

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009

Ondřej Štancl

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA
KATEDRA DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ

**NÁVRH A ZHOTOVENÍ VÝUKOVÉHO PANELU
PALIVOVÉHO SYSTÉMU SPALOVACÍHO MOTORU SE
VSTŘIKOVÁNÍM**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE: Ondřej Štancl

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Petr Jilek

2009

UNIVERSITY OF PARDUBICE
JAN PERNER TRANSPORT FACULTY
DEPARTMENT OF TRANSPORT MEANS

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF TEACHING PANEL
FOR FUEL SYSTEM OF COMBUSTION ENGINE WITH
INJECTION**

BACHELOR WORKS

AUTHOR: Ondřej Štancl
SUPERVISOR: Ing. Petr Jilek

2009

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupnění své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Rychnově nad Kněžnou dne 13.listopadu 2009

Ondřej Štancl

ABSTRAKT

V úvodu mé práce je naznačen návrh koncepčního řešení výukového panelu palivové soustavy zážehového motoru se vstřikováním. Následující část práce se zabývá historií, rozdělením a popisem palivových soustav zážehového motoru se vstřikováním, jejich jednotlivými typy a popisem funkce. Závěrečná část práce popisuje způsob, jakým byl výukový panel navrhován a vyráběn.

Na tomto místě bych rád poděkoval za připomínky a rady vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Jilkovi. Dále své rodině a přítelkyni za pomoc a vytvoření vhodných podmínek pro studium.

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod | 1 |
| 1. Návrh koncepčního řešení výukového panelu | 3 |
| 1.1. Komponenty palivové soustavy zážehového motoru 1,8 TSI | 4 |
| 2. Prezentace palivových systémů (metodika výuky) | 9 |
| 2.1. Teorie směšovacího poměru | 9 |
| 2.2. Systém tvorby směsi | 11 |
| 2.3. Přehled používaných systémů nepřímého vstřikování paliva u zážehových motorů osobních automobilů | 14 |
| 2.3.1. D - Jetronic | 14 |
| 2.3.2. L - Jetronic | 16 |
| 2.3.3. LH - Jetronic | 18 |
| 2.3.4. K - Jetronic | 20 |
| 2.3.5. KE - Jetronic | 23 |
| 2.3.6. Mono - Jetronic | 23 |
| 2.4. Historie a přehled používaných systémů přímého vstřikování paliva u zážehových motorů osobních automobilů | 25 |
| 2.4.1. Analýza činnosti systému přímého vstřikování benzínu | 25 |
| 2.4.2. Historie přímého vstřikování benzínu | 26 |
| 2.4.3. GDI - Mitsubishi | 27 |
| 2.4.4. IDE - Renault | 29 |
| 2.4.5. HPI - Peugeot, Citroen | 29 |
| 2.4.6. Systém řízeného spalování SCC (Saab Combustion Control) | 30 |
| 2.5. FSI - VW | 32 |
| 2.5.1. Režimy motoru s přímým vstřikováním paliva FSI | 32 |
| 2.5.2. Palivový systém přímého vstřikování FSI | 36 |
| 2.5.3. Komponenty a součásti přímého vstřikování paliva FSI | 37 |
| 3. Popis výroby výukového panelu | 39 |
| 3.1. Příprava podkladové desky | 39 |
| 3.2. Výběr vhodných součástí pro osazení panelu | 40 |
| 3.3. Návrh rozložení součástí a informačních popisek na panelu | 40 |
| 3.4. Příprava součástí | 40 |
| 3.5. Osazení součástí na výukový panel | 41 |
| 3.6. Příprava a osazení panelu informačními popiskami | 41 |

| | |
|---|----|
| 3.7. Zhodnocení výroby výukového panelu | 41 |
| Závěr | 42 |
| Seznam literatury | 43 |
| Seznam obrázků | 44 |
| Seznam grafů | 45 |
| Seznam příloh | 46 |
| Údaje pro knihovnickou databázi | 47 |

Úvod

Vozidlové spalovací motory, ať již zážehové či vznětové jsou srdcem každého vozidla. Určují řadu jeho důležitých vlastností, jako například akcelerační schopnosti a průměrná spotřeba. Vozidlové spalovací motory jsou vlastně tepelné stroje přeměňující tepelnou energii na mechanickou práci. Zdrojem tepelné energie jsou kapalná či plynná uhlovodíková paliva, která jsou ve směsi se vzduchem spalována ve spalovacím prostoru. Při ideálním spalování uhlovodíkových paliv se vzdušným kyslíkem vznikají dvě látky oxid uhličitý a vodní pára. Ve skutečnosti k dokonalému spalování nedochází a vznikají další složky výfukových plynů, kterými jsou oxid uhelnatý, oxidy síry a dusíku, nespálené uhlovodíky, přízemní ozón či pevné částice uhlíku (saze). S rozvojem dopravy, v průběhu minulého století, bylo již nezbytné donutit výrobce automobilů k co nejekologičtějšimu provozu nových vozidel. Proto byly od druhé poloviny 20. století zavedeny zákonné předpisy o maximálních emisních hodnotách škodlivých látek ve výfukových plynech. Výrobci tak musí pro homologaci nového vozu splnit platnou normu dané země. Tento fakt nejvíce ovlivnil a urychlil vývoj vozidlových spalovacích motorů. K hlavním cílům při konstrukci spalovacích motoru, kterými jsou dostatečný výkon, správný průběh točivého momentu a spolehlivost, přibýly i vlastnosti jako průměrná spotřeba paliva a ekologický provoz. Splnění všech požadavků na moderní spalovací motor sebou přineslo i náročný vývoj příslušenství spalovacího motoru, kterými jsou palivová soustava, výfuková soustava, chladicí a mazací systém a u zážehového motoru zapalování. Téma bakalářské práce „Návrh a zhotovení výukového panelu palivové soustavy zážehového motoru se vstříkovaním“ již jasně specifikuje problematiku, kterou se bude práce zabývat.

Práce je rozdělena do tří hlavních částí. První část se zabývá návrhem rozmístění součástí zvoleného palivového systému na výukovém panelu a jejich popisem. Dále jsem se také snažil vybrat a rozmístit na tento panel nejdůležitější informace pro vysvětlení funkce jednotlivých komponentů palivové soustavy. V následující části jsou popsány úlohy a funkce, které palivový systém zajišťuje. Dále vývoj a rozdělení palivových soustav, popis součástí palivového systému a prezentace jednotlivých palivových systémů. V závěrečné části jsem se zabýval samotným návrhem a výrobou výukového panelu vybrané palivové soustavy. Vypracoval jsem osnovu postupu práce pro výrobu panelu, podle které jsem následně panel zhotovil. Zvolil jsem systém

přímého vstřikování benzínu TSI koncernu VW, se kterým se běžně můžeme setkat na našich silnicích. Zážehové motory koncernu VW používající systém přímého vstřikování benzínu TSI jsou 1,2TSI; 1,4TSI; 1,8TSI; 2,0TSI. Použil jsem komponenty palivové soustavy motoru 1,8TSI 118kW, který najdeme pod kapotou vozů například Škoda Octavie, Škoda Yeti, Škoda Super, VW Golf, VW Passat, Seat Leon, Seat Altea, Audi A3 a Audi A4.

1. Návrh koncepčního řešení výukového panelu

Součástí této práce je návrh a tvorba výukového panelu, který by měl studentům, co nejnázorněji předvést jednotlivé součásti palivové soustavy zážehového motoru se vstřikováním. Pro jednoduchost a názornost jsem se rozhodl panel osadit jen jedním typem palivové soustavy. Palivový systém zážehového přeplňovaného motoru 1,8 TSI koncernu VW byl zvolen jako představitel moderního agregátu. Tento motor využívá přímého vstřiku benzínu do válce FSI, který bude podrobně popsán v následující kapitole. Palivový systém je tvořen nízkotlakým a vysokotlakým okruhem, oba okruhy jsou znázorněny na výukovém panelu. Rozmístění jednotlivých prvků panelu zohledňuje skutečné umístění komponent palivového systému v automobilu. Vystavené díly palivového systému by pro názornost měli být opatřeny vhodně zvoleným řezem nebo doplněny stručným textem či obrázkem. Při navrhování koncepčního řešení výukového panelu jsem mohl s výhodou využít i skutečnosti, že vystavované díly byly demontovány z téměř nepoužitého motoru, jsou zcela funkční. Vytipoval jsem komponenty, které by bylo možné využít také k výuce diagnostiky, např. při měření charakteristik a elektrických parametrů součástí. Vybrané díly budou zachovány plně funkční a budou upevněny na panel s přihlédnutím na snadnou demontáž z panelu. K těmto dílům budou přiloženy informační listy součástí obsahující: označení dílu, obrázek nahrazující řez konstrukčním prvkem, popřípadě informace potřebné k měření součástí.

Cílem návrhu koncepčního řešení je dle mého názoru kvalitní výukový panel, který bude možné využívat při výuce problematiky spalovacích motorů a diagnostického měření. Měl by seznámit studenty s konkrétním palivovým systémem zážehového motoru, osvětlit funkci komponentů a součástí a navíc umožnit vybrané vystavené díly využít jako pomůcky při výuce diagnostiky. Výukový panel by měl být především přehledný a proto nemůže obsahovat veškeré informace jak o samotném palivovém systému, tak jeho součástí. Proto jsem zařadil do koncepce výukového panelu vytvoření prezentace, která by se zabývala tématy: uvést problematiku přímého vstřiku benzínu, palivovým systémem motoru 1,8 TSI, stručným popisem všech komponentů palivové soustavy. Prezentace bude přiložena jak v elektronické formě, tak i jednotlivé listy prezentace budou ve formě přílohy vloženy do bakalářské práce.

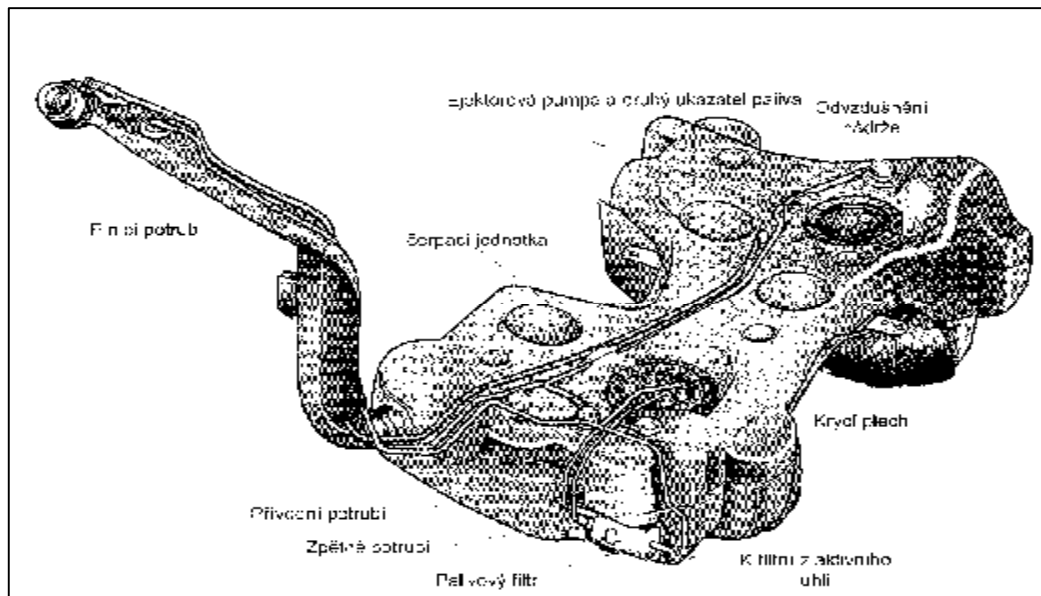
1.1 Komponenty palivové soustavy zážehového motoru 1,8 TSI:

Palivová nádrž

Je zásobníkem paliva pro motorové vozidlo, níže uvedený obrázek 1.1 zobrazuje palivovou nádrž osobního vozidla. Je vyrobena s plastu a je umístěna v zadní části vozu před zadní nápravou. Nádrž je rozdělena příčkami vlnolamy, které zabraňují hromadění paliva při brždění, akceleraci nebo při jízdě zatáčkami. Ve spodní části nádrže je výpustný odkalovací šroub. Objem nádrže je volen tak, aby zásoba paliva zajistila dojezd vozidla v dosahu cca 500km. Plnicí hrdlo je opatřeno uzávěrem, někdy i hrubým čističem paliva (sítkem). Palivová nádrž musí být hlavně dobře odvětraná. Dále musí být palivová nádrž mechanicky odolná při nehodě vozu a měla by zabránit vzplanutí paliva.

Poznámky:

- díl nebude vystaven na výukovém panelu vzhledem k rozměrům dílu.



Obr. 1.1: Schéma palivové nádrže [2]

Modul palivového čerpadla

Je umístěn shora v nádrži paliva, nazývá se proto jako „IN TANK“. Integruje v sobě elektrické palivové čerpadlo, palivové sítko a měřič množství paliva v palivové nádrži. Palivové čerpadlo pracuje s konstantním tlakem 4 bary. Tento systém dopravuje jen tolik paliva, kolik je momentálně potřeba. Palivové čerpadlo je napájeno nižším elektrickým napětím, čímž je sníženo nebo zvýšeno dopravní množství. Palivové

čerpadlo má svou řídicí jednotku, která je umístěna v jeho těsné blízkosti a ta reguluje dopravované množství paliva z 30 l/h až na 180 l/h.

Sítka v sacím vedení umístěné ve spodní části modulu zabraňuje nasátí hrubých nečistot v palivové nádrži.

Měřič hladiny v palivové nádrži je tvořen plovákem, který sleduje hladinu a přes mechanismus je jeho pohyb přenášěn na odporovou dráhu. Okamžitá hodnota elektrického odporu odporové dráhy je jako napěťový signál zpracována (ŘJ) na objem paliva v palivové nádrži.

Poznámky:

- díl bude vystaven na výukovém panelu bez plastového krytu
- odporová dráha měřiče hladiny v palivové nádrži může být předmětem elektrických měření

Palivový filtr

Palivový filtr je konstruován tak, aby zachytil co nejvíc nečistot. Papírová vložka čističe má pórovitost 10 μ m pro lepší zachytávání i nejmenších částecek nečistot. Interval výměny filtru je závislý na objemu filtru nebo na množství přefiltrovaného paliva a znečištění paliva.

Poznámky:

- díl bude vystaven na výukovém panelu a bude opatřen vhodným řezem

Nádobka s aktivním uhlím

Aktivní uhlí zadržuje benzínové výpary přivedené odvětrávací hadičkou palivové nádrže. Aby bylo aktivní uhlí opět regenerováno, vede další hadička z nádobky do sacího potrubí. Při provozu vzniká v sacím potrubí podtlak. Ten způsobí, že je vzduch z okolí nasáván přes aktivní uhlí, kde strhává naakumulované palivo, které je posléze spáleno v motoru.

Poznámky:

- díl bude vystaven na výukovém panelu a bude opatřen vhodným řezem

Regenerační ventil

Regenerační ventil umístěný na hadičce k sacímu potrubí reguluje regeneraci aktivního uhlí (promývání). Jde o elektromagnetický ventil, který je otevírán pravouhlejším impulsem z řídicí jednotky motoru.

Poznámky:

- díl bude vystaven na výukovém panelu v původním stavu
- regenerační ventil může být předmětem elektrických měření

Vysokotlaké čerpadlo

Hlavními úkoly vysokotlakého čerpadla je zvýšit tlak paliva z 0,4 MPa na 12 MPa a zajistit co nejmenší kolísání tlaku paliva v zásobníku paliva. Skládá se ze tří hlavních skupin - vlastní jednopístkové čerpadlo, regulátor tlaku paliva, tlumící element.

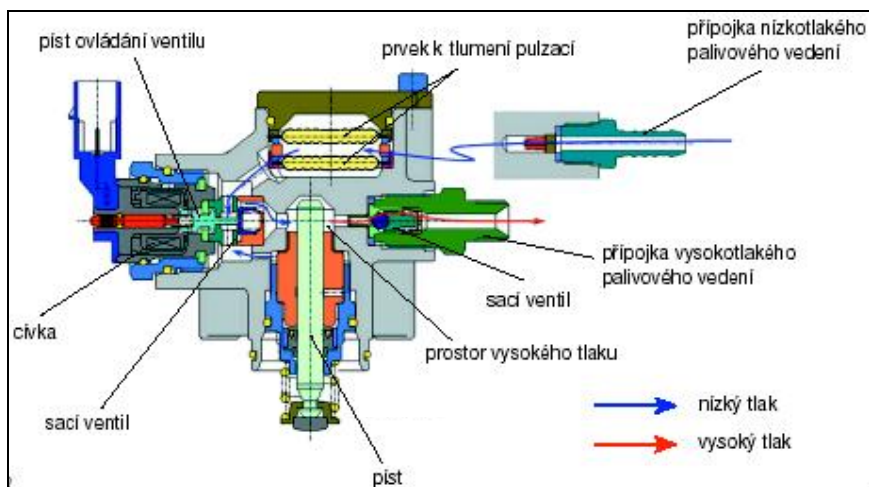
Vysokotlaké čerpadlo je jednopístkové čerpadlo, poháněné nepřetržitě prostřednictvím vačkového hřídele. Pro každý vstřík je nutný jeden pohyb pístku, to zajišťuje čtyřčinná vačka (pro čtyřválcový motor). Pístek vysokotlakého čerpadla se vlivem vačkového hřídele pohybuje dolů, otevře se těsnící ventil a přes něj se palivo dostane do prostoru nad pístek vysokotlakého čerpadla. V následující fázi se vlivem pohybu vačkového hřídele začne pohybovat pístek nahoru. Vlivem zvýšení tlaku se zavře sací ventil a vrůstá tlak v čerpadle. Tlak vzrůstá až do té doby, než je ovládací cívkou otevřen regulační ventil a snížen tlak. Palivo je dále vytlačováno do zásobníku paliva. Na rozdíl od vstřikování do sacího kanálu je dávkování paliva řízeno nikoliv délkou otevření trysky, ale změnou velikosti tlaku paliva, při konstantní délce otevření trysky. Proto regulátor tlaku nastavuje tlak paliva v celé provozní oblasti motoru podle pole charakteristik v paměti řídicí jednotky, v závislosti na vstupních signálech ze snímačů parametrů motoru, případně i vnějšího prostředí. Přitom musí být tlak paliva vystupujícího z regulátoru nezávislý, jak na vstřikovaném, tak na dopravovaném množství. Nadbytečné palivo z regulátoru nebývá odváděno zpět do palivové nádrže, ale k sacímu vstupu vysokotlakého čerpadla. Tím se zabrání ohřívání paliva v nádrži a zbytečnému zatěžování soustavy jejího odvětrávání.

Regulátor je namontován bezprostředně na tělese vysokotlakého radiálního pístového čerpadla. Palivo s vysokým tlakem přitéká ke kulovému uzávěru, který je otevírán elektromagnetem, k jehož vinutí se přivádí signál z řídicí jednotky. Podle délky otevření uzávěru se mění výstupní tlak paliva z regulátoru. Ta pohybuje pístkem, čímž vzrůstá tlak paliva v prostoru vysokého tlaku. Dosáhne-li tlak požadované hodnoty, je palivo odvedeno pomocí regulátoru tlaku paliva do zásobníku paliva (palivové lišty).

Vysokotlaké čerpadlo musí mít tlumící element, který brání rezonanci čerpadla. Tlumící element je vlastně pružina a membrána. Vlivem působení tlaku na membránu se membrána prohne a tím dojde k odlehčení. Po snížení působení tlaku na membránu je membrána vrácena do původní polohy předepjatou pružinou.

Poznámky:

- *díl bude vystaven na výukovém panelu v původním stavu a doplněn obrázkem dílu v řezu*
- *palivové čerpadlo může být využito např. při výuce diagnostiky*



Obr. 1.2: Schéma palivového čerpadla [5]

Palivová lišta (zásobník paliva)

Zásobník paliva musí být velmi pružný, aby utlumil tlakové pulzace způsobené jak periodickými odběry paliva, tak i vlastní pulzací proudu paliva ve vysokotlakém čerpadle. Naproti tomu musí být zásobník paliva natolik pevný, aby tlak paliva mohl být dostatečně rychle přizpůsoben požadavkům motoru. Hodnota tlaku paliva je kontrolována snímačem vysokého tlaku paliva. Zvolená pružnost zásobníku paliva vyplývá zejména ze stlačitelnosti paliva a objemu zásobníku. Zásobník má tvar trubky, je opatřen otvory pro připojení vstříkovacích ventilů, tlakového řídicího ventilu, vysokotlakého čerpadla a příslušných snímačů.

