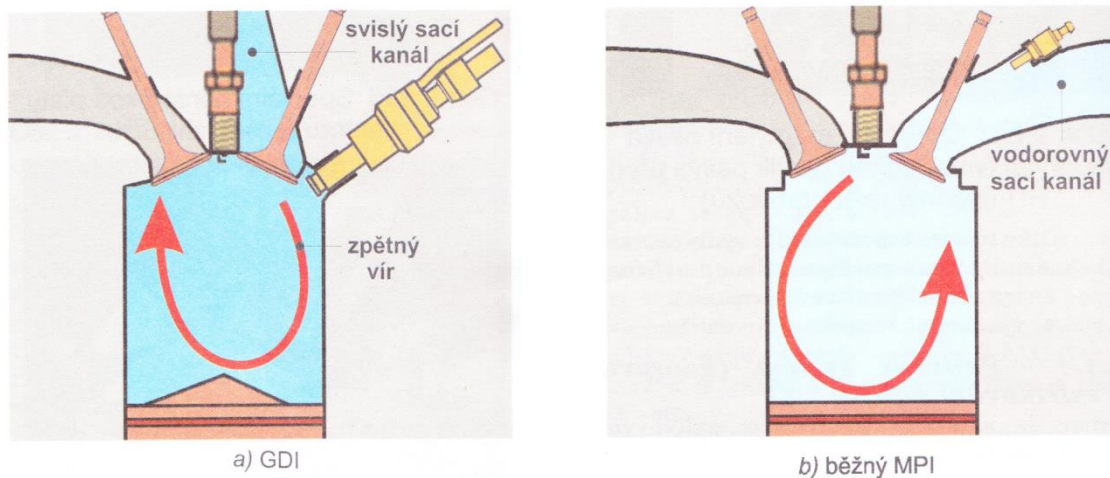
1- přítok s jemným sítkem, 2 - elektrická přípojka, 3 – pružina s kotvou. 4 – cívka, 5 – pouzdro, 6 – jehla trysky s kotvou, 7 – sedlo ventilu, 8 výstupní otvor ventilu

3. Popis moderních palivových soustav

3.1 Vysokotlaké přímé vstřikování benzínu Mitsubishi (GDI)

GDI (gasoline direct injection) spojuje princip vznětového a zážehového motoru. Je to zážehový motor, ovšem palivo je vstřikováno přímo do válce, kde také dochází k jeho smísení se vzduchem. Firma Mitsubishi vyvíjela motor GDI asi patnáct let a při jeho konstrukci uplatnili na 200 patentovaných konstrukčních řešení. Poprvé se objevil řadový čtyřválcový motor 1.8GDI s rozvodem DOHC a čtyřmi ventily na válec v roce 1996 v automobilu Mitsubishi Galant. Od motorů s nepřímým vstřikováním paliva se liší zejména svislým sacím kanálem pro optimální nasměrování vzduchu, což má za následek účinnější plnění válce nasávaným vzduchem. [5]

Obr.27 Porovnání přímého vstřikování GDI a nepřímého MPI [5]

