

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojírenství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Diagnostický rozbor vstřikovací soustavy u vozidla

Autor: **Jiří Růžička**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Josef FORMÁNEK, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří RŮŽIČKA
Osobní číslo: S15B0112K
Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Dopravní a manipulační technika
Název tématu: Diagnostický rozbor systému vstřikovací soustavy u vozidel
Zadávající katedra: Katedra konstruování strojů

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Cílem je provést rozbor možností technických a diagnostických parametrů u vstřikovací soustavy vozidla. Vstřikovací systém může využívat konvenční a alternativní PHM. Základní specifikace požadavků s ohledem na rozbor soustavy a správné funkčnosti. Výsledným řešením je zhodnocení technických vlastností a diagnostických parametrů pro bezpečný a bezporuchový provoz vozidla.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematické a technické specifikace požadavků.
2. Vypracování rozboru technických a diagnostických parametrů.
3. Vypracování rozboru pro konvenční i alternativní PHM.
4. Zhodnocení a určení technických vlastností.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

MOTEJL, V., HOREJŠ, K. Učebnice pro řidiče a opraváře automobilu. Brno: Littera, 2004


VLK, F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: Vlk, 2005

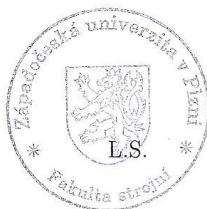
ČUPERA, J., ŠTĚRBA, P. Automobily Diagnostika motorových vozidel I. Brno: Avids.r.o., 2007


Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **21. září 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 21. září 2015

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu a zároveň konzultantovi bakalářské práce doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D. za cenné rady v průběhu psaní práce a za jeho čas věnovaný konzultacím. Dále bych chtěl poděkovat p. Bermušákovi za odbornou pomoc při diagnostikování vstříkací soustavy pro vznětové motory.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Růžička	Jméno Jiří
STUDIJNÍ OBOR	B2301-Dopravní a manipulační technika	
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef
PRACOVISTĚ	ZČU - FST- KKS	
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Diagnostický rozbor vstříkovací soustavy u vozidla	

FAKULTA	strojí	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2016
----------------	--------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	60	TEXTOVÁ ČÁST	54	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	-----------	---------------------	-----------	----------------------	----------

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Cílem je provést rozbor možností technických a diagnostických parametrů u vstříkovací soustavy vozidla. Vstříkovací systém může využívat konvenční a alternativní PHM. Základní specifikace požadavků s ohledem na rozbor soustavy a správné funkčnosti. Výsledným řešením je zhodnocení technických vlastností a diagnostických parametrů pro bezpečný a bezporuchový provoz vozidla.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Vstříkovací soustava pro vznětové a zážehové motory, vstříkovací soustavy alternativních paliv, diagnostika, možné závady vstříkovací soustavy

SUMMARY OF BACHOLOR SHEET

AUTHOR	Surname Růžička	Name Jiří
FIELD OF STUDY	B2301-Dopravní a manipulační technika	
SUPERVISOR	Surname(InclusiveofDegrees) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef
INSTITUTION	ZČU - FST- KKS	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR
TITLE OF THE WORK	Deletewhen not applicable	
TITLE OF THE WORK	Diagnostic analysis of injection systém vehicles	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES(A4 and eq. A4)

TOTALLY	60	TEXT PART	54	GRAPHICAL PART	0
----------------	-----------	------------------	-----------	-----------------------	----------

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The aim is to analyze the possibilities of technical and diagnostic parameters of the injection system of the vehicle. Injection system may use conventional and alternative fuels. Basic specification requirements with regard to the analysis system and correct functionality. The resulting solution is the assessment of the technical characteristics and diagnostic parameters for safe and trouble-free operation of the vehicle.
KEY WORDS	Injection system for diesel and gasoline engines, alternative fuel injection system, diagnosis, possible faults injection system

Obsah

Obsah	7
Seznam použitých obrázků	8
1. Úvod	9
2. Vstříkovací soustavy vozidla	10
2.1 Vstříkovací soustava pro vznětové motory	11
2.1.1. Nízkotlaká část vstříkovací soustavy pro vznětové motory	12
2.1.2. Vysokotlaká část vstříkovací soustavy pro vznětové motory	13
2.1.3. Vstříkovací systémy vznětových motorů řízené řídicí jednotky motoru	17
2.1.4. Vstříkovací soustavy vznětových motorů pro alternativní PHM	23
2.2 Vstříkovací soustava pro zážehové motory	27
2.2.1. Části soustavy pro přímé a nepřímé vstříkování paliva zážehové motoru	28
2.2.2. Soustavy nepřímého vstříkování paliva pro zážehové motory	33
2.2.3. Soustavy přímého vstříkování paliva pro zážehové motory	36
2.2.4. Vstříkovací soustavy zážehových motorů pro alternativní PHM	37
3. Diagnostika vstříkovacích soustav vznětových a zážehových motorů	41
3.1. Diagnostikování vstříkovací soustavy vznětového motoru 1,9 TDI. 66 kW	41
3.2. Diagnostikování vstříkovací soustavy zážehového motoru 2,0. 85 kW.	50
3.3. Zhodnocení Diagnostikování vstříkovacích soustav.	57
4. Závěr	59
5. Použitá literatura	60
5.1 Internetové zdroje	60
5.2 Literární zdroje	60