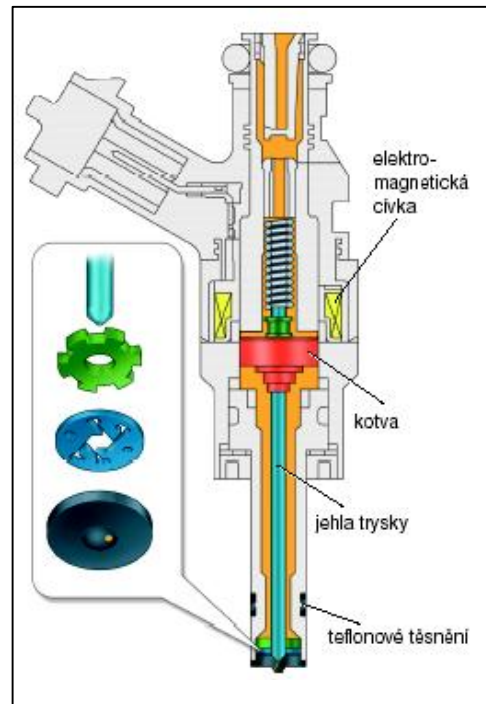
Poznámka:

- díl bude vystaven na výukovém panelu a bude opatřen vhodným řezem

Vstříkovací ventil

Vstříkovací ventil musí splňovat vysoké požadavky s ohledem na jeho umístění, na krátké doby vstříku, na vysoký rozsah linearity a na výpočtu tvaru vstříkovacího paprsku. Vstříkovací ventily jsou u přímého vstříkování benzínu připojeny přímo na zásobník paliva. Prostřednictvím řídicího signálu pro vstříkovací ventil je určen počátek vstříku a množství vstříkovaného paliva. Napájení vstříkovacích ventilů se snížilo z dříve používaných 90 V na 65 V, čímž došlo ke snížení tepelné zátěže vstříkovacích ventilů a řídicí jednotky motoru. Vstříkovací ventily jsou elektronicky řízené. Ke každému válci přísluší jeden vstříkovací ventil, který je otevírán elektronickými impulzy z řídicí jednotky. Pokud je vinutí elektromagnetu bez proudu, přitlačuje šroubová pružina jehlu do sedla na těsnění. Při připojení proudu je nejprve

o cca. 0,04 mm pohnuto jádrem a pak dojde k nazvednutí jehly a palivo začne procházet skrz trysku. Palivo je vstřikováno jen takovou dobu, kdy je tryska nazvednuta (jen pokud je přiveden proud na ovládací cívku). Vstřikovací ventily vstřikují přímo do spalovacího prostoru. Jádrová vůle je vytvořena „rozpojením“ jádra a vstřikovací trysky vůle je 40 μ snížila se tím i rapidně hlučnost. Používají se jednotvorové vstřikovací trysky s úhlem výstupu 70° a úhlem rozprášení 120°. Jejich výhodou je, že v krátkém časovém okamžiku jsou schopny vstříknout velké množství paliva. Při výměně vstřikovacího ventilu se musí rovněž vyměnit i těsnící teflonový kroužek.



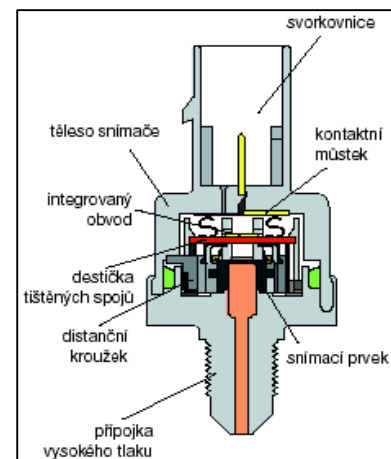
Obr. 1.3: Schéma vstřikovacího ventilu [5]

Poznámky:

- díl bude vystaven na výukovém panelu v původním stavu a doplněn obrázkem dílu v řezu
- vstřikovací ventil může být využit např. při výuce diagnostiky

Snímač tlaku paliva

Snímač tlaku paliva měří tlak paliva v palivové liště. Údaj o velikosti tlaku je přenášěn do řídicí jednotky motoru a slouží k regulaci tlaku paliva. Vyhodnocovací elektronika je umístěna ve snímači a je napájena napětím 5V. Se stoupajícím tlakem paliva klesá odpor a zároveň vzrůstá hodnota napěťového signálu.



Obr. 1.4: Schéma snímače tlaku paliva [5]

Poznámky:

- díl bude vystaven na výukovém panelu v původním stavu a doplněn obrázkem dílu v řezu
- snímač tlaku paliva může být využit např. při výuce diagnostiky

2. Prezentace palivových systémů (metodika výuky)

Úvod

Palivový systém zážehového motoru plní podstatnou úlohu potřebnou pro funkci motoru a to: zadržuje, čistí a dopravuje palivo, ale nejpodstatnější funkce palivového systému je tvorba směsi vzduchu a paliva. Proto je nutné si v úvodu připomenout teorii směšovacího poměru.

2.1 Teorie směšovacího poměru

Zážehový motor potřebuje ke svému provozu určitý poměr vzduchu a paliva. Ideální teoretické spalování nastává při poměru 14,7 kg vzduchu na 1kg paliva. Označován též jako stechiometrický poměr. Určité provozní stavy motoru vyžadují korekci složení směsi. Měrná spotřeba paliva zážehového 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 10000 litrů vzduchu. 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. K rozpoznání toho, jak hodně se odlišuje skutečný poměr vzduchu a paliva od teoreticky nutného (14,7:1) byl zvolen součinitel přebytku vzduchu (λ). Součinitel λ vyjadřuje poměr skutečně přivedené hmotnosti vzduchu k hmotnosti vzduchu potřebné pro stechiometrické spalování. Nabývá-li hodnot:

$\lambda = 1$ – skutečně přivedená hmotnost vzduchu odpovídá teoretické potřebě.

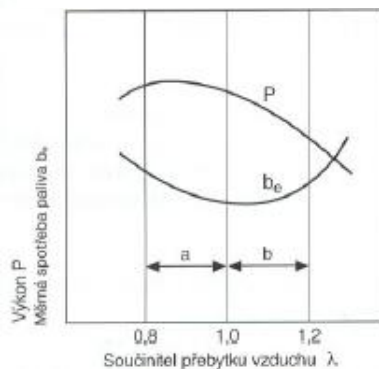
$\lambda < 1$ – nedostatek vzduchu, nebo-li bohatá směs. Nejvyššího výkonu se dosahuje při $\lambda = 0,85...0,95$.

$\lambda > 1$ – přebytek vzduchu, nebo-li bohatá směs, nasává od $\lambda = 1,05...1,3$. Při této hodnotě součinitele přebytku vzduchu lze pozorovat snižující se spotřebu paliva a snížený výkon.

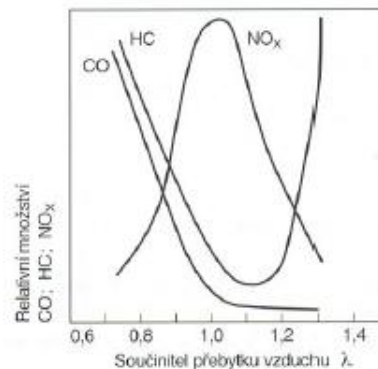
$\lambda > 1,3$ – směs již není schopna zapaleni. Dochází k vynechávání spalování. Běh motoru je značně neklidný.

Znázornění závislosti výkonu a měrné spotřeby paliva spolu s vývojem složení emisí na součinitel přebytku vzduchu λ znázorňují následující dva grafy:

- a) bohatá směs (nedostatek vzduchu)
b) chudá směs (přebytek vzduchu)



Graf 2.1: závislost výkonu a měrné spotřeby paliva na λ [3]



Graf 2.2: složení emisí na 1 [3]

Z uvedených charakteristik je patrné, že neexistuje ideální hodnota součinitele přebytku vzduchu, při které dosahují všechny faktory nejpříznivější hodnoty. V praxi se jako zpracování emisí v třicestném 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 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 k zvýšeným emisím HC. Pro splnění emisních limitů musely přejít výrobci od jednoduchých karburátorů na vstříkovací zařízení, které umožňují řízení směsi a později i řízení zapalování.

V provozních stavech (studený start, fáze po startu, fáze zahřívání, částečné zatížení, plné zatížení, akcelerace, decelerace, přizpůsobení směsi ve vyšších polohách) se potřeba paliva velmi odlišuje od stacionární potřeby zahřátého motoru. V takových případech je nutný korekční zásah do přípravy směsi.

2.2. Systém tvorby směsi

Systém tvorby směsi se vyvíjel od vynálezu spalovacího motoru a stále se vyvíjí, jeho konstrukce ovlivňuje složení palivového systému. Nejprve je potřeba vrátit se do minulosti a připomenout systémy, které předcházely palivovým systémům se vstřikování paliva. Připomenout si, jak se ubíral vývoj a proč se vlastně přešlo od nejprimitivnějších systémů k přímému vstřikování benzínu.

Příprava směsi vzduchu a paliva zahrnuje rozprašování paliva, odpařování a vytváření co nejhomogennější směsi. U vozidlových zážehových motorů se prosadili dva systémy:

Karburátor – plní funkci odměřování paliva a směšovače. Obě funkce jsou spojeny v jeden celek s celou řadou přídatných zařízení. Ty zajišťují optimální směs vzduchu s palivem pro všechny provozní režimy zážehového motoru. Karburátory jsou již v současnosti překonány systémy vstřikování paliva, ale stále se používají například u zahradní techniky nebo v oblasti leteckého modelářství. Proto nyní bude stručně popsán vývoj karburátoru a dále se bude bakalářská práce zabývat systémy vstřikování paliva.

V roce 1885 navrhl Nikolaus August Otto odpařovací karburátor. Byl to karburátor velice primitivní konstrukce, řízení karburátoru nebylo žádné. Nasávaný vzduch proudící přes difuzor byl syčen odpařovaným palivem. V roce 1893 Wilhelm Maybach sestrojil rozprašovací karburátor, který již využíval palivovou trysku. Následovali karburátory s proměnlivým difuzorem, membránové, jednoduché nebo dvojitě karburátory až po karburátor tzv. Ekotronic používaný ještě na začátku devadesátých let dvacátého století. Byl to karburátor, který byl již řízen pomocí elektronických systémů, ale od tohoto systému se upustilo z důvodu vysoké poruchovosti. Výrobci začali být tlačeni zpřísnujícími emisními normami, na jejichž plnění karburátory nestačili. Proto se přešlo na vstřikování paliva.

Vstřikovací zařízení – palivo je vstřikováno pomocí vstřikovacích ventilů do sacího potrubí popř. do těsné blízkosti sacích ventilů u nízkotlakého nepřímého vstřikování nebo do spalovacího prostoru u vysokotlakého přímého vstřikování. Množství paliva pro vytvoření optimální směsi je přesně dávkováno těmito vstřikovacími ventily, proto nejsou nutná žádná korekční zařízení oproti karburátoru. Výkon motoru je regulován změnou průtočného množství vzduchu s odpovídající změnou dávky paliva. Rozvoj vstřikovacích zařízení u vozidlových zážehových motorů nastal na konci šedesátých let 20. století.

Výhody vstřikování paliva proti motorům s karburátorem jsou tyto:

- vyšší točivý moment a jeho příznivější průběh
- vyšší měrný výkon
- nižší měrná spotřeba paliva
- dobré přechody (např. z částečného na plné zatížení), lepší pružnost motoru
- rychlejší reakce na změnu polohy škrtkící klapky
- zajištění správného směšovacího poměru pro všechny režimy chodu motoru
- zajištění správné funkce katalyzátoru a nižší obsah emisí

Rozdělení dle způsobu řízení vstřikování:

- mechanicky
- elektronicky

Rozdělení dle způsobu dávkování paliva:

- kontinuální vstřikování – nepřetržitá dodávka paliva do sacího systému. Regulace dávky může být provedena změnou tlaku paliva nebo častěji regulací průtočného průřezu dávkovacího zařízení v závislosti na průtočném množství vzduchu.
- simultální vstřikování – dochází ke vstřikování všech vstřikovacích ventilů v jeden okamžik, dvakrát za cyklus.
- skupinové vstřikování – jsou zde vytvořeny dvě skupiny vstřikovacích ventilů, kdy každá skupina vstřikuje jednou za cyklus. Časový odstup obou skupin tvoří jedna otáčka klikového hřídele. Toto uspořádání umožňuje již načasování okamžiku vstřiku dle provozních podmínek.
- sekvenční vstřikování – vstřikování umožňuje největší volnost. Vstřikovací ventily jsou ovládaný nezávisle na sobě ve stejný okamžik, vztaženo na příslušný válec. Okamžik vstřiku je volně programovatelný a lze jej přizpůsobit na příslušná optimalizační kritéria. O to se stará řídicí jednotka motoru.

Rozdělení dle způsobu dopravy paliva :

- **Jednobodové vstřikování paliva** (tzv. Centrální vstřikování) – je elektronicky řízený vstřikovací systém u kterého je palivo vstřikováno přerušovaně do sacího potrubí z jednoho elektromagnetického ventilu na centrálním místě nad škrtkící klapkou. Centrální vstřikování benzínu je vhodné pro motory do výkonu 80kW, mající nejvýše

čtyři válce. U tohoto vstřikování se palivo vstřikuje v jednom místě sacího potrubí společného pro všechny válce motoru. Umístění elektromagnetem ovládaného vstřikovacího ventilu odpovídá umístění karburátoru. Palivový paprsek trysky je nasměrován do průřezů škrtkové klapky.

- **Vícebodové vstřikování benzínu** – má ideální předpoklady pro splnění výše popsaných úkolů. U vícebodových vstřikovacích systémů je každému válci přiřazen jeden vstřikovací ventil, který vstřikuje palivo přímo před ventil příslušného válce. Příkladem tohoto vstřikování může být KE- nebo L-Jetronic s jejich různými variantami. Palivo je vstřikováno do jednotlivých větví sacího potrubí, přičemž vstřikovaný paprsek paliva je usměrňován do oblasti sacího ventilu. Tím je zabezpečeno rovnoměrné naplnění jednotlivých válců motoru palivem a odstraněna kondenzace paliva na studených stěnách sacího potrubí za nízkých teplot. Vstřikování může být kontinuální nebo přerušované.

- **Přímé vstřikování benzínu** – znamená, že benzín je vstřikován přímo do spalovacího prostoru. Ve srovnání s obvyklým vstřikováním paliva do sacího potrubí lze dosáhnout – v závislosti na otáčkách motoru a jeho zatížení – snížení spotřeby paliva o 5 – 30 %. Při trvalém snížení emisí CO₂. Vztaženo na evropský jízdní cyklus lze ušetřit až 20 % paliva. Pro přímé vstřikování benzínu je během provozu nutné zajistit přesné vyladění střídání režimu s vrstvenou směsí a režimu s homogenní směsí. Dřívějšímu zavedení tohoto způsobu bránilo např. omezení výkonu motoru v provozu s vrstvenou směsí nebo chybějící možnost katalytického zpracování emisí NO_x v režimech s velmi chudou směsí. Tyto problémy byly odstraněny a přímé vstřikování získalo velmi dobré předpoklady pro široké využití v moderních zážehových motorech.

Obecná analýza činnosti systému vstřikování

Systém vstřikování a jeho motor management má zajistit optimální chod motoru ve všech režimech zátěže při co nejmenších nárocích na spotřebu paliva a při nízké produkci výfukových plynů. Pro dosažení těchto požadavků je nutné vytvořit optimální směs vzduchu a paliva. Popsanou funkci plní vstřikovací systém. Jak již víme z kapitoly „Teorie směšovacího poměru“ je optimální směs charakterizována součinitelem přebytku vzduchu λ . Aby bylo možné vypočítat potřebnou dávku paliva k vytvoření optimální směsi se vzduchem s požadovaným součinitelem λ , je třeba znát hmotnost nasátého vzduchu do válce. Existuje několik metod pro vyhodnocování hmotnosti

nasátého vzduchu. Každá z metod pak předurčuje složení a vlastnosti jednotlivých systémů řízení motoru.

První metodou bylo měření absolutního tlaku v sacím potrubí, teploty nasávaného vzduchu, a počtu otáček motoru za jednotku času. Absolutní tlak v sacím potrubí je měřen tlakový snímačem umístěným v sacím potrubí. Teplota nasávaného vzduchu je měřena teplotním snímačem umístěným v sacím potrubí a otáčky motoru jsou měřeny snímačem polohy klikového hřídele, popřípadě snímačem otáček v rozdělovači zapalování. Při znalosti těchto hodnot lze vypočítat hmotové množství

nasátého vzduchu podle vzorce
$$m = \frac{p \cdot n_m \cdot V_z}{2 \cdot R \cdot T} \cdot K$$

Kde p-tlak, n_M-otáčky, V_Z-zdvihový objem, R-plynová konst., T-teplota, K-korekční součinitel.

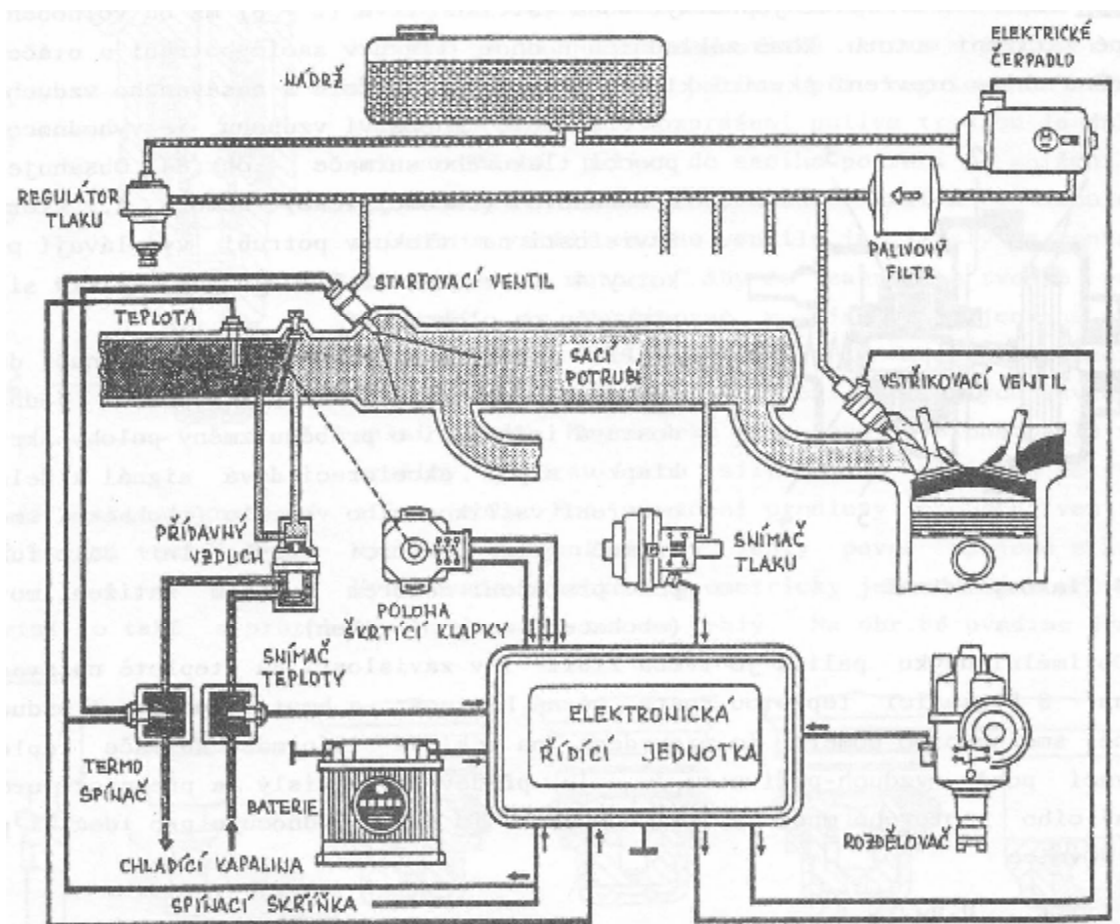
Druhá metoda je systém α / n_M , kde α – úhel natočení škrtkové klapky měřený potenciometrem, n_M – otáčky motoru měřené na rozdělovači.