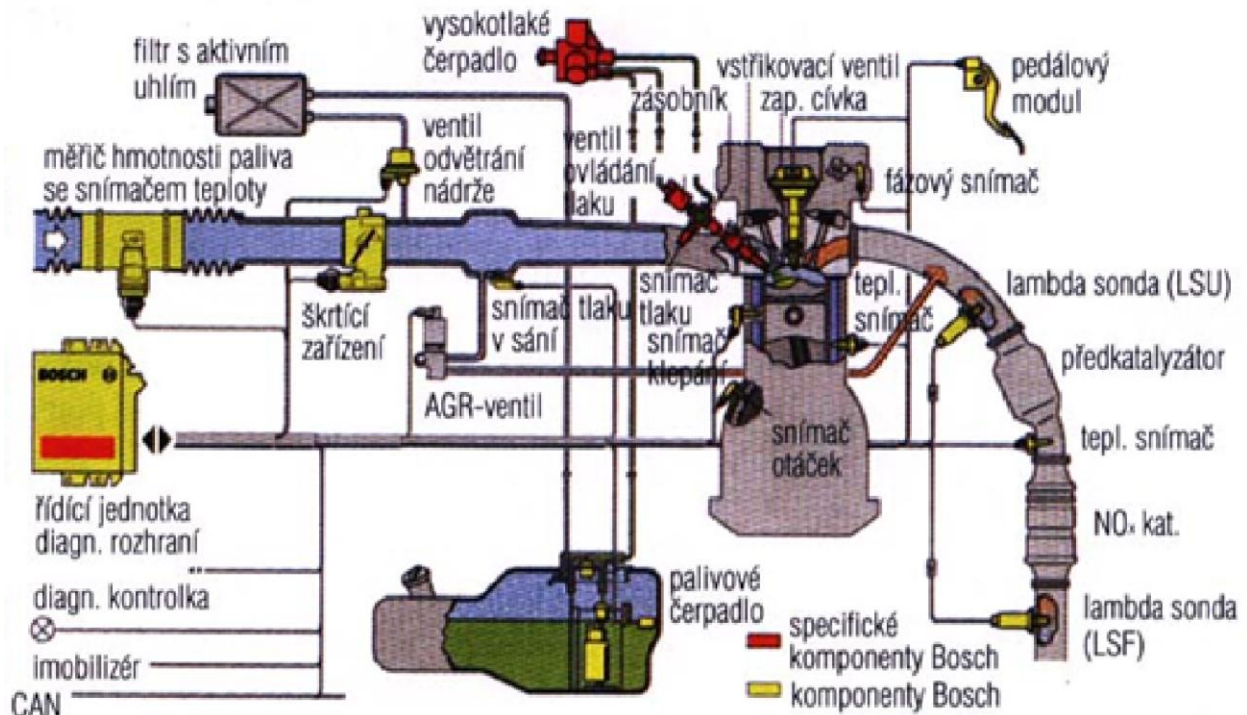


3.2 Vstřikovací soustava Bosch Motronic MED 7 (FSI)

Soustava Motronic MED7 pro řízení chodu zážehových motorů je vyvinuta pro motory vozy VW Lupo s přímým vstřikováním benzínu. Vstřikovací soustava umožňuje provoz s vrstveným plněním, homogenní provoz se stechiometrickým složením směsi a krátkodobé obohacení směsi pro regeneraci zásobníkového katalyzátoru, sloužící k potlačení emisí oxidu dusíku. Při částečném zatížení motoru, které je poměrně časté, může motor díky vrstvenému vstřikování paliva pracovat s velmi chudou směsí. V tom okamžiku je dané minimum paliva

soustředěno v okolí zapalovací svíčky tak, aby vůbec mohlo dojít k zažehnutí. Zbylý prostor válce je vyplněn podstatně chudší směsí. Směšovací poměry se u motorů FSI (Fuel Stratified Injection) pohybují kolem 1:40 až 1:50. Takový poměr je už pod hranicí zápalnosti směsi. Aby tedy mohlo ke vznícení vůbec dojít, je v průběhu sání přiváděn proud vzduchu pomocí speciálně tvarovaného potrubí tak, že vzniká prudký točivý vír. Těsně před koncem zdvihu pístu se pod vysokým tlakem vstříkne minimální potřebné množství benzínu. Díky víru ve válci se vytvoří několik vrstev směsi, z nichž každá má jiný poměr paliva a vzduchu. Tím vzniká ono vrstvené plnění. Nejbohatší směs je soustředěna v okolí svíčky. Jiskra směs zapálí a hořící palivo pak zažehne i zbývající chudou směs. [5,13]

Obr.28 Systém řízení motoru Bosch motronic MED 7 [14]