Třetí metodou je přímé měření množství nasátého vzduchu prostřednictvím plovoucí klapky nebo drátkovým anemometrem (měřič průtočného množství vzduchu) popř. měřič s vyhřívaným filmem.

2.3. Přehled používaných systémů nepřímého vstřikování paliva u zážehových motorů osobních automobilů *(zaměřením na systémy fy BOSCH s ohledem na jejich plošné využití v celosvětovém měřítku i jejich průkopnickém zavedení do seriové výroby)*

2.3.1. D - Jetronic

V roce 1967 byl firmou BOSCH zaveden tento systém do výroby. Jednalo se o první plně elektronicky řízené vstřikování. Označení D vyjadřuje způsob měření množství nasávaného vzduchu, pro které bylo použito tlakové čidlo. Jde o vícebodové vstřikování paliva (pro každý válec samostatný ventil) do sacího potrubí před sací ventil. Dávka paliva je řízena elektronickou jednotkou, která zpracovává informace o podtlaku v sacím potrubí, teplotě nasávaného vzduchu, otáčkách motoru, poloze škrtkové klapky a provádí korekce podle naprogramovaných hodnot. Schéma palivového systému D-Jetronic je zobrazen na obrázku 2.1.



Obr. 2.1: Schéma systému D-Jetronic [1]

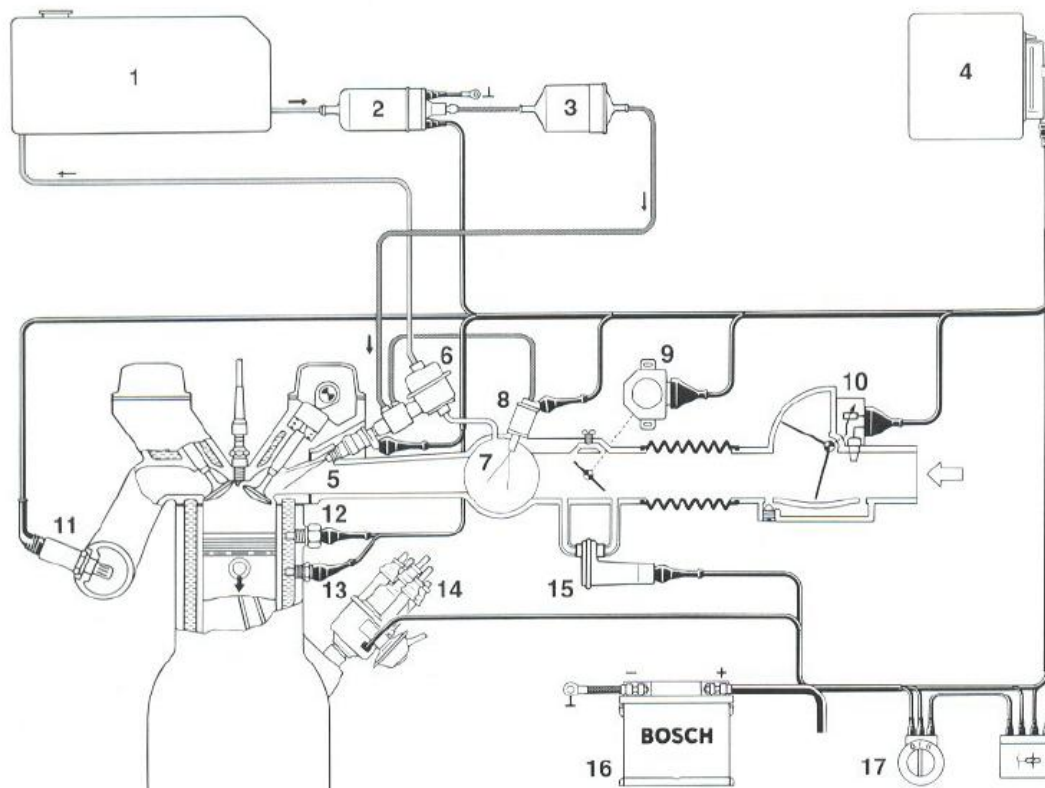
Tlak paliva, dodávaný elektrickým palivovým čerpadlem, je udržován na konstantní výši regulátorem tlaku na hodnotě kolem 200 kPa. Přebytečné palivo se vrací zpětnou větví do palivové nádrže. Pro vícebodové vstřikování se používají elektromagnetické ventily ovládané impulsy z řídicí jednotky. Při konstantním tlaku paliva je dávka paliva určena dobou otevření ventilu. Ta trvá od 2 – 8 ms od volnoběhu až po plné zatížení. Informace ze snímače otáček motoru potřebná pro výpočet množství nasátého vzduchu slouží i k synchronizaci okamžiku začátku vstřiku (impuls k otevření vstřikovacího ventilu). Vstřik je částečně časovaný. Elektromagnetické vstřikovací ventily jsou rozděleny do skupin a každá skupina vstřikovacích ventilů vstřikuje současně.

Průtokové množství nasátého vzduchu je vyhodnocováno pomocí tlakového snímače, ten převádí pneumatický signál na elektrický. Při akceleraci by tlakový snímač dával informaci se zpožděním. Proto řídicí jednotka zpracovává i informaci o poloze

škrtkící klapky (ze snímače polohy škrtkící klapky, pracujícím na principu potenciometru) a při akceleraci dává signál k delšímu otevření vstřikovacího ventilu (obohacení směsi). Snímač polohy škrtkící klapky dále slouží při plném zatížení motoru (obohacení na plný výkon). Optimální dávku je třeba řídit i dle teploty násávaného vzduchu. Při startování motoru je využíván startovací ventil umístěný za škrtkící klapkou. Ten vstřikuje přídavné palivo pro kompenzaci ztrát při kondenzaci paliva a zvýšených pasivních odporů. Dávka je ovlivněna informací o teplotě chladící kapaliny. Obohacení většinou probíhá do okamžiku zahřátí motoru na provozní teplotu. Nedostatky tohoto systému souvisí právě s výše popsanou metodou odměřování množství nasávaného vzduchu. Tlak v sacím potrubí není konstantní nýbrž pulsuje podle sání jednotlivých válců. Dále nemožnost použít recirkulaci výfukových plynů a rozdílnost podmínek vstřiků paliva u jednotlivých válců vlivem rozdělení vstřikovacích ventilů do skupin.

2.3.2. L – Jetronic

Jedná se opět o systém fy BOSCH zavedený v roce 1973. Činnost tohoto vstřikovacího zařízení je velmi podobné předešlému systému D-Jetronic a prakticky ho nahradil. Jedná se rovněž o vícebodové vstřikování, ale hlavní rozdíl je ve způsobu měření nasávaného vzduchu. Soustava zásobování palivem je tvořena elektrickým palivovým čerpadlem, palivovým filtrem, rozdělovacím potrubím (zásobníkem), regulátorem tlaku a vstřikovacími ventily. Palivové čerpadlo dodává palivo z nádrže pod konstantním tlakem kolem 250 kPa přes filtr do rozdělovacího potrubí. Z rozdělovacího potrubí vedou samostatná potrubí k jednotlivým vstřikovacím ventilům. Na konci rozdělovacího potrubí je umístěn regulátor tlaku, který udržuje konstantní tlak a přebytečné palivo odpouští zpětným vedením do palivové nádrže. Opět jsou u tohoto vícebodového vstřikování použity elektromagnetické ventily ovládané impulsy z řídicí jednotkou. Dávka paliva je při konstantním tlaku paliva určena dobou otevření vstřikovacího ventilu. Elektronické řízení vstřikovacích ventilů je paralelní, tzn. že všechny ventily vstřikují současně 2x za cyklus (s každou otáčkou klikového hřídele). Při zavřeném sacím ventilu zůstává palivo se vzduchem za sacím ventilem a při jeho otevření je nasávaným vzduchem dopraveno do válce. Schéma palivového systému L- Jetronic zobrazuje obrázek 2.2.



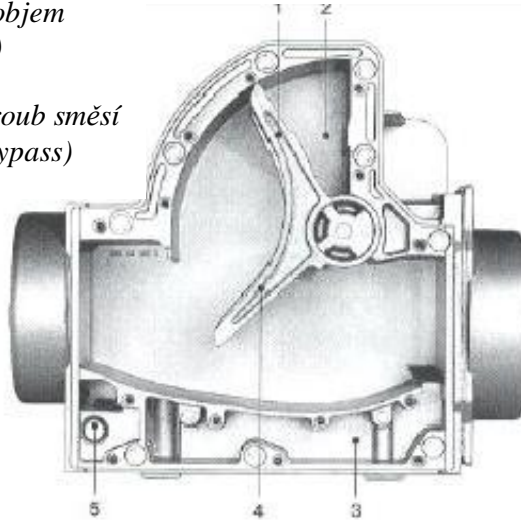
1- palivová nádrž, 2- elektronické palivové čerpadlo, 3- palivový filtr, 4- řídicí jednotka, 5- vstříkovací ventil, 6- rozdělovací potrubí s regulátorem tlaku, 7- sběrné sací potrubí, 8- ventil studeného startu, 9- spínač škrťací klapky, 10- měřič množství vzduchu, 11- lambda sonda, 12- teplotně časový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

Obr. 2.2: Schéma systému L-Jetronic [1]

Ke snímání provozních dat slouží snímače, které převádí snímanou fyzikální veličinu na elektrický signál, který je přiváděný do řídicí jednotky. Snímače a řídicí jednotka tvoří řídicí systém. Řídicí jednotka neustále vyhodnocuje měřené veličiny a dávkuje palivo tak aby dávka přesně odpovídala okamžitým provozním stavům. Hlavní veličinou je celkové množství nasávaného vzduchu motorem. Je použito přímé měření tlakové síly, kterou vyvozuje proudící vzduch na výkyvnou plovoucí klapku. Proti tlakové síle působí spirálová pružina jako reakce. Konkrétní poloha klapky určuje průtokové množství. Pro potlačení pulsů v sacím potrubí je použita kompenzační klapka, která je přímo spojena s výkyvnou klapkou a má funkci jednoduchého pneumického tlumiče. Úhel natočení klapky je snímán potenciometrem a převáděn na el. signál. V klapkové komoře je dále řešen i volnoběh pomocí obtokového kanálu. Před výkyvnou klapkou je umístěn snímač teploty nasávaného vzduchu, který slouží

k odpovídající korekci vstřikovaného množství paliva. Obrázek 2.3 znázorňuje L-klapku.

- 1 kompenzační klapka
- 2 kompenzační objem
- 3 obtok (bypass)
- 4 měřicí klapka
- 5 nastavovací šroub směsí pro volnoběh (bypass)

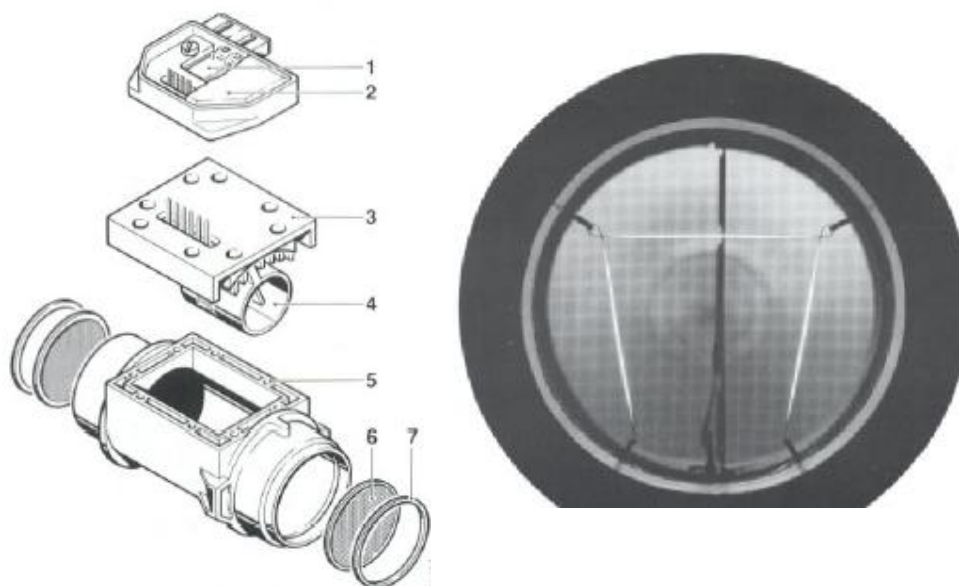


Obr. 2.3: L-klapka v řezu [9]

Pro samotný výpočet množství vstřikovaného paliva jsou zpracovávány řídicí jednotkou i signály ze snímačů polohy škrtící klapky a otáček motoru. Přímým měřením nasávaného množství vzduchu je zajištěna reakce na okamžitý stav motoru včetně opotřebení v průběhu provozu (zakarbonování, výrobní nepřesnosti, zanesení zařízení katalyzátoru atd.). Obohacení směsi při startu motoru i při jeho ohřívání na provozní teplotu opět zajišťuje startovací ventil umístěný za škrtící klapkou spolu se šoupátkem přidavného vzduchu umožňující obtok škrtící klapky. Při brždění motorem je navíc zaveden systém zvaný motorstop. Při informaci o zavěšení škrtící klapce a vyšších otáčkách řídicí jednotka přeruší dodávku paliva až do okamžiku dosažení volnoběžných otáček kdy je opět dodávka paliva obnovena.

2.3.3 LH - Jetronic

Dalším vývojovým stupněm tohoto systému je verze LH- Jetronic. Zásobování palivem probíhá přes stejné komponenty jako u L-Jetronicu. Rozdíl je ve způsobu měření množství nasávaného vzduchu, L-klapka je nahrazena exaktním měřením průtoku anemometrem. Nejdříve byl používán anemometr s vyhřívaným platinovým drátkem o průměru cca 0,07 mm v můstkovém zapojení zobrazený na obrázku 2.4.



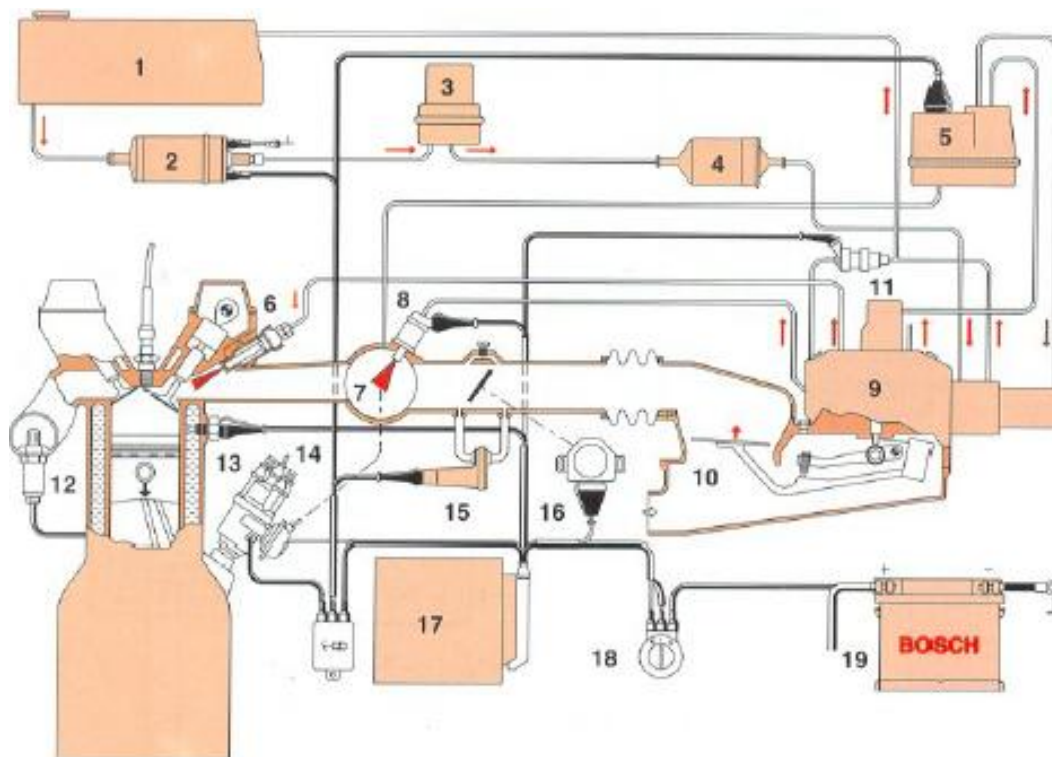
1- hybridní zapojení, 2- víko, 3- kovová vložka, 4- vnitřní potrubí se žhaveným drátem, 5- skříň, 6- ochranná mřížka, 7- upevňovací kroužek

Obr. 2.4: Drátkový Anemometr [9]

Napájení udržuje konstantní teplotu drátku k teplotě proudícího nasávaného vzduchu a potřebný elektrický proud je měřítkem množství nasávaného vzduchu. Výhodami tohoto měření jsou odpadají pohyblivé části přídavného zařízení v sacím potrubí, malý hydraulický odpor, přesnější měření při rozdílných teplotách okolí a v různých nadmořských výškách, rychlé přizpůsobení podmínkám motoru, vyšší výkon motoru z důvodu vyšší plnicí účinnosti, přesnější stanovení směšovacího poměru = snížení škodlivých látek ve spalinách, menší závislost na pulsacích v sacím potrubí, vzhledem k odečítací frekvenci až 1kHz. Existuje však riziko změny charakteristiky anemometru vlivem znečištění vyhřívaného drátku. Tento problém je řešen krátkodobým vyžháním drátku při zastavení motoru. Dalším vývojovým stupněm bylo nasazení anemometru s vyhřívaným filmem. U tohoto provedení je vyhřívaným tělískem platinový odpor ve formě tenkého filmu.

2.3.4 K - Jetronic

Jedná se o mechanicko-hydraulický systém vstřikování paliva zavedený firmou BOSCH v roce 1973. Schéma palivového systému je zobrazeno na obrázku 2.5.



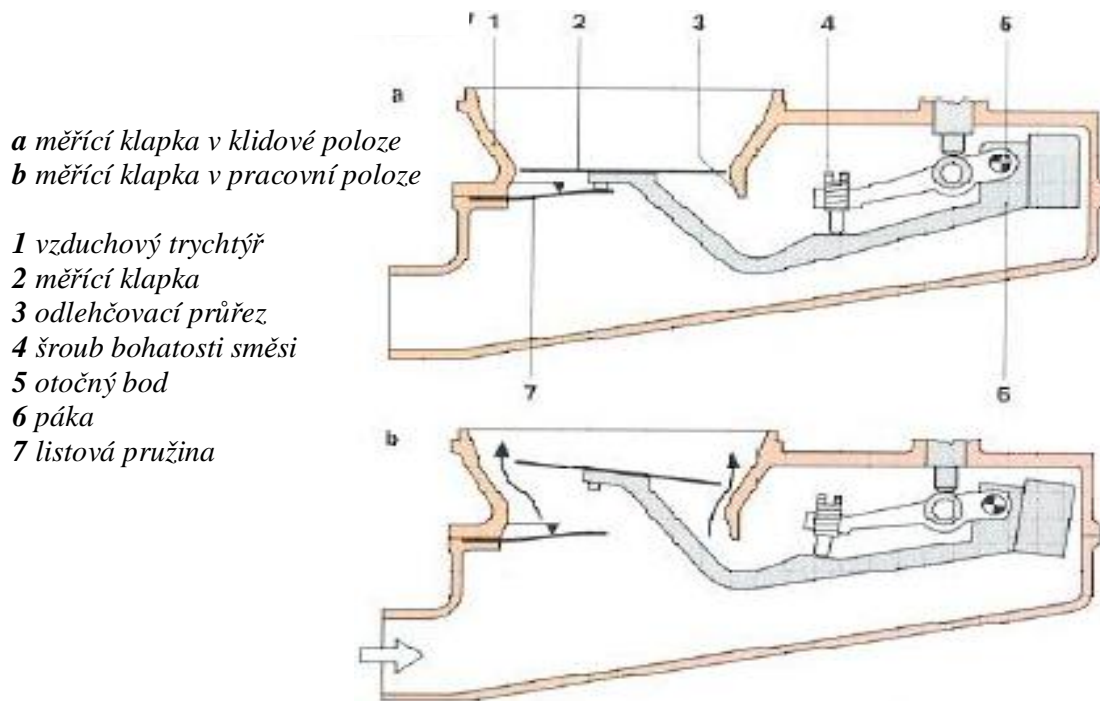
1 palivová nádrž, 2 elektrické palivové čerpadlo, 3 zásobník paliva, 4 palivový filtr, 5 teplotní regulátor tlaku, 6 vstříkovací ventil, 7 sběrné sací potrubí, 8 ventil studeného startu, 9 rozdělovač množství paliva, 10 měřič množství vzduchu, 11 taktovací ventil, 12 lambda sonda, 13 teplotně – časový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

Obr. 2.5: Schéma systému K – Jetronic s lambda regulací [7]

Označení „K“ souvisí s kontinuální dodávkou paliva do samostatných mechanických vstříkovacích ventilů před sací ventil každého válce. Dávka paliva již není určena dobou otevření vstříkovacího ventilu, ale u kontinuálního vstříkování tlakem paliva. Regulační rozsah tlaku paliva v celém rozsahu otáček a zatížení motoru při přímé regulaci dávky tlakem paliva je vyšší než 1:1000. To je velice náročné, proto musí být mechanický systém speciálně konstruovaný. Zajišťuje tři základní funkce: dodávku a odměřování paliva, měření průtočného množství nasávaného vzduchu a tvoření směsi. Palivové čerpadlo dodává palivo z nádrže pod konstantním tlakem

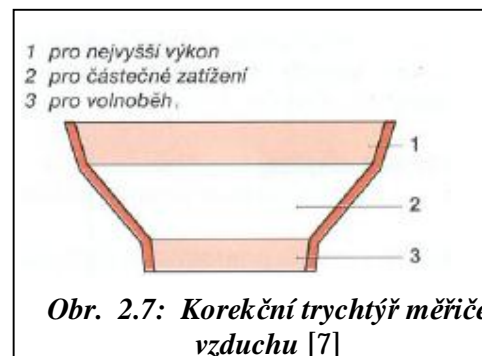
kolem 500 kPa do zásobníku paliva, dále přes filtr do regulátoru tlaku paliva. Ten udržuje konstantní tlak paliva v závislosti na teplotě chladicí kapaliny a přebytečné palivo odpouští zpětným vedením do palivové nádrže.

Pro zjištění průtočného množství nasávaného vzduchu je použit princip přímého měření tlakové síly proudícího vzduchu pomocí výkyvné klapky (vznosné klapky) viz obrázek 2.6.

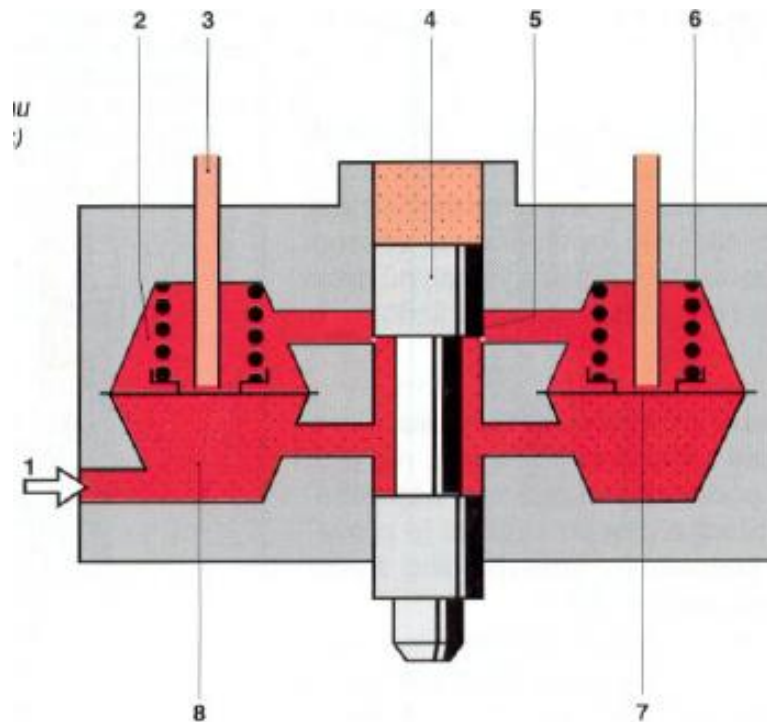


Obr. 2.6: Vznosná klapka v řezu [7]

Tlaková síla proudícího vzduchu je přímo úměrná protékajícímu množství a způsobuje pohyb plovoucí desky v hrdle velkého difuzoru ve směru proudění vzduchu. Tento pohyb je pak přenášen na šoupě regulátoru tlaku paliva, čímž je regulována dávka paliva. Tvarováním difuzoru v němž se vznosná klapka pohybuje můžeme přímo ovlivnit směšovací poměr. Toho je s výhodou využito viz obrázek níže. Základní tvar kužele 2 odpovídá částečnému zatížení. Rychlejší pohyb klapky a tedy obohacení je v části 1 pro plný výkon a v části 3 pro volnoběh.



Regulátor tlaku paliva je složen ze dvou hlavních komponent a to řídicí šoupátko a membránové komory pro každý válec jedna. Pohyb vznosné klapky je převeden pákou na šoupě regulátoru. Pohybem regulátoru je přepouštěcími kanálky v tělese přepouštěno palivo do jednotlivých membránových komor. Z jedné strany membrány působí konstantní tlak v palivové soustavě na druhou stranu membrány je přiváděno palivo již výše popsanou cestou přes řídicí píst. Prohnutí membrány přímo reguluje množství paliva odváděné potrubím k vstřikovací trysce speciálního provedení. Následující obrázek 2.8 zobrazuje rozdělovač množství paliva.



1 -Přívod paliva (systémový tlak), 2- Horní komora ventilu diferenčního tlaku, 3- Vedení ke vstřikovacímu ventilu (vstřikovací tlak), 4 -Řídicí píst, 5 -Řídicí hrana a řídicí drážka, 6- Pružina ventilu, 7- Membrána ventilu, 8 -Dolní komora ventilu diferenčního tlaku

Obr. 2.8: Rozdělovač množství paliva s ventily diferenčního tlaku v řezu [7]

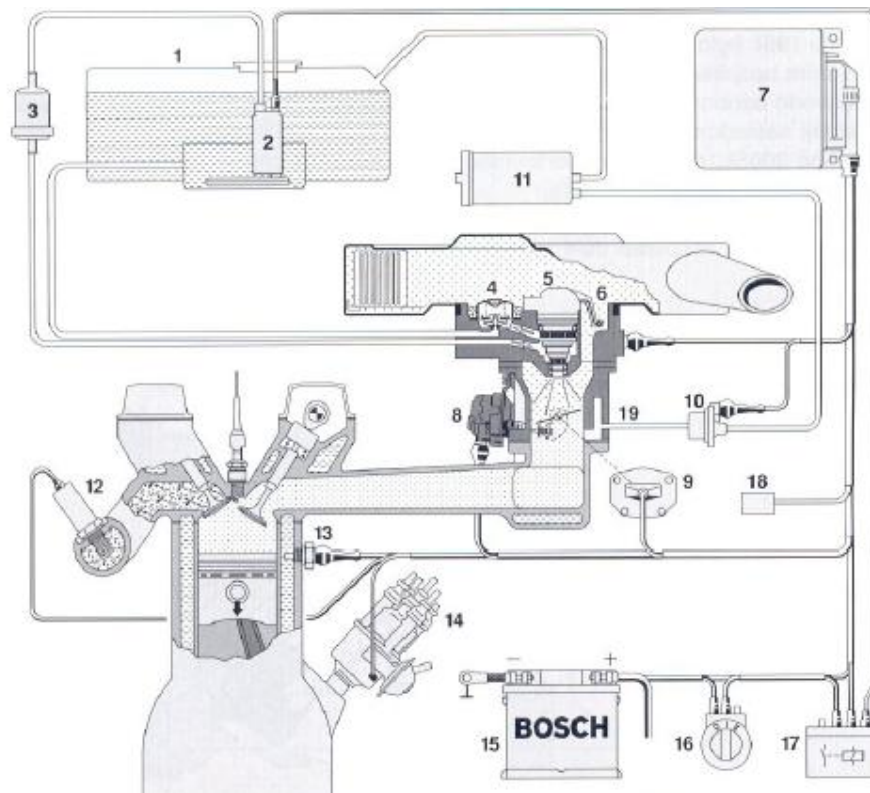
Jehla trysky je otevírána tlakem paliva, vlastní vstřik probíhá při samobuzeném kmitání jehly s frekvencí 1,5 - 2 kHz. Studený start je opět řešen elektricky řízeným startovacím vstřikovacím ventilem umístěným za škrtecí klapkou obohacující směs.

2.3.5 KE-Jetronic

Dalším vývojovým stupněm je KE-Jetronic, zavedený v roce 1982. Zlepšení spočívá ve zpracování dalších informací od jednotlivých senzorů řídicí jednotkou. Ta poté optimalizuje množství paliva a řídí pohyb šoupátka pomocí elektrohydraulického tlakového regulátoru. Ten mění tlak paliva a řídicím průřezem ovlivňuje vstřikované množství paliva. Elektronická řídicí jednotka dále přebírá řízení obohacení směsi při ohřevu motoru na provozní teplotu, akceleraci a plném výkonu.

2.3.6 Mono-Jetronic

Tento systém vstřikování paliva byl vyvinut převážně pro maloobjemové čtyřválcové motory. Mono-Jetronic je elektricky řízený nízkotlaký systém s centrálně umístěným elektromagnetickým vstřikovacím ventilem umístěným v sacím potrubí před škrtkou viz obrázek 2.9.

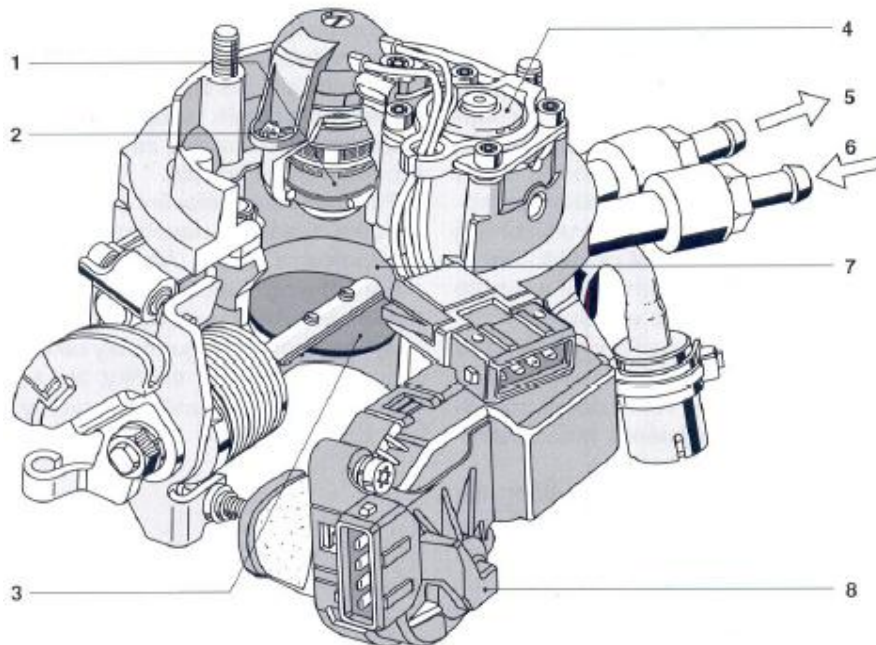


- 1- palivová nádrž, 2- elektrické palivové čerpadlo, 3- palivový filtr, 4- regulátor tlaku, 5- elektromagnetický vstřikovací ventil, 6- snímač teploty nasávaného vzduchu, 7- elektronická řídicí jednotka, 8- nastavovač škrtkové klapky, 9- potenciometr škrtkové klapky, 10- regenerační ventil, 11- nádoba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

Obr. 2.9 Schéma systému Mono – Jetronic [10]

Jde o kompromis ceny a kvality. Rozdělení paliva do jednotlivých válců je prováděno sacím potrubím, což patří k nevýhodám oproti vícebodovému vstřiku paliva. Palivo je dopravováno elektrickým čerpadlem umístěným v palivové nádrži přes jemný filtr, až do centrální vstřikovací jednotky. Ta mimo jiné integruje i regulační tlakový ventil, jež udržuje konstantní tlak v palivové soustavě a přebytečné palivo je vedeno zpětným vedením zpět do palivové nádrže. Při konstantním tlaku paliva je pak dávka paliva určena dobou otevření vstřikovacího ventilu. Nasávané množství vzduchu je odvozováno systémem α / n_M , kde α – úhel natočení škrtkové klapky, měřený potenciometrem, n_M – otáčky motoru, měřené na rozdělovači. Tento systém dále vyžaduje přídatné informace pro zajištění optimální bohatosti směsi při všech provozních režimech. Je měřena teplota nasávaného vzduchu, teplota chladicí kapaliny, napětí akumulátoru a lambda regulace.

Centrální vstřikovací jednotka je složena z modulu škrtkové klapky a hydraulického tělesa s elektromagnetickým vstřikovacím ventilem. Dále je vybavena snímačem teploty nasávaného vzduchu, potenciometru škrtkové klapky, a zařízením pro nastavování škrtkové klapky. Elektromagnetický ventil bývá v provedení s čepovou tryskou nebo tryskou uzavíranou kuličkou a uskutečňující vstřik 6 radiálními otvory.



1- vstřikovací ventil, 2- snímač teploty nastaveného vzduchu, 3- škrtková klapka, 4- regulátor tlaku paliva, 5-odvod paliva, 6-přívod paliva, 7- potenciometr škrtkové klapky (na prodlouženém hřídeli škrtkové klapky není vidět), 8- nastavovač škrtkové klapky

Obr. 2.10 Vstřikovací jednotka (pohled v částečném řezu) [7]

Studený start i ohřev motoru je řešen přidavným palivem – obohacením prodloužením doby vstřiku. Při volnoběhu jsou volnoběžné otáčky regulovány korekcemi polohy škrtkící klapky pomocí zastavovače škrtkící klapky. Stejným způsobem je řešena i výšková korekce. Při částečném zatížení pracuje motor se směšovací poměrem $\lambda = 1$ na základě lambda regulace, pro zajištění minimální produkce škodlivin ve výfukových spalínách. Obohacení při plném zatížení je provedeno na základě informací z potenciometru škrtkící klapky. Snížení spotřeby je opět dosaženo motorstopem.

2.4. Historie a přehled používaných systémů přímého vstřikování paliva u zážehových motorů osobních automobilů (vzhledem k významu přímého vstřikování při konstrukci moderních zážehových motorů bude tato kapitola podrobněji popisovat danou problematiku)

2.4.1. Analýza činnosti systému přímého vstřikování benzínu

Jako každý systém, tak i systém přímého vstřikování a jeho motor management, má zajistit optimální chod motoru ve všech režimech zátěže, při co nejmenších nárocích na spotřebu paliva a při nízké produkci výfukových plynů. Tak, aby motory s přímým vstřikem paliva splňovali emisní normy. Přímý vstřik benzínu vyžaduje komplexní systémový přístup k optimálnímu uspořádání směsi a spalování. Důležitý je účinný pohyb náplně válce a její chování v průběhu kompresního zdvihu – vytváření velkých vírových útvarů, které generují vyšší míru turbulence na konci komprese, pro ovlivnění procesů hoření. Volba základního pohybu náplně válce rozhoduje o koncepci motoru. Charakter proudového pole je nutno řešit spolu s tvarem spalovacího prostoru a orientací vstřikovaného paprsku paliva. Proudové pole ve válci je výsledkem přirozené turbulence dané charakterem práce spalovacího motoru, radiálního víru ovlivněného návrhem spalovacího prostoru a vírového útvaru vytvářeného sacími kanály. Základní možností při volbě tvaru sacích kanálů jsou TUMBLE, ZPĚTNÝ TUMBLE a SWIRL.

S tím, že se požaduje čtyřventilová technika; vytvoření spalovacího prostoru částečně v hlavě i částečně v pístu; zapalovací svíčka v ose válce pro zajištění spalování s nízkými tepelnými ztrátami; umístění vstřikovače na straně sacích ventilů, pro snížení jeho tepelného zatížení. Dutina v pístu je obvykle vyosena na stranu sacích ventilů

a musí být navržena tak, aby podporovala pohyb paprsku paliva směrem k zapalovací svíčce.

Tumble: Při vytváření tohoto vírového útvaru kanály s bočním vstupem způsobuje jeho nevhodnou orientaci, jak z hlediska šíření paprsku paliva, tak s ohledem na radiální proudění vlivem pohybu pístu. Lze předpokládat výskyt kapek paliva na ventilech se zvýšenou tvorbou sazí během spalovacího procesu.

Zpětný Tumble: Je zde dosaženo správné orientace vírového útvaru. Dosahuje se shora vedenými přímými sacími kanály. Na konci kompresního zdvihu je TUMBLE zesilován radiálním vírem a zmenšováním poloměru rotace víru nátokem do dutiny pístu. Tato koncepce vede přirozeně k volbě většího úhlu rozevření ventilů. Výhodou je větší dostatečně volný prostor pro umístění vstřikovače na boku sací strany hlavy válců. Nevýhodou je pak nutná výška dutiny v pístu, která vede k vyšší koruně pístu a prodloužení stavební výšky motoru.

Svirl: Tečnou rotaci náplně můžeme zajistit kombinací tangenciálního nebo šroubového kanálu s kanálem přímým, s vyšším průtokovým součinitelem a s bočními vstupy do hlavy válců. To zlepšuje prostorové dispozice pro umístění svíčky v ose válce. Lze snadněji regulovat vírový účinek škrcením průtoku v přímém kanálu, což se využívá při nízkých zatíženích a při spalování vrstvené směsi .

2.4.2. Historie přímého vstřikování benzínu

1877.....Nikolause Otto - patent na přímý vstřik paliva benzínu

30. léta 20. století....u vysokovýkonných motorů letadel

1954.....Mercedes-Benz 300 SL – první motor s přímým vstřikem v sérii

60. léta.....Toyota 7 a dvoudobé dvouválce Goliath GP 700/900 E

konec 70. let.....Ford PROCO (Programmed Combustion)

.....Honda CVCC (Compound Vortex Controlled Combustion)

konec 80. let.....Audi - TDI ⇒ *Základ vývoje přímého vstřiku paliva P spojení výhod zážehových a vznětových motorů P nyní FSI*

.....VW Futura - zážehový R4 + G-dmychadlo + přímý vstřik benzínu

.....Ford - dvoudobý R3 + vrstvená směs s přímým vstřikem

1995..... Toyota Prius - Hybrid ⇒ elektromotor + D4 s přímým vstřikováním

1996..... Mitsubishi GDI (Gasoline Direct Injection)

1998/5..... Audi 1,2l / 55 kW FDI - studie Audi AL2

2000/9.....VW Lupo 1,4 l / 77 kW FSI - série

2002/8.....Audi A4 – 2,0l / 110 kW – série

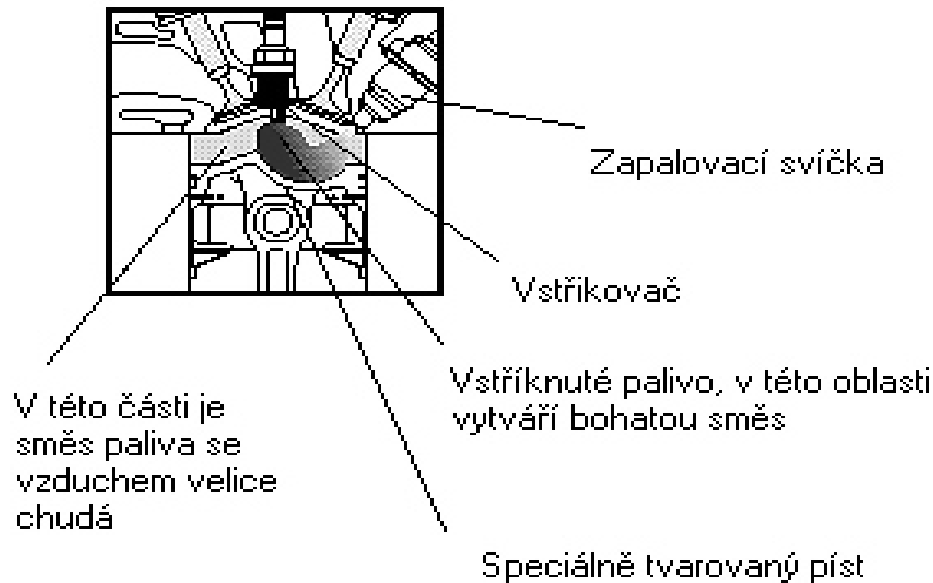
Systémy přímého vstřikování u jednotlivých značek

| Zkratka | Název | Značka | Rok uvedení do série |
|---------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| D4 | | Toyota | 2002 (1995 studie) |
| GDI | Gasoline Direct Injection | Mitsubishi | 1996 |
| IDE | Injection Direkte Essence | Renault | 1999 ($\lambda=1$) |
| FSI | Fuel Stratified Injection | Volkswagen | 2000 |
| | | Audi | 2002 (1998 studie) |
| | | Škoda | 2004 ($\lambda=1$) |
| | Seat | 2004 ($\lambda=1$) | |
| HPI | High Pressure Injection | Peugeot / Citroën | 2000/9 |
| JTS | Jet Thrust Stoichiometric | Alfa Romeo | 2002 |
| CGI | Compressed Gasoline Injection | Mercedes | 2002 |

2.4.3 GDI – Mitsubishi

Systém přímého vstřiku benzínu je spojován s automobilkou Mitsubishi, která je vynálezcem tohoto systému, a vlastní více jak 200 patentů, které jsou s ním spojeny. Tento systém dostal název GDI, což je zkratka anglického Gasoline Direct Injection, čili přímý vstřik benzínu. V dnešní době již tento systém používají i některé jiné automobilky, například Renault, Volkswagen, Saab, Citroen a Peugeot. U každé z těchto firem má systém jiný obchodní název, ale vždy jde samozřejmě o řešení vycházející z licencí firmy Mitsubishi.