4. Vývoj v oblasti palivových soustav zážehových motorů

Vývoj palivových soustav se v současné době zaměřuje především na snižování spotřeby a plnění stále přísnějších emisních předpisů. Toho je dosahováno například tzv. downsizingem (snižováním obsahu válců při zachování výkonu). Touto technologií je možné snížit spotřebu a emise CO až o 15 %. Rozhodujícím základem downsizingu je přímé vstřikování a přeplňování turbodmychadly. Kromě toho se vyvíjí i časově variabilní řízení sacích a výfukových ventilů motoru. Tento rozvodový mechanismus ventilů je navíc doplněn o takzvaný scavenging – tedy o překrytí ventilů. To zejména při nízkých otáčkách zajišťuje, že se válce lépe plní čerstvým vzduchem, a dosahují tím silnějšího točivého momentu, aby mohly požadovanou jízdní dynamiku poskytovat i při zdvihovém objemu zmenšeném na 1,4 litru. Další úspory ve spotřebě přináší systém start/stop (vypínání motoru například při čekání na světelné křižovatce). [15]

4.1 Bosch DI-Motronic

Základem pokroku v úsporách paliva je druhá generace přímého vstřikování pro zážehové motory od firmy Bosch – DI-Motronic – Současně zajišťuje zlepšenou úpravou směsi a podstatné snížení emisí uhlovodíků (HC) a kyslíčků dusíku (NOX). S využitím systému DI-Motronic budou jeho mezní hodnoty dokonce nižší, než jsou celosvětově nejpřísnější mezní emisní hodnoty SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle) stanovené legislativou USA. Vznikne tak prostor pro vývoj směrem k ještě přísnějším emisním předpisům. Tato vstřikovací technika je zároveň tak robustní, že je celosvětově vhodná k použití pro nejrůznější kvality a druhy pohonných hmot. [15]

Pro zefektivnění vozidel se spalovacími motory vyvíjí firma Bosch další inovativní techniku pro zážehové motory. Ve zkušebních laboratořích vznikají koncepce motorů, které budou do roku 2015 uvedeny na trh. Zážehové a vznětové motory se přitom co do své velikosti a hlavních parametrů téměř neodlišují. Využitím extrémního downsizingu budou mít už jen 3 válce a zdvihový objem 1,1 litru, přesto však budou nabízet 100 kilowattový výkon a stejné jízdní vlastnosti jako běžně používaný motor v současnosti. Budou vybaveny větším počtem

doplňkových technických řešení, která budou všechna sloužit ke zvýšení efektivity celého hnacího ústrojí: [15]

- systém start/stop pro automatické zapínání a vypínání motoru při zastavení, například na semaforu nebo v dopravní zácpě;
- teplotní management pro rychlé uvedení motoru do optimální provozní teploty a pro její udržení;
- vysoce efektivní generátor s regulací, která využije brzdovou energii k nabíjení baterie;
- řada dalších funkcí, které budou díky elektrifikaci efektivněji pracovat, a bude možno je lépe ovládat.

5. Závěr

V práci jsou uvedeny jednotlivé vývojové stupně palivových soustav zážehových motorů. V první části jde především o karburátory a jejich příslušenství. V další části jsou uvedeny důležité systémy nepřímého vstřikování, které v historii vývoje představují nejpoužívanější řešení palivových systémů zážehových motorů. Především se jedná o systémy firmy Bosch jako D-Jetronic, L-Jetronic, LH – Jetronic a další. Další kapitola je věnována přímému vstřiku paliva a příslušenství, které se používá s oblibou v moderních motorech. Vzhledem k rozsahu práce uvádím jen nejznámější systémy, se kterými se můžeme v praxi běžně setkat. Automobilový průmysl se v současné době zaměřuje čím dál tím více na alternativní způsoby pohonu vozu jako např.: elektromobily, vodíkový pohon atd. Avšak dokud nebudou tyto systémy dokonalou náhradou klasického motoru, bude mít spalovací zážehový motor nezastupitelné místo ještě mnoho let.

Podkladem pro vznik práce bylo především studium odborné literatury, zabývající se zejména spalovacími motory. Zdrojem informací byly rovněž internetové servery zaměřené na výrobu komponentů pro zážehové motory.