Přebírá myšlenku přímého vstřiku paliva do válce od diesellových motorů, které přímý vstřik používají již řadu let. Jenže s benzinem je tento systém daleko složitější. Důkazem jsou zmíněné patenty a také délka vývoje motoru s tímto systémem. Ten začal již před více než třiceti lety. Přitom tento systém byl uveden do sériové výroby, až v roce 1996. Sice systém přímého vstřikování byl představen v sériové výrobě na voze Mercedes-Benz 300 SL nebo válečné letecké motory, které rovněž využívali přímého vstřiku benzínu. Ale automobilka Mitsubishi byla první, která zavedla přímý vstřik benzínu. Obrázek 2.11 na další stránce zobrazuje funkci motoru GDI.



Obr. 2.11 *Nejpodstatnější patentová řešení nutná pro funkci motoru GDI [2]*

Na rozdíl od klasického motoru, kde se palivo směšuje se vzduchem před válcem v sacím potrubí těsně před ventilem, je u motoru GDI palivo vstřikováno přímo do válce. Nejdůležitější součástí je tedy vstřikovač. Ten se sestává z vysokotlakého palivového čerpadla, které dodává palivo pod tlakem 50 barů do vstřikovacích trysek. Trysky, umístěné v hlavě válce, mají také unikátní technické řešení. Tím je tzv. vířivý kotouč. V praxi jde o to, že tryska dokáže měnit tvar kužele vstříku podle pokynů od řídicí jednotky motoru. Dalším unikátním řešením je svislý sací kanál. U běžných motorů se používá sací kanál vodorovný. Ten by, ale nezajišťoval správné proudění vzduchu do a ve válci. U systému GDI je totiž nutné, aby vzduch proudil do válce svisle k jeho ose. Tak dochází ve spojení se speciálně tvarovaným pístem a sacím ventilem k přesně řízenému proudění vzduchu ve válci, které napomáhá co nejlepšímu rozvíření následně vstříknutého paliva. Dojde tedy k co nejlepšímu a nejrovnoměrnějšímu smísení paliva se vzduchem a také k co nejideálnějšímu rozmístění této směsi. Toto rozmístění je důležitým předpokladem pro její bezproblémový zážeh a pro co nejlepší hoření. Díky těmto řešením může být použita velice chudá směs vzduchu a paliva v poměru až 40:1. Všechna tato použitá řešení směřují ke zvýšení účinnosti motoru a tudíž k vyššímu výkonu a nižší spotřebě.

2.4.4 IDE - Renault

Renault se u svého systému IDE (injection directe essence – francouzsky: přímý vstřík benzínu) zaměřil trochu jiným směrem než Mitsubishi. Jeho motor totiž místo extrémně chudé směsi paliva se vzduchem používá využívá principu EGR. Čím vyšší je recirkulace spalin, tím menší jsou energetické ztráty motoru. Motor IDE využívá až 25% spalin ve svém válci. To znamená samozřejmě podstatnou redukci energetických ztrát motoru. Jenže do válce se tak dostává podstatně méně vzduchu, než u běžných motorů, a tak by nedocházelo ke správnému spalování, nebo by se dokonce palivo vůbec nemuselo zažehnout. Aby byl tento problém odstraněn, je použito právě přímého vstříku paliva. Přesný vstříkovač rozprašuje palivo tak, aby se co nejlépe smísilo se vzduchem a aby tak mohlo dojít k úspěšnému zážehu. Dokonalé smíchání paliva se vzduchem má pak za následek také lepší hoření směsi. Zvyšuje se tak výkon motoru. Poněvadž má motor IDE podstatně menší energetické ztráty než běžné motory, může být v důsledku použito méně paliva, než u normálních motorů. Výsledkem je tedy výkonový nárůst zhruba stejný, jako u motorů GDI, spotřeba paliva oproti normálním motorům klesá i v evropských podmínkách až o 16%, čehož motory GDI v Evropě nedosahují.

2.4.5 HPI - Peugeot, Citroen

Automobilky Peugeot a Citroen sdružené do koncernu PSA se vydaly cestou zdokonalení systému použitého u Mitsubishi. Jejich motory HPI používají řadu patentových řešení Mitsubishi. Soustředili se hlavně na zdokonalení funkce katalyzátoru. Od motorů GDI se tyto motory liší pouze vstříkovačem s variabilním vstříkovacím tlakem (u GDI i IDE je vstříkovací tlak konstantní). Poměr vzduchu a benzínu u motorů HPI může být až 30:1. Je to tedy jakýsi kompromis mezi evropskou a japonskou verzí GDI. Znamená to, že úspora paliva je pro nás Evropany větší, než u motorů GDI. Rovněž ale vzniká více oxidů dusíku, než u evropské verze GDI, a tak je nutné použít speciální katalyzátor, na jehož vývoj se v koncernu PSA zaměřili. Katalyzátory jsou zde dva a zachytávají ve svých útrokách nadbytečné oxidy dusíku. Asi po minutě se však zanesou a přestávají fungovat. Proto je právě po minutě řídicí jednotkou na krátkou dobu (asi tři sekundy) zvednuto dávkování paliva do motoru a dojde tak k obohacení palivové směsi. Toto obohacení má za následek zvýšení obsahu oxidu uhelnatého a uhlovodíků ve výfukových plynech. Právě tyto látky reagují s oxidy

dusíku a ty se tak rozkládají na molekuly dusíku a kyslíku, které opouští katalyzátor společně s ostatními spaliny.

Výkonový zisk je opět diskutabilní a závisí spíše na naladění motoru, spotřeba však klesá o deset procent oproti normálním motorům. To je hodnota, která se pohybuje mezi těmi, kterých dosahují motory GDI (téměř nulová úspora v evropských podmínkách) a IDE (16%). Ze všech těchto motorů je ale motor HPI neekologičtější a s přehledem splňuje i přísnou emisní normu Euro 4, která začala platit v roce 2005.

2.4.6 Systém řízení spalování SCC (Saab Combustion Control)

Systém řízení spalování SCC (Saab Combustion Control) je nový systém řízení motoru, který byl vyvinut s cílem snížit spotřebu paliva a výrazně omezit emise ve výfukových plynech, aniž by se přitom zhoršil výkon motoru. Přimícháváním velké poměrné části výfukových plynů do spalovacího procesu, je možné snížit spotřebu paliva až o 10%, při současném snížení škodlivých emisí na hodnotu splňující požadavky americké normy ULEV2 (Ultra Low Emission Vehicle 2), která vstoupila v platnost v roce 2005. Ve srovnání se současnými motory Saab, poskytujícími ekvivalentní výkon, to bude znamenat snížení emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků téměř na polovinu a snížení emisí oxidů dusíku o 75%.

Tři hlavní součásti koncepce SCC:

Systém SCC je založen na kombinaci přímého vstřikování benzínu, proměnného časování ventilů a proměnné vzdálenosti elektrod zapalovacích svíček. Na rozdíl od systémů přímého vstřikování, běžně dostupných na dnešním trhu, systém SCC využívá výhod přímého vstřiku, aniž by přitom porušil ideální poměr vzduch/palivo ($\lambda = 1$), který je nezbytný pro správnou funkci klasického třicestného katalyzátoru. Nejdůležitější složky systému SCC jsou vstřikování paliva za pomoci vzduchu (air-assisted fuel injection) s generátorem turbulence. Vstřikovač a zapalovací svíčka jsou integrovány do jedné jednotky zvané SPI (spark plug injector). Palivo je vstřikováno přímo do válce pomocí stlačeného vzduchu. Těsně před zážehem paliva je do válce vpuštěna krátká dávka stlačeného vzduchu, způsobující turbulenci, která podporuje spalování a zkracuje dobu hoření paliva. Systém SCC používá vačkové hřídele s proměnnými vačkami, což umožňuje, aby otevírání a zavírání sacích a výfukových ventilů bylo spojitě proměnné. Tak je možné přimíchávat ve válci výfukové plyny k nasávanému vzduchu, což dovoluje využít výhody přímého vstřikování a zachovat přitom hodnotu $\lambda = 1$ téměř za všech podmínek provozu. Ve válci může být při

spalování obsaženo až 70% výfukových plynů. Přesný poměr závisí na převažujících podmínkách provozu. Proměnná vzdálenost elektrod zapalovacích svíček a vysoká energie zážehu. Vzdálenost mezi elektrodami zapalovacích svíček je proměnná v intervalu 1 – 3,5 mm. Elektrická jiskra vychází z centrální elektrody kombinované jednotky SPI (vstřikovač/zapal.svíčka) a směřuje buď k pevné ukostřené elektrodě ve vzdálenosti 3,5 mm nebo k ukostřené elektrodě na pístu. Proměnná vzdálenost elektrod, spolu s vysokou energií zážehu (80 mJ), je nezbytná pro zapalování směsi vzduch/palivo, která je vysoce ředěná výfukovými plyny. Energie zážehu a vzdálenost elektrod je proměnná. Při nízké zátěži motoru směřuje jiskra z centrální elektrody na pevnou ukostřenou elektrodu ve vzdálenosti 3,5 mm. Při vysoké zátěži je zážeh prováděn o něco později a hustota plynů ve spalovacím prostoru je pak příliš vysoká na to, aby jiskra překonala vzdálenost 3,5 mm. V těchto případech se místo ukostřené elektrody využívá hrot na pístu. Podle fyzikálních zákonů směřuje jiskra k elektrodě na pístu tehdy, když je její vzdálenost od centrální elektrody menší než 3,5 mm.

Na rozdíl od jiných systémů přímého vstřiku se však do válce dodává jen tolik vzduchu, kolik stačí pro dosažení $\lambda = 1$. Zbytek válce je zaplněn výfukovými plyny z předchozího spalovacího procesu. Výhoda použití výfukových plynů místo vzduchu pro zaplnění objemu válce je v tom, že výfukové plyny jsou inertní. Nepřidávají do spalovacího procesu žádný kyslík a neovlivňují tedy poměr $\lambda = 1$. Systém SCC tak nepotřebuje speciální katalyzátor a funguje dobře s konvenčním třícestným katalyzátorem. Kromě toho jsou výfukové plyny velmi horké, takže zaujímají velký objem a přitom ještě dodávají spalovacímu procesu užitečné teplo.

Systém SCC také přispívá k minimalizaci sacích ztrát. Dochází k nim tehdy, když motor běží při nízké zátěži a škrtková klapka není plně otevřena. Píst ve válci pak musí při nasávání vzduchu během sacího zdvihu překonávat určitý podtlak. Dodatečná energie, spotřebovaná na stažení pístu dolů, způsobuje vyšší spotřebu paliva. U motoru SCC je do válce dodáváno jen takové množství paliva a vzduchu, jaké je potřebné vzhledem k provozním podmínkám v daném okamžiku. Zbytek válce je zaplněn inertními výfukovými plyny. Sací ztráty jsou omezeny, protože motor nemusí nasávat více vzduchu, nežli je potřeba pro dosažení $\lambda = 1$. Palivová směs ve válcích motoru vybaveného systémem SCC je složena především z výfukových plynů a vzduchu. Výfukové plyny tvoří 60 – 70% objemu spalovacího prostoru, 29 – 30% zabírá vzduch a méně než 1 % objemu představuje palivo. Přesné poměry závisejí na převažujících provozních podmínkách. Obecně platí, že při nízké zátěži motoru se používá větší

poměrné množství výfukových plynů, při vysoké zátěži je podíl výfukových plynů nižší. Pro zažehnutí směsi, obsahující tak vysoký podíl výfukových plynů a pro zajištění jejího dostatečně rychlého spálení, je potřeba zapalovací systém, který poskytuje opravdu kvalitní jiskru. K tomu je potřeba místně aplikovat velké množství energie. U systému SCC se proto využívá proměnné vzdálenosti zapalovacích elektrod a vysoké energie zapalovací jiskry.

2.5 FSI – VW

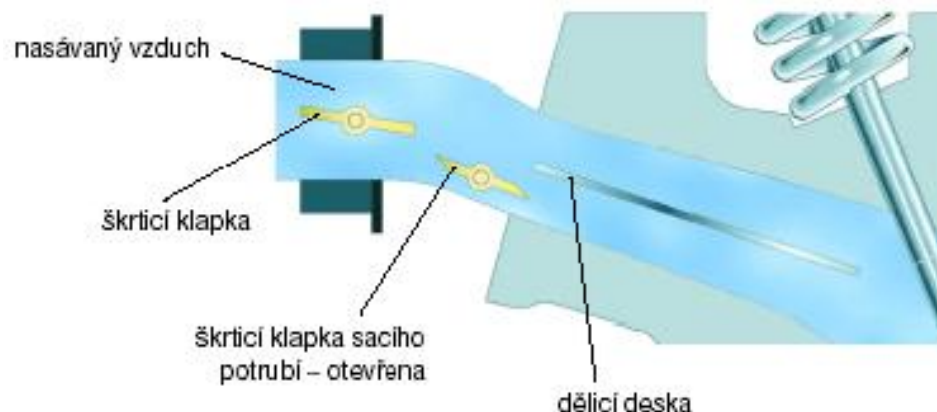
Systém přímého vstřikování FSI je složen ze spalovacího prostoru, systému sání, výfukového systému, palivového systému, zapalování, snímačů, akčních členů a řídicí jednotky motoru. Vzhledem k náročnosti problematiky a zaměření této práce budou v úvodu kapitoly stručně popsány principy systému FSI a dále se práce bude věnovat jen palivovému systému vstřikování FSI.

2.5.1. Režimy motoru s přímým vstřikováním paliva FSI

Běžné konvenční zážehové motory spalují homogenní (stejnorodou) směs palivo-vzduch. Motory FSI jsou konstruované tak, aby v rozsahu částečné zátěže mohly spalovat chudou směs. Díky cílenému vrstvenému plnění mohou pracovat s vysokým přebytkem vzduchu. Proces FSI probíhá ve dvou základních provozních režimech – při plné zátěži v homogenním režimu a při částečné zátěži ve vrstveném režimu.

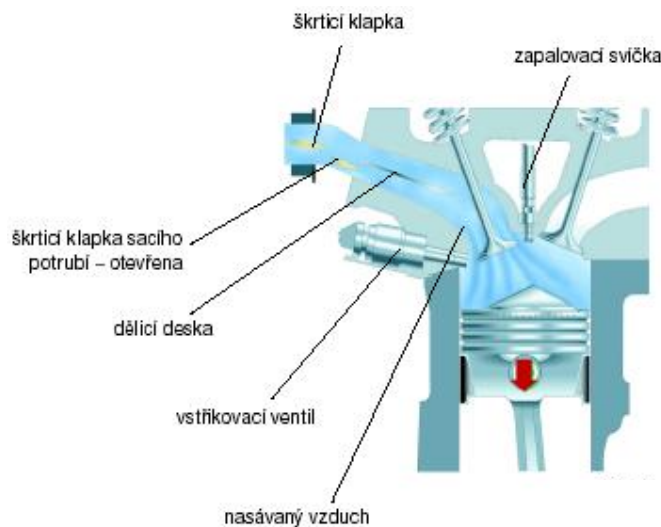
Homogenní režim

Je-li otevřena škrtková klapka sacího potrubí, proudí nasávaný vzduch do válce oběma částmi (horní i dolní) sacího kanálu, který je rozdělen dělicí deskou. Takovéto přívádění vzduchu dovoluje homogenní režim viz obrázek 2.12.

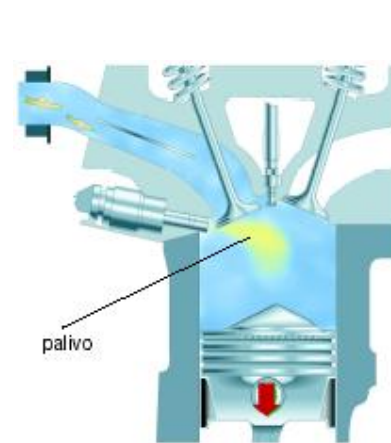


Obr. 2.12 Schématické znázornění přívodu nasávaného vzduchu při homogenním režimu [6]

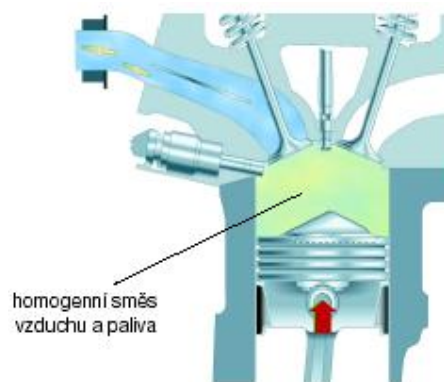
V horním rozsahu zátěže a točivého momentu je škrticí klapka sacího potrubí otevřená. Nasávaný vzduch proudí tedy do válce horní i dolní částí sacího kanálu viz obrázek č. 2.13. Palivo je vstřikováno ve fázi sání viz obrázek č. 2.14. Plnění válce je homogenní (14,7 : 1). Tím, že ke vstřikování paliva dochází ve fázi sání, má směs vzduch a palivo dostatek času k tomu, aby se optimálně promíchala a vytvořila homogenní směs viz obrázek č. 2.15. Spalování směsi probíhá v celém spalovacím prostoru viz obrázek č. 2.16.



Obr. 2.13 Sání vzduchu [6]



Obr. 2.14 Vstřik dávky paliva [6]



Obr. 2.15 Homogenní směs [6]



Obr. 2.16 Spalování [6]

Přednosti homogenního režimu jsou dány přímým vstřikováním ve fázi sání. Vstříknuté palivo totiž pro své odpaření potřebuje teplo, které odebírá nasátému vzduchu. Díky tomuto tzv. vnitřnímu chlazení se snižuje náchylnost ke klepání motoru. Proto bylo možno zvýšit kompresní poměr, čímž se zvýšila účinnost motoru.

Vrstvený režim

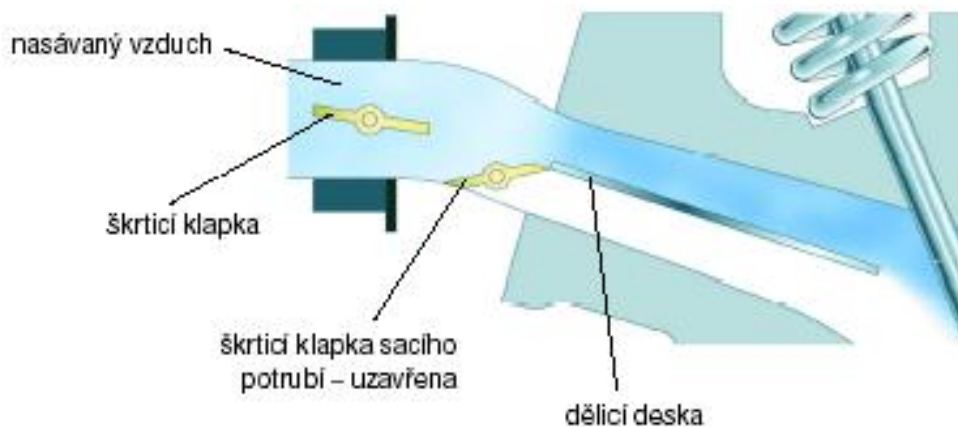
Vrstveného plnění motor využívá až do oblasti středních otáček a zátěže. Přitom pracuje s velmi chudou směsí $\lambda = 1.6$ až 3 . K dosažení vrstveného plnění musí vstřikování, tvar spalovacího prostoru a vnitřní proudění ve válci být upraveno tak, aby došlo k optimálnímu spalování a zároveň **musí být splněny následující předpoklady:**

- motor je v odpovídající zátěži a otáčkách
- žádná emisně relevantní chyba v systému
- teplota chladicí kapaliny vyšší než 50°C
- teplota „zásobníkového katalyzátoru NOx“ musí být mezi $250 - 500^{\circ}\text{C}$

Plnění válce při vrstveném spalování

- zátěžová klapka v sacím potrubí je uzavřena
- odpovídající palivo min NATURAL 98 lépe však 99 oktanů

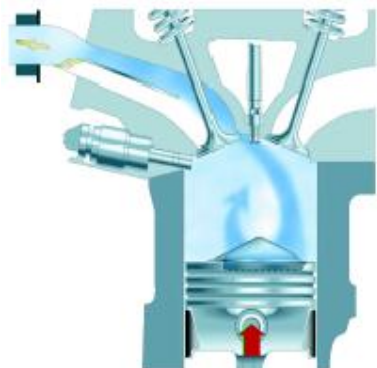
Je-li škrticí klapka sacího potrubí zavřena, proudí nasávaný vzduch pouze horní částí sacího kanálu, který je rozdělen dělicí deskou viz obrázek 2.17. Toto přivádění vzduchu umožňuje ve vrstveném režimu vznik příčného víru.



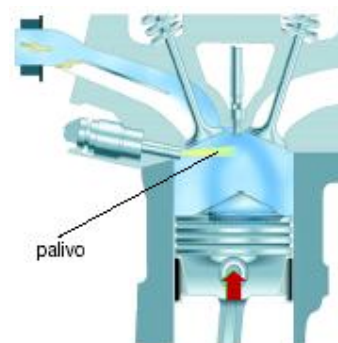
Obr. 2.17 Schématické znázornění přívodu nasávaného vzduchu při vrstveném režimu [6]

Protože nasávaný vzduch proudí do válce jen horní částí sacího kanálu (menším průřezem), dochází k jeho zrychlení. Nasátý vzduch ve válci příčně rotuje, vzniká tak příčný vír. Díky tvaru prohlubně ve dně pístu je rotace nasátého vzduchu ještě podpořena viz obrázek č. 2.18. Během komprese se těsně před tím, než zapalovací cívka vydá jiskru vstříkne pod vysokým tlakem (5 až 11 MPa) do oblasti zapalovací svíčky palivo viz obrázek č. 2.19. Paprsek paliva je vstříknut přímo k zapalovací svíčke, takže

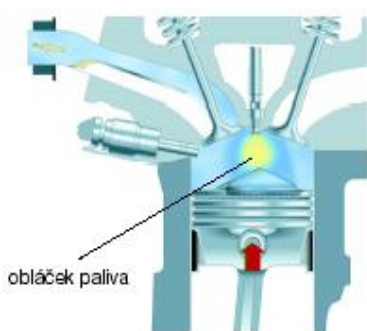
obláček prakticky nepřijde do styku s dnem pístu, hovoříme o tzv. vrstvené směsi viz obrázek č. 2.20. Vytvořený obláček směsi paliva a vzduchu v oblasti zapalovací svíčky je velmi snadno zápalný a bude během komprese zapálen. Po zapálení směsi zůstává mezi hořící směsí a stěnou válce vrstva vzduchu. Ta zde působí jako tepelný izolant a snižuje odvod tepla přes stěny bloku válců viz obrázek č. 2.21.



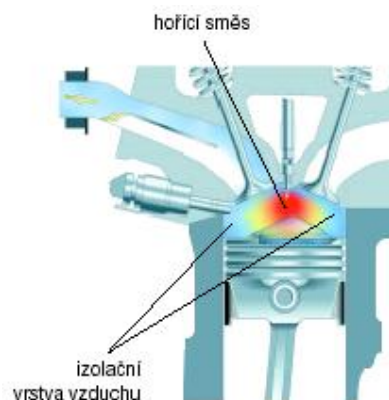
Obr. 2.18 Příčný vír [6]



Obr. 2.19 Vstřik dávky paliva [6]



Obr. 2.20 Vrstvená směs [6]



Obr. 2.21 Hoření směsi [6]

Dvojité vstřikování

K výše popsaným provozním režimům přibývají dva další:

Dvojité vstřikování pro ohřev katalyzátoru – využívá se pro rychlejší ohřev katalyzátoru na provozní teplotu. K prvnímu vstřiku dochází během sání a směs vzduchu s palivem se rovnoměrně rozptýlí. Při druhém vstřiku se vstřikuje jen malé množství paliva až při fázi komprese. Tato směs shoří později a tím dojde ke zvýšení teploty výfukových plynů.

Dvojité vstřikování při plné zátěži – U přímého vstřiku dochází v režimu plného zatížení při otáčkách do 3000 min⁻¹ k částečnému nerovnoměrnému rozdělení směsi. Tento nechtěný fakt lze eliminovat dvojitým vstřikem. K prvnímu vstřiku dochází během sání. Vstřikuje se cca 70 % dávky paliva a vzniklá směs vzduchu s palivem se rovnoměrně rozptýlí. Zbylých 30 % paliva se vstřikuje na začátku komprese. Nedochozí ke srážení paliva na stěnách, většina paliva se odpaří a dojde k lepšímu rozptýlení směsi.

2.5.2 Palivový systém přímého vstřikování FSI

Palivový systém je složen z nízkotlakého okruhu s odvětráním palivové nádrže, vysokotlakého okruhu. Před vlastním popisem jednotlivých částí je třeba připomenout vstřikovací tlaky u nepřímého vstřikování paliva s přímým. Pro názornost jsou přiloženy i vybrané vstřikovací systémy u vznětových motorů.

| | |
|--|---------------|
| MPI – Multi Point Injection (nepřímé vstřikování benzínu) | 0,3 – 0,4 MPa |
| FSI - Fuel Stratified Injestion (přímé vstřikování benzínu) | 3 – 12 MPa |
| TD - WD WirbelKammer (nepřímé vstřikování nafty) | 10 -13 MPa |
| TDI – VEP VerteilerEinspritzPumpe | 100 – 130 MPa |
| TDI – CR Common Rail (HDI, JTD ...) | 140 – 170 MPa |
| TDI – PD Pumpe Düse | 180 – 220 MPa |

Nízkotlaká část

Nízkotlaká část palivového systému se skládá z palivové nádrže, elektrického palivového čerpadla, palivového filtru. Komponenty mají za úkol zadržet, dopravit a vyčistit palivo. Palivo je dále tlačeno do vysokotlakého palivového čerpadla. Schéma nízkotlakého palivového okruhu je zařazeno v příloze 2.

Odvětrávací soustava palivové nádrže

Odvětrávací soustava palivové nádrže je tvořena nádobkou s aktivním uhlím a regeneračním ventilem. Omezuje emise HC, které vznikají odpařováním paliva zejména v palivové nádrži. Aktivní uhlí zadržuje benzínové výpary přivedené odvětrávací hadičkou palivové nádrže. Aby bylo aktivní uhlí opět regenerováno, vede další hadička z nádobky do sacího potrubí. Při provozu vzniká v sacím potrubí podtlak. Ten způsobí, že je vzduch z okolí nasáván přes aktivní uhlí, kde strhává naakumulované

palivo, které je posléze spáleno v motoru. Regenerační ventil umístěný na hadičce k sacímu potrubí reguluje regeneraci aktivního uhlí (promývání). Jde o elektromagnetický ventil, který je otevírán pravouhlejším impulsem z řídicí jednotky motoru. Schéma odvětrávací soustavy je zařazeno v příloze

Vysokotlaká část

Vysokotlaká část palivového systému je složena z těchto částí: vysokotlaké čerpadlo, zásobník paliva, snímač vysokého tlaku paliva, omezovací ventil, vstřikovací ventily. Jejím hlavním úkolem je vytvořit optimální směs vzduchu a paliva. Schéma vysokotlakého palivového okruhu je zařazeno v příloze

2.5.3 Komponenty a součásti přímého vstřikování paliva FSI

poznámka: Popisem komponentu palivové soustavy se zabývá kapitola „1.1 Komponenty palivové soustavy zážehového motoru 1,8 TSI“.

Snímače a akční členy

Systém přímého vstřikování FSI využívá snímačů, které již byly použity u předcházejících vstřikování. Pro zjištění otáček motoru je používán indukční snímač polohy klikové hřídele. Otáčky vačkové hřídele snímá Hallův snímač. Motor má rovněž snímače klepání, prostřednictvím těch, zjišťuje řídicí jednotka, zda nedochází k detonačnímu spalování a řídicí jednotka poté upravuje bod zážehu. Snímání teploty motoru je prostřednictvím NTC. Snímač tlaku paliva je podrobně popsán v kapitole 1.1. K snímačům lze ještě zařadit lambdasondu.

Modul pedálu plynu

Pedál plynu je zcela nové konstrukce. Oproti předcházejícím typům už nemá žádné mechanické spojení a vnitřní pohyb jednotlivých segmentů už také není mechanický. Pedál plynu rovněž nepotřebuje žádné seřízení jako u předešlých typů. Je rovněž kompatibilní pro použití i v dieselových motorech. Plyn nemá žádné třecí elementy funkční plochy. U dřívější koncepce docházelo k závadám na třecích elementech v důsledku působení např. soli. Díky absenci magnetických materiálů je po celou dobu životnosti stejný signál. Nedochází ke slábnutí magnetů. Všechny komponenty (pedál, kick-down – pro automatickou převodovku, a doraz) jsou integrovány do jednoho celku.

Motor management

Je použit motor management BOSCH MED 9.5.10. Motor management je již bez měřiče množství nasávaného vzduchu. Systém používá jako hlavní řídicí veličinu tlak v sacím potrubí. Tento systém je použit vůbec poprvé u motorů FSI. Snímač zátěže umístěný v sacím potrubí snímá tlak v sacím potrubí. Používá následující signály snímačů:

- okolní tlak kolem snímače nadmořské výšky zabudovaný v řídicí jednotce motoru.
- teplota nasávaného vzduchu ze snímače zabudovaného před škrtkící klapkou
- poloha škrtkící klapky
- tlak a teplota v sacím potrubí pomocí Duo-snímače v sacím potrubí
- nastavení ventilu zpětného vedení výfukových plynů
- poloha zátěžové klapky
- poloha sací vačky

3. Popis výroby výukového panelu

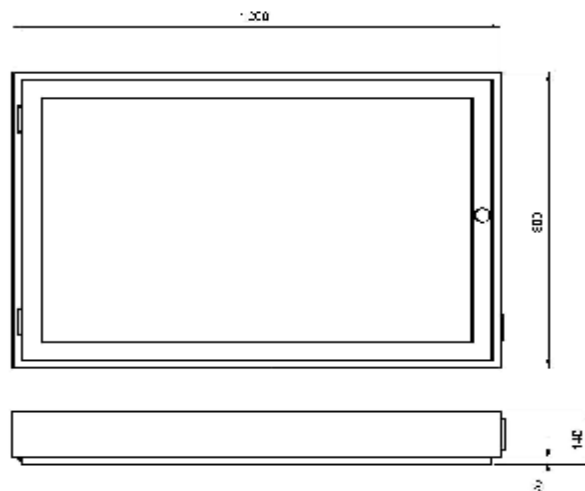
V této části práce bude stručně popsána samotná výroba výukového panelu palivové soustavy zážehového motoru se vstřikováním. Vytvořil jsem níže uvedenou osnovu postupu prací, podle které jsem postupoval při výrobě panelu.

Osnova postupu prací:

- příprava podkladové desky
- výběr a obstarání vhodných součástí pro osazení panelu
- návrh rozložení součástí a informačních popisek na panel
- příprava součástí
- osazení výukového panelu součástmi
- příprava a osazení panelu informačními popiskami

3.1 Příprava podkladové desky

Při konstrukci výukového panelu byla zohledněna možnost umístění výukového panelu do závěsné skříňky. Pro usnadnění případné montáže do závěsné skříňky byly rozměry desky zmenšeny o 50mm. Jako nejvhodnější materiál se mi jevila laminovaná dřevotřísková deska tzv. „Lamino“. Vzhledem k nevelké šíři připravovaných závěsných skříňek jsem zvolil variantu o tloušťce 1,2 mm, která byla nejslabší. Po uvážení jsem nakonec zvolil bílou barvu, která se jevila jako nejméně rušivá. Bílý podklad je vhodný i pro přehlednost celého panelu. Z praktických i estetických důvodů jsem ještě desku opatřil nažehlovacími hranami v barvě desky. Na obrázku 4.1 jsou uvedeny celkové rozměry závěsné skříňky.



Obr. č. 3.1 Závěsná skříňka s celkovými rozměry

3.2 Výběr vhodných součástí pro osazení panelu

V návrhu koncepčního řešení výukového panelu v druhé kapitole, bylo rozhodnuto na výukový panel vystavit kompletní palivovou soustavu jen jednoho systému. Především z důvodu zachování přehlednosti výukového panelu. Ostatní palivové systémy jsou prezentovány v bakalářské práci.

Složení palivového systému motoru VW 1,8TSI 118 kW, který byl vybrán jako zástupce moderního agregátu, je popsáno ve druhé kapitole. S obstaráváním komponentů mi pomohli zaměstnanci oddělení technického vývoje motorů firmy Škoda – Auto. Součásti vysokotlaké části palivové soustavy byly demontovány z motoru, na kterém byly provedeny klimatické zkoušky. Díly nízkotlaké části palivové soustavy jsou nové, ještě nemontované díly. Všechny díly jsou plně funkční.

3.3 Návrh rozložení součástí a informačních popisek na panelu

Po obstarání součástí jsem navrhl jejich nejvhodnější rozmístění na panelu. Rozdělil jsem panel na dvě oblasti. První oblast představuje nízkotlakou část palivového systému doplněnou o odvodušňovací soustavu palivové nádrže. Druhá část představuje vysokotlakou část palivové soustavy. Umístění jednotlivých komponentů jsem volil tak, aby byl panel co nejpřehlednější a z umístění na panelu vyplývalo rozmístění součástí na voze. Do volných prostor na panelu jsem navrhl informační popisky, které doplňují informace jak o celém palivovém systému, tak i o jeho jednotlivých součástech.

3.4 Příprava součástí

Součásti byly rozděleny do dvou skupin:

- 1) Na součásti, které by mohli posloužit při praktické výuce diagnostiky. Tyto součásti byly zachovány v původním funkčním stavu a po očištění byly připraveny pro umístění na výukový panel. Mezi tyto součásti byly vybrány: modul palivového čerpadla, regenerační ventil, vysokotlaké čerpadlo, vstříkovací ventily a snímač tlaku paliva.
- 2) Součásti bez dalšího využití, které jsem opatřil vhodným řezem. Mezi tyto součásti byly vybrány: nádobka s aktivním uhlím, palivový filtr a zásobník tlaku paliva (palivová lišta).

3.5 Osazení součástí na výukový panel

V této části bylo nutné rozmyslet způsob, kterým co nejvýhodněji jednotlivé části soustavy připevnit k podkladové desce. Součásti z první skupiny dílů určené k dalšímu použití jsou upevněny na panel s přihlédnutím na jejich snadnou demontáž a montáž na výukový panel, bez použití nářadí. Součásti z druhé skupiny dílů jsem upevnil na panel na pevno.

3.6 Příprava a osazení panelu informačními popiskami

V poslední fázi praktické části jsem se zabýval návrhem a výrobou informačních popisek. Tyto popisky měly za úkol popsat jednotlivé části a jejich funkci v systému a pomoci tak studentům, co nejlépe pochopit danou problematiku. Popisky jsou vtištěny na čtvrtky formátu A4 a dále kvůli odolnosti a lepší estetice zataveny do plastové fólie. Popisky zatavené do fólie jsem pak připevnil na podkladovou desku pomocí oboustranné lepící pásky.

3.7 Zhodnocení výroby výukového panelu

Výrobou tohoto panelu jsem se snažil umožnit studentům nahlédnout do útrobu systému, bez kterého by správná funkce zážehového motoru nebyla možná. Pomocí skutečných součástek, které jsem pro tento účel osadil na panel v řezu nebo je doplnil obrázkem, si mohou studenti snadněji představit rozměry, tvar, funkci a umístění jednotlivých částí systému.

Závěr:

Tato práce by měla posloužit všem, kteří mají zájem získat ucelený pohled na problematiku palivových systémů zážehového motoru, především je však určena studentům Univerzity Pardubice Dopravní fakulty Jana Pernera.

Práce je rozdělena na dvě stěžejní části. V první části práce jsem se snažil čtenáře uvést do problematiky tvorby směsy paliva se vzduchem a seznámit se základním rozdělením palivových systémů. Následně jsem přistoupil k popisu jednotlivých palivových soustav a popisu jejich komponentů. V textu jsou vloženy obrázky z důvodu znázornění a snazšího pochopení vysvětlované problematiky.

Druhá část práce se již zaměřila na samotnou tvorbu výukového panelu. Cílem tohoto výukového panelu je jasně a přehledně zobrazit zvolený palivový systém. Představit jeho jednotlivé komponenty a tím ulehčit pochopení jejich funkce. Myslím si, že zvolený systém přímého vstřikování benzínu TSI koncernu VW představuje moderní koncepci palivové soustavy. Z tohoto důvodu se domnívám, že výukový panel bude představovat běžně používaný palivový systém zážehových motorů i v budoucích desetiletí.

Seznam literatury:

- [1] BAUMRUK, Pavel, Příslušenství spalovacích motorů, 2. vydání
Vydavatelství ČVUT, 2002, 241 s., ISBN 80-01-02062-2
- [2] VLK, František, Automobilová technická příručka, 1. vydání, BRNO
Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2003, ISBN 80-238-9681-4
- [3] VLK, František, Vozidlové spalovací motory, ISBN 80-238-8756-4
- [4] TESAŘ M., ŠEFČÍK I., Konstrukce vozidlových spalovacích motorů,
ISBN: 80-7194-550-1
- [5] dílenská příručky vozů Škoda č.55
- [6] samostudijní programy VW č.296
- [7] technická příručka Bosch - Systém vstřikování paliva K – Jetronic
- [8] technická příručka Bosch - Systém vstřikování paliva KE - Jetronic
- [9] technická příručka Bosch - Systém vstřikování paliva L - Jetronic
- [10] technická příručka Bosch - Systém vstřikování paliva Mono - Jetronic

Seznam obrázků:

- Obr. 1.1: Schéma palivové nádrže
- Obr. 1.2 : Schéma palivového čerpadla
- Obr. 1.3: Schéma vstřikovacího ventilu
- Obr. 1.4: Schéma snímače tlaku paliva
- Obr. 2.1: Schéma systému D-Jetronic
- Obr. 2.2: Schéma systému L-Jetronic
- Obr. 2.3: L-klapka v řezu
- Obr. 2.4: Drátkový Anemometr
- Obr. 2.5: Schéma systému K – Jetronic s lambda regulací
- Obr. 2.7: Korekční trychtýř měřiče vzduchu
- Obr. 2.8: Rozdělovač množství paliva s ventily diferenčního tlaku v řezu
- Obr. 2.9: Schéma systému Mono – Jetronic
- Obr. 2.10: Vstřikovací jednotka (pohled v částečném řezu)
- Obr. 2.11: Nejpodstatnější patentová řešení nutná pro funkci motoru GDI
- Obr. 2.12: Schématické znázornění přívodu nasávaného vzduchu při
homogenním režimu
- Obr. 2.13: Sání vzduchu
- Obr. 2.14: Vstřik dávky
- Obr. 2.15: Homogenní směs
- Obr. 2.16: Spalování
- Obr. 2.17: Schématické znázornění přívodu nasávaného vzduchu při vrstveném
režimu
- Obr. 2.18: Příčný vír
- Obr. 2.19: Vstřik dávky
- Obr. 2.20: Vrstvená směs
- Obr. 2.21: Hoření směsi
- Obr. 3.1: Závěsná skříňka s celkovými rozměry

Seznam grafů:

Graf 2.1: závislost výkonu a měrné spotřeby paliva na λ [3]

Graf 2.2: složení emisí na λ [3]

Seznam příloh:

- 1) Základní informace
- 2) Schéma palivového systému
- 3) Nízkotlaká část
- 4) Odvětrávací soustava palivové nádrže
- 5) Vysokotlaká část
- 6) Modul palivového čerpadla
- 7) Čistič paliva (palivový filtr)
- 8) Vysokotlaké palivové čerpadlo
- 9) Palivová lišta (zásobník paliva)
- 10) Vstřikovací ventily
- 11) Snímač tlaku paliva
- 12) Seznam použité literatury

ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

| | |
|----------------------|---|
| Název práce | Návrh a zhotovení výukového panelu palivového systému zážehového motoru se vstřikováním |
| Autor práce | Ondřej Štancl |
| Obor | Dopravní prostředky – silniční vozidla |
| Rok obhajoby | 2009 |
| Vedoucí práce | Ing. Petr Jilek |
| Anotace | úvod, návrh koncepčního řešení výukového panelu, prezentace palivových systémů (metodika výuky), popis výroby výukového panelu, závěr |
| Klíčová slova | Palivový systém zážehového motoru, vstřikování, vysokotlaké čerpadlo, FSI, výukový panel |

Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

1) Základní informace

Motor 1,8 TSI

Zážehový motor koncernu VW s označením 1,8 TSI je čtyřválcový, turbodmychadlem přeplňovaný motor o objemu válců 1,8l /1798 ccm, dosahující maximálního výkonu 118 kW při 4500-6200/min a točivého momentu 250 Nm při 1500-4500/min.