6. Seznam použité literatury

- [1]Rauscher, J. Spalovací motory, studijní opory. Brno : VUT FSI Brno 2004
- [2]BAUMRUK, P. Příslušenství spalovacích motorů. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. 236 s. ISBN 80-01-01103-8
- [3]FERENC, B. Spalovací motory. 3. vydání. Brno: 2009. 388 s. ISBN 978-80-251-2545-8
- [4]HROMÁDKO, J., HROMÁDKO, J., HŮNIG, V., MILER, P. Spalovací motory Praha: Grada, 2011. 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0
- [5]Macek, J. Spalovací motory I, ČVUT Praha 2007
- [6]Technická příručka Bosch – Řízení zážehového motoru - Systém řízení motoru Motronic, Praha, 1997
- [7]Technická příručka Bosch - Řízení zážehového motoru - Systém vstřikování L-Jetronik, Praha, 1997
- [8]Technická příručka Bosch - Řízení zážehového motoru - Systém vstřikování K-Jetronik, Praha, 1997
- [9]Technická příručka Bosch - Řízení zážehového motoru - Systém vstřikování Mono-Jetronik, Praha, 1997
- [10]Technická příručka Bosch - Řízení zážehového motoru - Systém vstřikování KE-Jetronik, Praha, 1997
- [11]Bosch Automotive Technology. Přímé vstřikování benzínu [online].. [cit. 2013-3-19]. Dostupné z: <http://www.bosch-automotivetechnology.cz>
- [12]Bosch Automotive Technology. Benzínové systémy [online].. [cit. 2013-3-19] Dostupné z: <http://www.autodarebnik.cz>
- [13]Autolexicon. FSI (Fuel Stratified Injection). [online].. [cit.2013-3-15] Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net>
- [14]Motejl, V. Přímé vstřikování [online].. [cit.2013-3-23]. Dostupné z: <http://auto.amoskadan.cz>
- [15]Bosch. Přednáška k 56. mezinárodnímu tiskovému kolokviu o automobilech vstřikování [online].. [cit.2013-3-18]. Dostupné z: <http://press.bosch.cz>

7. Seznam obrázků

- Obr. 1 Pracovní cyklus čtyřdobého motoru [10]
- Obr. 3 Princip Maybachova karburátoru[1]
- Obr. 2 Palivová soustava karburátorových motorů [1]
- Obr. 4 Funkční schéma hlavní soustavy karburátoru[3]
- Obr. 5 Karburátor Zenith [4]
- Obr. 6 Pneumatická korekce průtoku paliva – systém solex [4]
- Obr. 7 Systém se škrticí klapkou[4]
- Obr. 8 Schéma spouštěcí soustavy karburátoru – sytiče[3]
- Obr. 9 Volnoběžná soustava karburátoru[3]
- Obr. 10 Schéma akcelerační pumpičky[4]
- Obr. 11 Obohacovací zařízení při částečném zatížení **A** a při plném výkonu **B** [2]
- Obr. 12 Dvoustupňový karburátor a pneumatické ovládání druhého stupně[2]
- Obr. 13 Principy funkcí palivových čerpadel [10]
- Obr. 14 Regulátor tlaku paliva
- Obr. 15 Tlumič tlaku paliva
- Obr. 16 Vstřikovací ventil „top feed“[10]
- Obr. 17 Schéma uspořádání vstřikovacího zařízení D-Jetronic [2]
- Obr. 18 Tlakový snímač[2]
- Obr. 19 Schéma systému L-Jetronic [7]
- Obr. 20 Měřič množství vzduchu [4]
- Obr. 21 Elektricky vyhřívané šoupátko přídavného vzduchu [4]
- Obr. 22 Schéma systému K- Jetronic 8

Obr. 23 Měřič množství vzduchu

Obr. 24 Přehled systému Mono-Jetronic

Obr. 25 Systém řízení motoru motronic

Obr. 26 Vysokotlaký vstřikovací ventil

Obr. 27 Porovnání přímého vstřikování GDI a nepřímého MPI [5]

Obr. 28 Systém řízení motoru Bosch motronic MED 7 [14]