Používá přímého vstřikování paliva do válce FSI, který přispívá nejen k nižší průměrné spotřebě paliva, ale i splnění exhalační normy Euro 5.

System přímého vstřikování paliva do válce FSI

Tento systém využívá dva základní provozní stavy motoru: homogenní spalování a vrstvené spalování. Při homogenním spalování obrázek 1 je poměr vzduch /palivo 14,7:1 tzn. $\lambda=1$. Nasávaný vzduch do válce proudí celým průřezem sacího kanálu, nedochází tak k víření směsi ve válci a dávka paliva je vstřikována během sání. Při vrstveném spalování motor pracuje s velmi chudou směsí $\lambda=1,6$ až 3. K zapálení takto chudé směsi je třeba ve spalovacím prostoru dosáhnout vhodného víření ve válci tak, aby se v okamžiku zážehu v oblasti zapalovací svíčky vyskytovala směs homogenní. Vrstvený provoz dosahuje příznivějších hodnot spotřeby paliva, ale nelze ho využívat v celém rozsahu motoru. Tato oblast je omezena, protože se stoupajícím zatížením je nutná bohatší směs a také se stoupajícími otáčkami motoru se čas na přípravu směsi stává nedostačující.



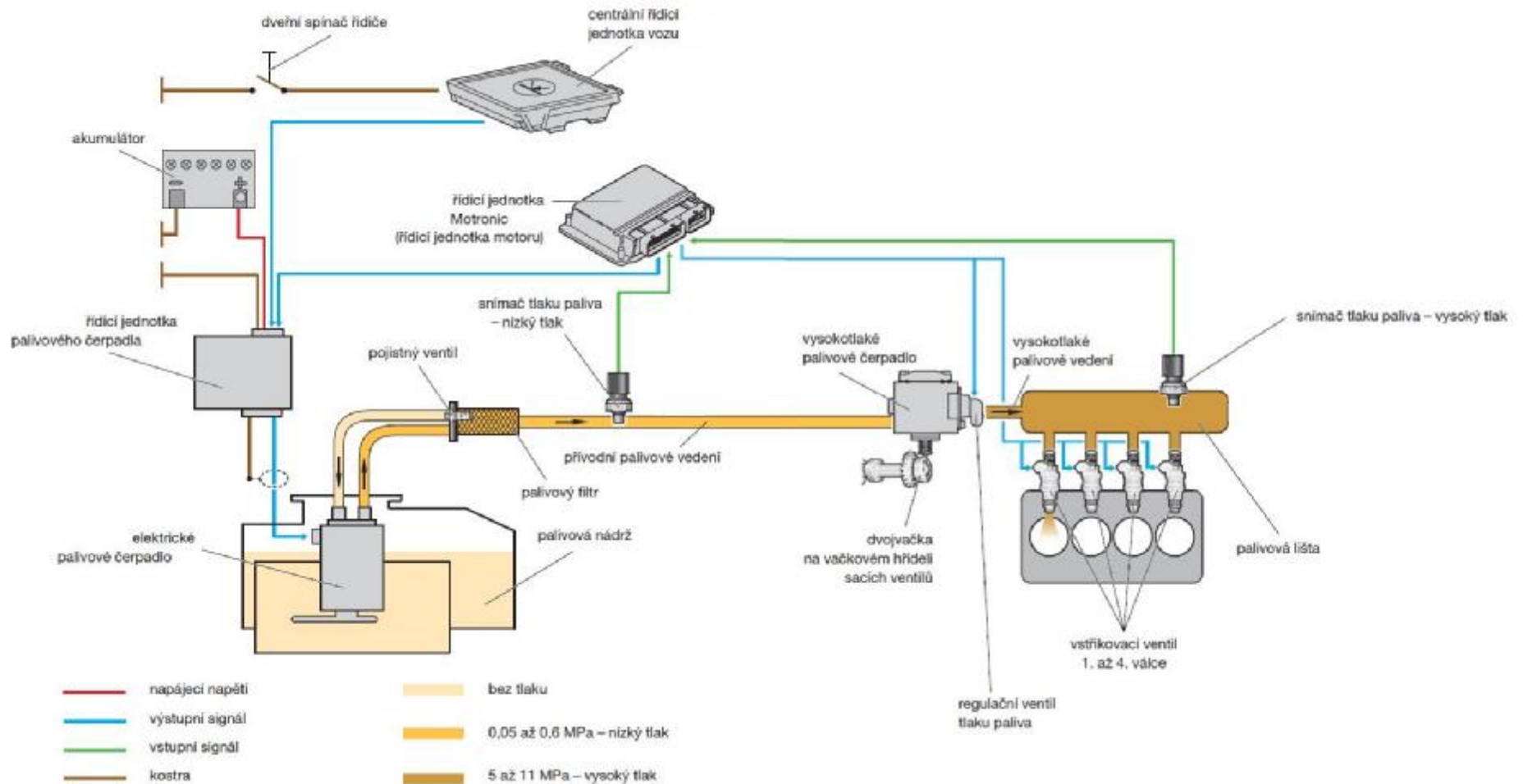
Obrázek 1 – Homogenní spalování



Obrázek 2 – Vrstvené spalování

Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

2) Schéma palivového systému



Obrázek 3 – Schéma palivového systému motoru 1,8 TSI

Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

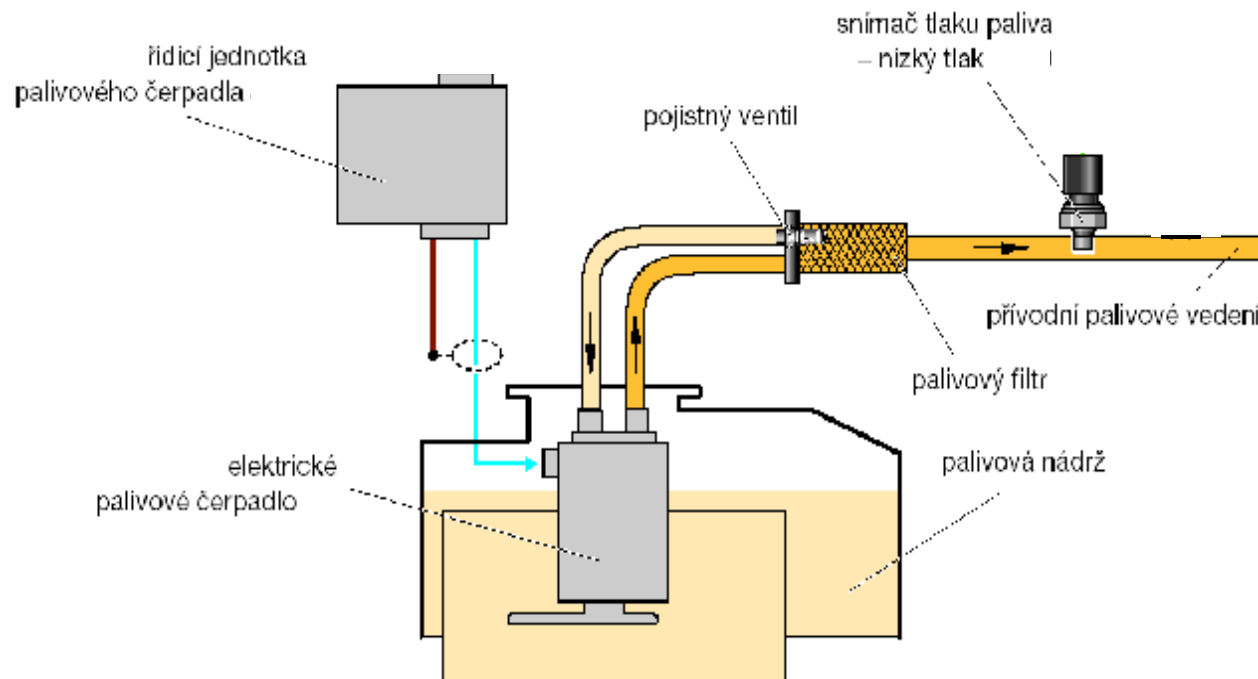
3) Nízkotlaká část

Palivový systém

Palivový systém zážehového motoru plní podstatnou úlohu potřebnou pro funkci motoru a to: zadržuje, čistí a dopravuje palivo, ale nejpodstatnější funkce palivového systému je tvorba směsi vzduchu a paliva. Skládá se z nízkotlaké, vysokotlaké části, jejichž konstrukce odpovídá požadavkům přímého vstřiku paliva do válce FSI.

Nízkotlaká část

Schématické uspořádání nízkotlaké části zobrazuje obrázek 3. Je složena z palivové nádrže, modulu palivového čerpadla, palivového filtru a snímače tlaku paliva. Jejím hlavním úkolem je zásobovat vysokotlakou část dostatečným množstvím čistého paliva. K nízkotlaké části patří i systém odvětrání palivové nádrže, který je složen z nádoby s aktivním uhlím a regeneračního ventilu.

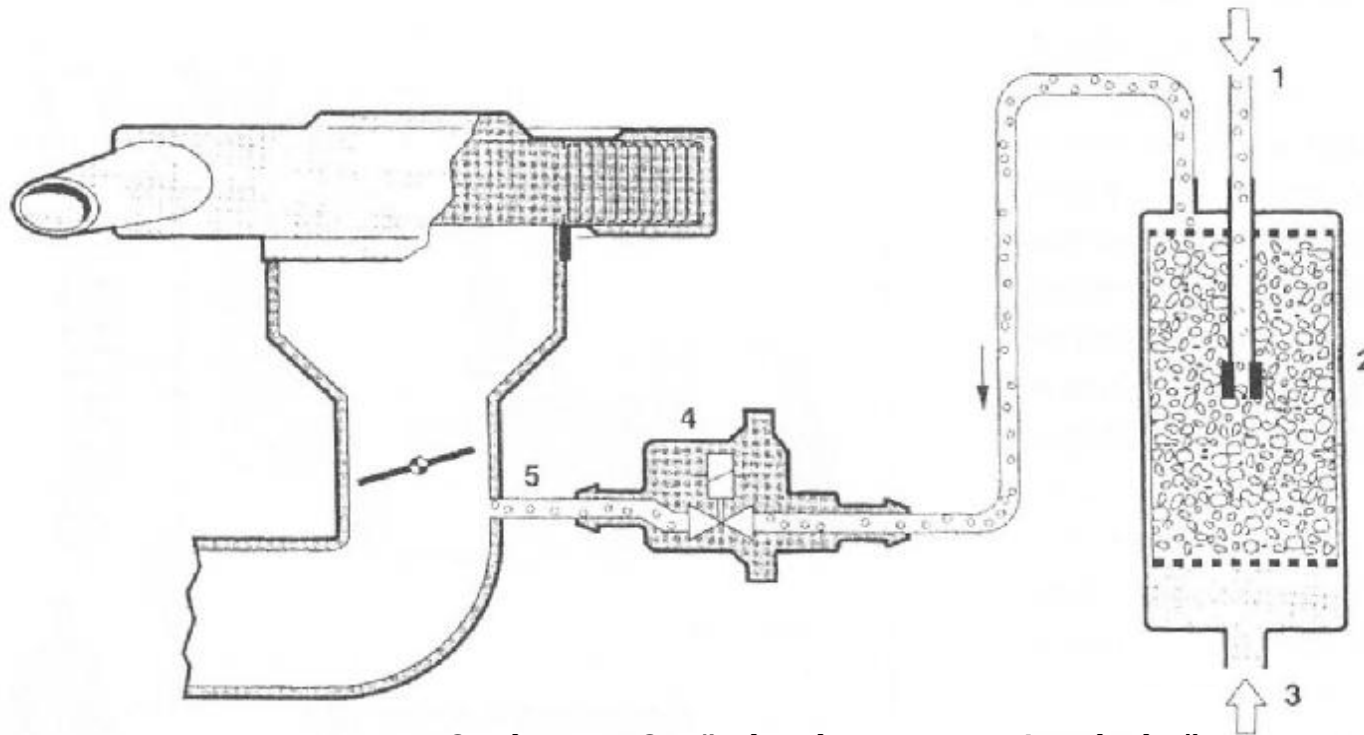


Obrázek 4 – Nízkotlaká část

Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

4) Odvětrávací soustava palivové nádrže

Odvětrávací soustava palivové nádrže omezuje emise HC, které vznikají odpařováním paliva zejména v palivové nádrži. Aktivní uhlí zadržuje benzínové výpary přivedené odvětrávací hadičkou palivové nádrže. Aby bylo aktivní uhlí opět regenerováno, vede další hadička z nádoby do sacího potrubí. Při provozu vzniká v sacím potrubí podtlak. Ten způsobí, že je vzduch z okolí nasáván přes aktivní uhlí kde strhává naakumulované palivo, které je po sléze spaleno v motoru. Regenerační ventil umístěný na hadičce k sacímu potrubí reguluje regeneraci aktivního uhlí (promývání). Jde o elektromagnetický ventil, který je otevírán pravoúhlym impulsem z řídicí jednotky motoru.



Obrázek 5 – Odvětrávací soustava palivové nádrže

- 1 - Vedení od palivové nádrže
- 2 - Nádobka s aktivním uhlím
- 3 - Přívod čerstvého vzduchu
- 4 - Regenerační ventil
- 5 - Vedení k sacímu potrubí

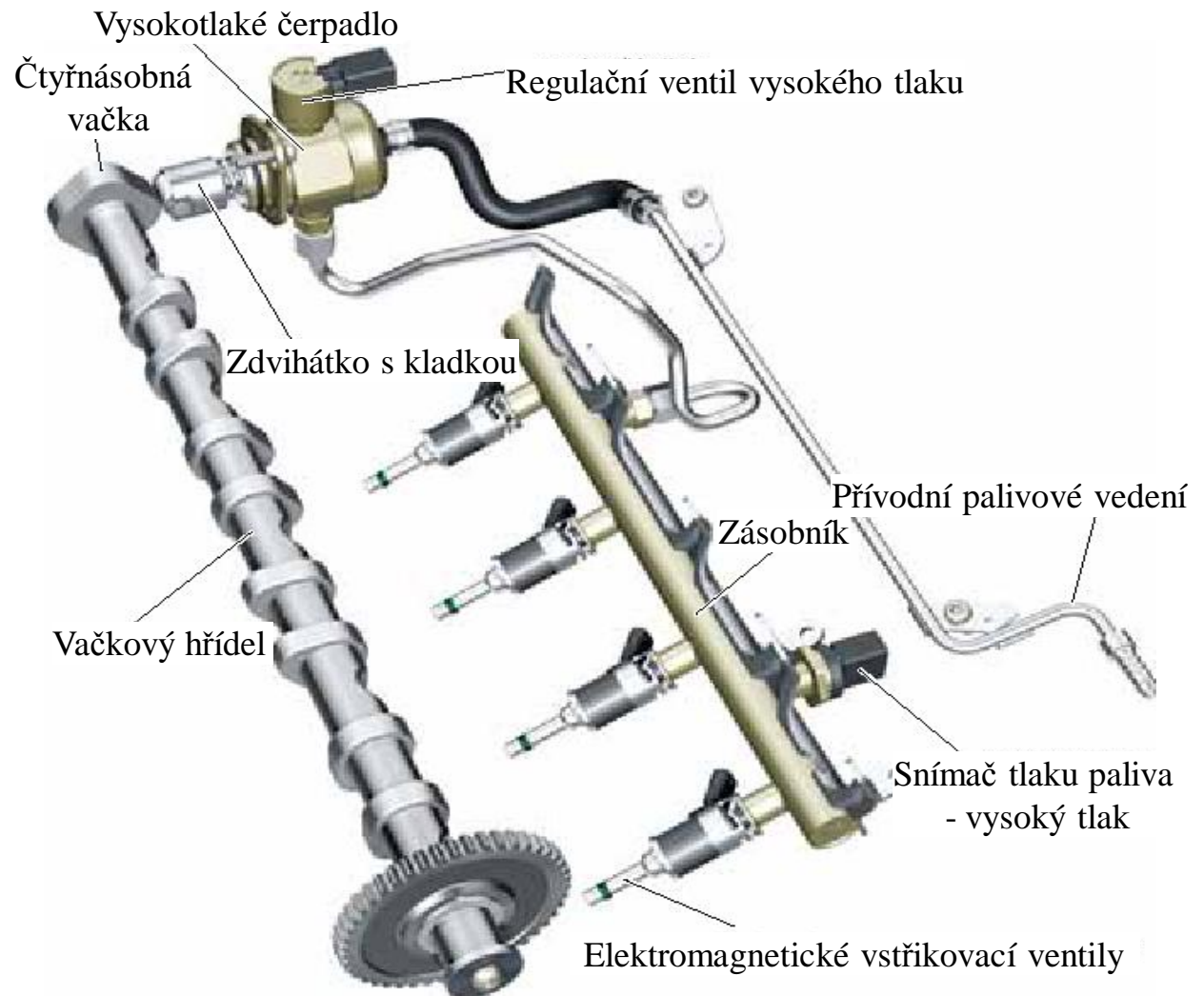
Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

5) Vysokotlaká část

Vysokotlaká část

Schématické uspořádání vysokotlaké části zobrazuje obrázek 1. Je složena z vysokotlakého čerpadla, zásobníku paliva, vstřikovacích ventilů a snímače tlaku paliva. Jejím hlavním úkolem je vytvořit optimální směs vzduchu a paliva tj.:

- dávkování paliva
- časování počátku vstřiku
- rozprášení paliva



Obrázek 6 – Vysokotlaká část

Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

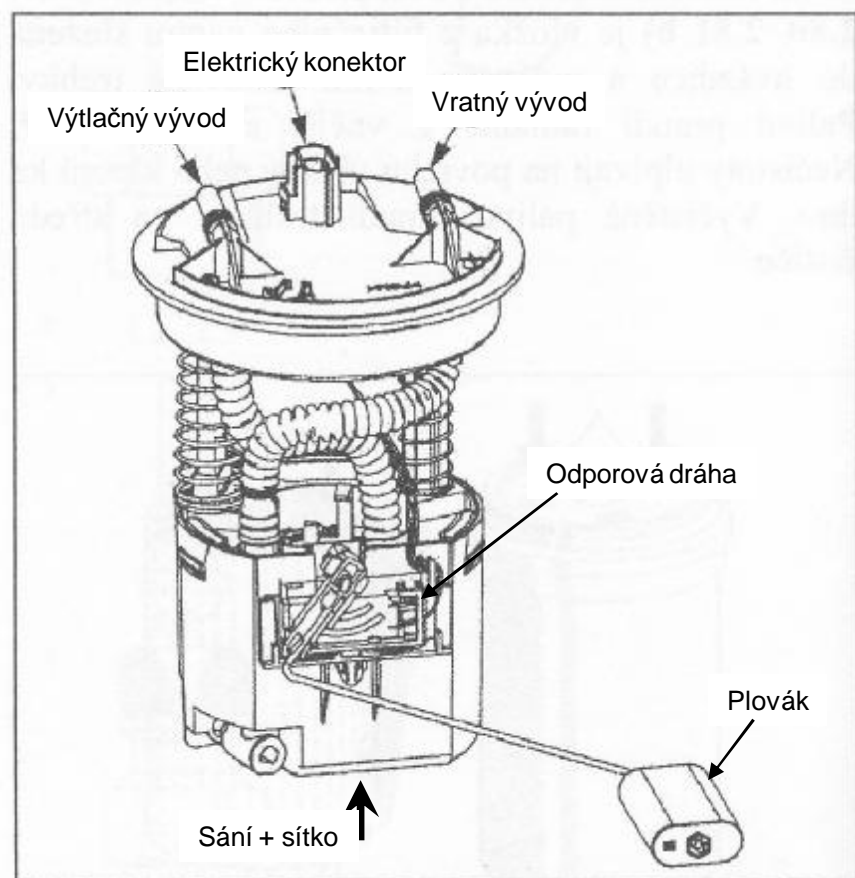
6) Modul palivového čerpadla

Je umístěn zhora v nádrži paliva, nazývá se proto jako IN TANK. Integruje v sobě elektrické palivové čerpadlo, palivové sítko a měřič hladiny v palivové nádrži.

Palivové čerpadlo pracuje s konstantní tlakem 4 bar. Tento systém dopravuje jen tolik paliva kolik je momentálně potřeba. Palivové čerpadlo je napájeno nižším elektrickým napětím čímž je sníženo nebo zvýšeno dopravní množství. Palivové čerpadlo má svou řídicí jednotku která je umístěna v jeho těsné blízkosti. Reguluje nízkotlaké dopravní množství z 30 l/h až na 180 l/h.

Sítko v sacím vedení umístěné ve spodní části modulu zabraňuje nasátí hrubých nečistot v palivové nádrži.

Měřič hladiny v palivové nádrži je tvořen plovákem, který sleduje hladinu a přes mechanismus je jeho pohyb přenášen na odporovou dráhu. Okamžitá hodnota elektrického odporu odporové dráhy je jako napěťový signál zpracována ŘJ na objem paliva v palivové nádrži.

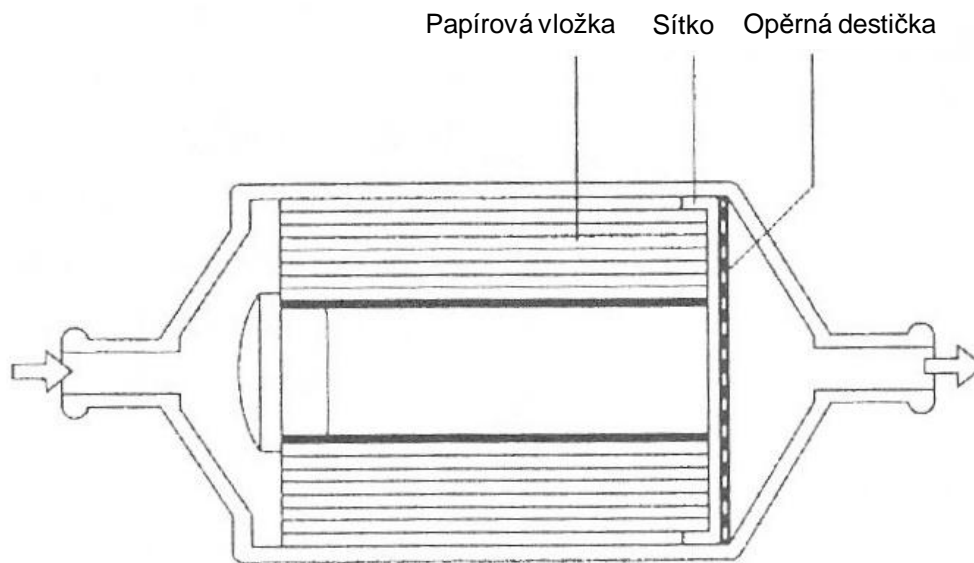


Obrázek 7 – Modul palivového čerpadla

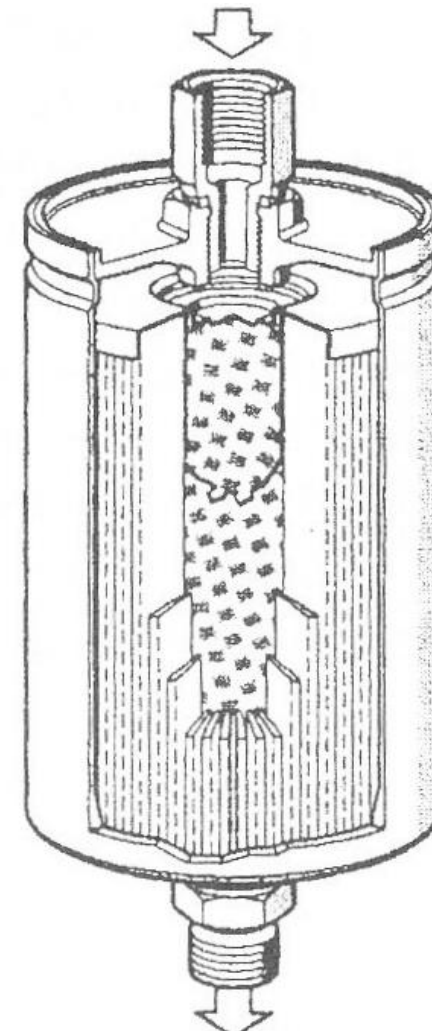
Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

7) Čistič paliva (palivový filtr)

Nečistoty nepříznivě ovlivňují vlastní funkci vstřikovacího zařízení. Zejména pak proniknutím do vysokotlaké části a případně může dojít k poškození vysokotlakého čerpadla nebo vstřikovacích ventilů. Palivový filtr je konstruován tak aby zachytil co nejvíc nečistot. Vložka čističe má pórovitost $10\mu\text{m}$ pro lepší zachytávání i nejmenších částecek špíny. Interval výměny filtru je závislý na objemu filtru a znečištění paliva.



Obrázek 8 – Řez palivovým filtrem



Obrázek 9 – Řez palivovým filtrem

Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

8) Vysokotlaké palivové čerpadlo

Čerpadlo má tyto hlavní úkoly: zvýšit tlak paliva z 0,4 Mpa na 12 Mpa a zajistit co nejmenší kolísání tlaku paliva v zásobníku paliva. Skládá se ze tří hlavních skupin: vlastní jednopístkové čerpadlo, regulátor tlaku paliva, tlumící element.

Vysokotlaké čerpadlo

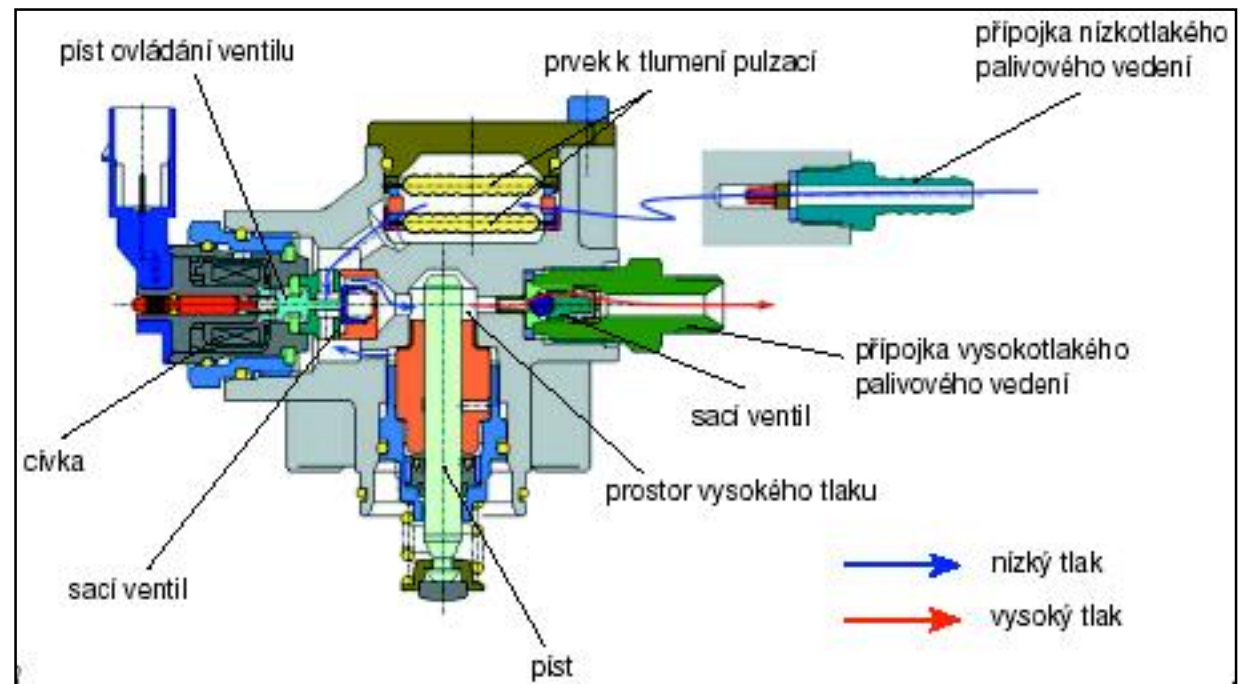
Je jednopístkové čerpadlo, poháněné nepřetržitě prostřednictvím vačkového hřídele. Pro každý vstřik je nutný jeden pohyb pístku, to zajišťuje čtyřčinná vačka. Ta pohybuje pístkem čímž vzrůstá tlak paliva v prostoru vysokého tlaku. Dosáhne-li tlak požadované hodnoty, je palivo odvedeno pomocí regulátoru tlaku paliva do zásobníku paliva (palivové lišty).

Regulátor tlaku paliva

Zajišťuje požadovaný tlak v zásobníku paliva. Jde o elektromagnetický ventil ovládaný ŘJ motorem na základě signálu ze snímače tlaku v palivové liště.

Tlumící element

Vysokotlaké čerpadlo musí mít tlumící element, který brání rezonanci čerpadla. Regulátor je vlastně pružina a membrána zařazená do vysokotlakého okruhu čerpadla.

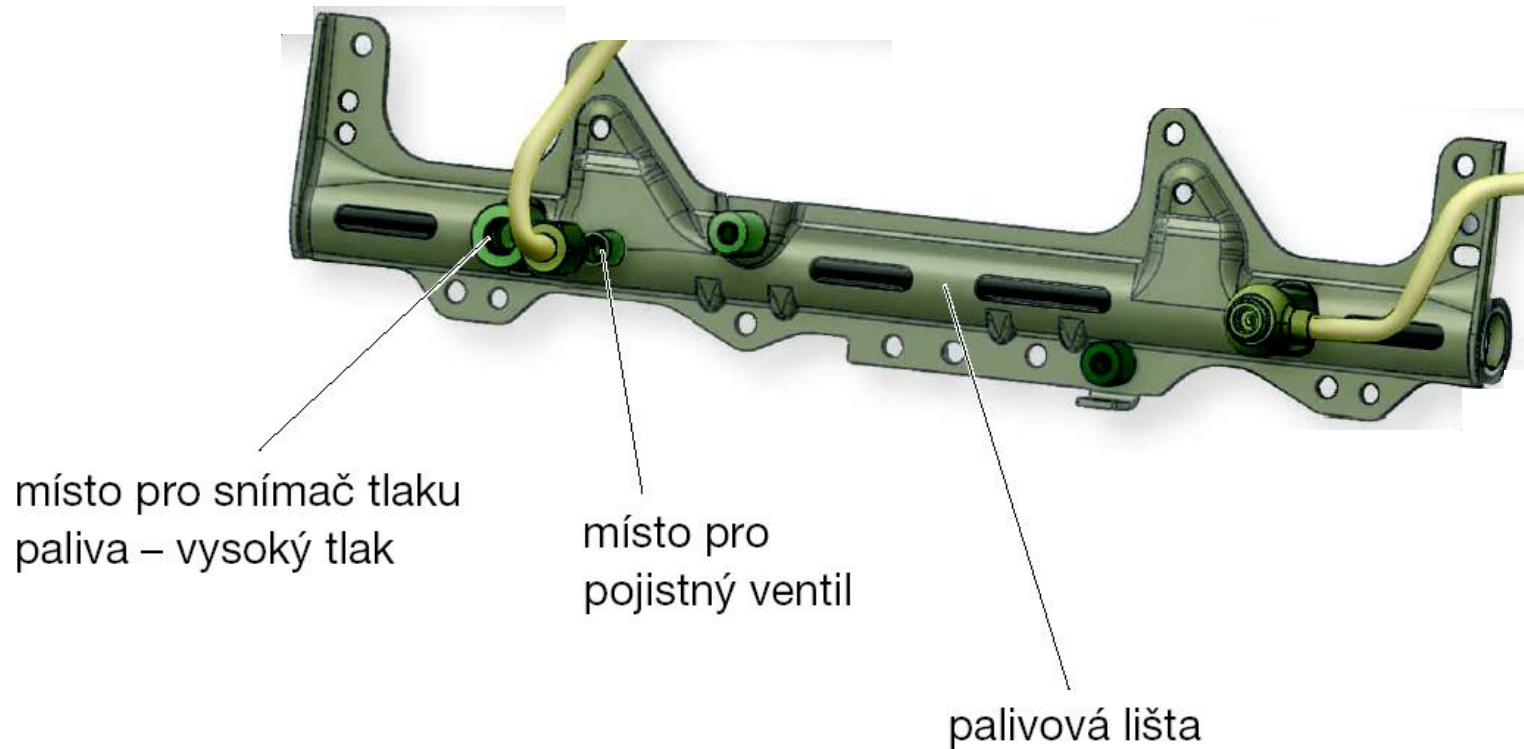


Obrázek 10 – Vysokotlaké palivové čerpadlo

Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

9) Palivová lišta (zásobník paliva)

Úlohou palivové lišty je zajišťovat vstřikovacím ventilům tlak paliva a dále dostatečné množství paliva určeného k vyrovnání pulzací.



Obrázek 11 – Palivová lišta

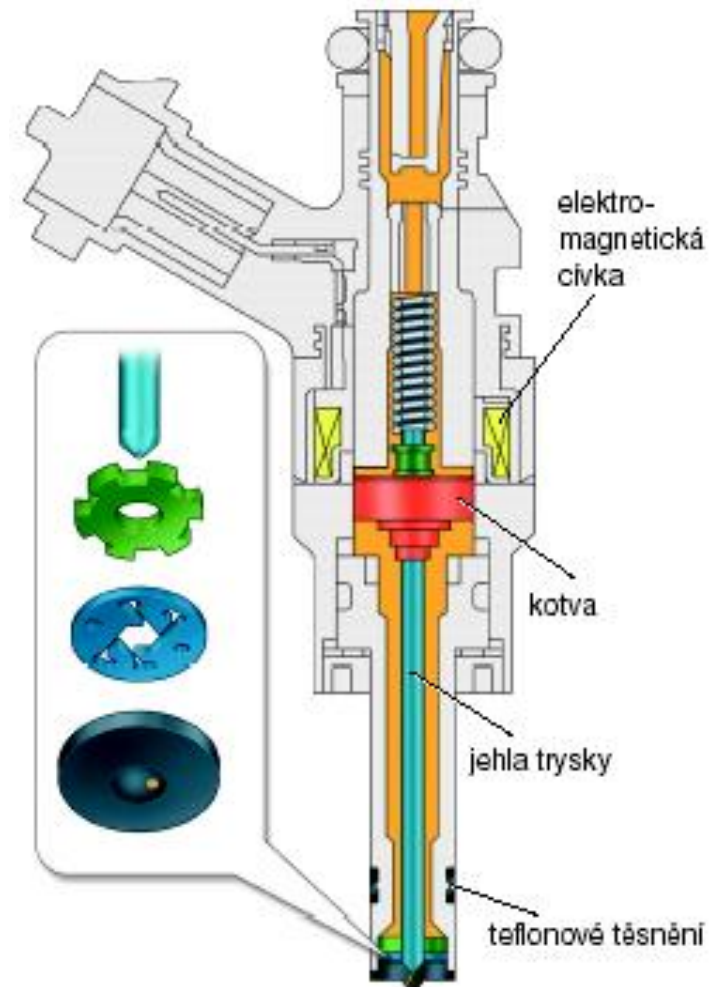
Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

10) Vstřikovací ventily

Úkolem vstřikovacího ventilu je palivo dávkovat a rozptýlit na co nejmenší částičky. Ventil je ovládán elektrickými impulsy z řídicí jednotky motoru, které vybudí elektromagnetickou cívku a tím přitáhne kotvu spojenou s jehlou trysky. Napájecí napětí dosahuje až 90V což je nezbytné pro dosažení velmi krátké doby otevření ventilu. Po otevření vstřikovacího ventilu je palivo v důsledku rozdílu tlaků vstříknuto do spalovacího prostoru.



Obrázek 12 – Pozice vstřikovacího ventilu v hlavě motoru

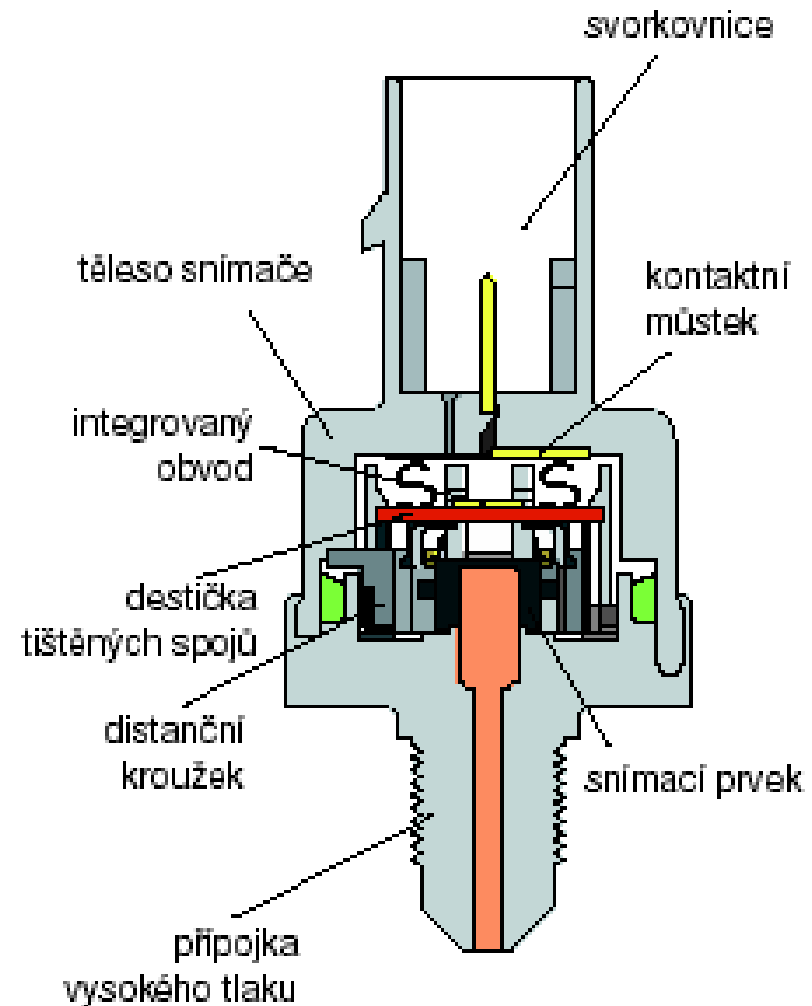


Obrázek 13 – Vstřikovací ventil v řezu

Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

11) Snímač tlaku paliva

Snímač tlaku paliva měří tlak paliva v palivové liště. Údaj o velikosti tlaku je přenášen do řídicí jednotky motoru a slouží k regulaci tlaku paliva. Vyhodnocovací elektronika je umístěna ve snímači a je napájena napětím 5V. Se stoupajícím tlakem paliva klesá odpor a zároveň vzrůstá hodnota napěťového signálu.



Obrázek 14 – Snímač tlaku paliva

Palivový systém zážehového motoru VW 1,8 TSI; 118 kW

12) Seznam použité literatury

- [1] BAUMRUK, Pavel, Příslušenství spalovacích motorů, 2. vydání
Vydavatelství ČVUT, 2002, 241 s., ISBN 80-01-02062-2
- [2] VLK, František, Automobilová technická příručka, 1. vydání, BRNO
Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2003, ISBN 80-238-9681-4
- [3] VLK, František, Vozidlové spalovací motory, ISBN 80-238-8756-4
- [4] TESAŘ M., ŠEFČÍK I., Konstrukce vozidlových spalovacích motorů,
ISBN: 80-7194-550-1
- dílenské příručky vozů Škoda
- samostudijní programy Škoda
- technické příručky Bosch