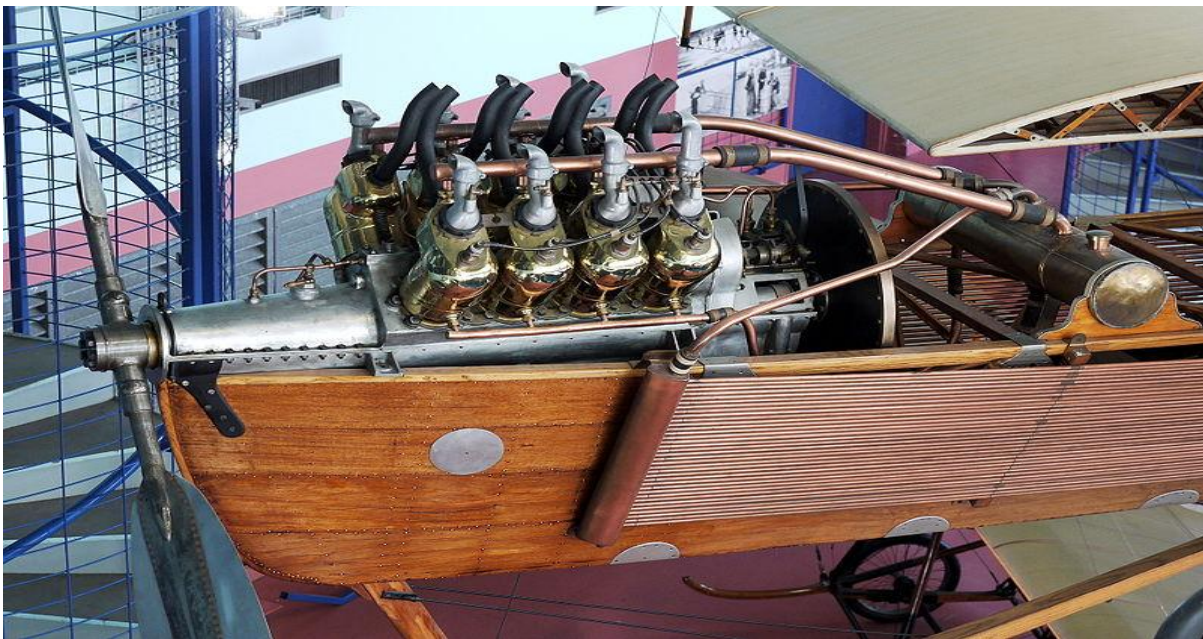
Seznam použitých obrázků

Obr. 1-1 Motor V8 letounu Antoinette s mechanickým vstřikováním paliva. [1]	9
Obr. 2-1 Dopravní čerpadlo s hrubým čističem paliva	12
Obr. 2-2 Jemný čistič paliva. [2]	13
Obr. 2-3 Vysokotlaké potrubí	16
Obr. 2-4 Řez vstřikovačem s víceotvorovou tryskou. [3]	17
Obr. 2-5 Přehled vstřikovacích soustav vznětových motorů. [4]	19
Obr. 2-6 Schéma vstřikovací soustavy CommonRail. [5]	20
Obr. 2-7 Schéma palivové soustavy vstřikovací systém PDS. [6]	21
Obr. 2-8 Mechanické palivové čerpadlo pro systém PDS. [7]	22
Obr. 2-9 Schéma řízení vstřikovacího systému PDE/PL. [8]	23
Obr. 2-10 Palivová soustava umožňující spalování alternativního paliva. [9]	25
Obr. 2-11 Příklad vstřikovací soustavy pro CNG nebo bioplyn. [10]	27
Obr. 2-12 Vstřikovače pro kombinované používání motorové nafty a plynného paliva. [11]	27
Obr. 2-13.1 Palivové čerpadlo Inline.	30
Obr. 2-13.2 Řez palivovým čerpadlem. [12].	30
Obr. 2-14 Palivový filtr s regulačním ventilem a zpětným vedením do nádrže. [13]	31
Obr. 2-15 Příklad umístění palivového filtru. [14]	31
Obr. 2-16.1 Regulátor tlaku paliva.	32
Obr. 2-16.2 Řez regulátoru paliva. [15]	32
Obr. 2-17.1 Vstřikovací ventil	33
Obr. 2-17.2 Řez vstřikovacím ventilem. [16]	33
Obr. 2-18 Zákl. schéma jednobodového vstřikování paliva Bosch Mono-Monotronic. [17]	34
Obr. 2-19 Vícebodové vstřikování KE-Jetronic. [18]	35
Obr. 2-20 Základní schéma L-Jetronic. [19]	36
Obr. 2-21 Řez spalovacím prostorem motoru s přímým vstřikováním paliva [20]	37
Obr. 2-22 Schéma vstřikovací soustavy přímého vstřikování paliva. [21]	38
Obr. 2-23 Vstřikovací ventil pro CNG	41
Obr. 2-24 Konverzní kit na ethahol E85. [22]	42
Obr. 3-1 Vstřikovače po demontáži z hlavy válců	44
Obr. 3-2 Detailní obrázek trysky vstřikovače č.4	44
Obr. 3-3 Zkušební přístroj Motorpal NC 50	45
Obr. 3-4 Vstřikovač č.4 netěsnost	46
Obr. 3-5 Vstřikovač.1	46
Obr. 3-6 Zalepená dělicí destička vstřikovače č.4	47
Obr. 3-7 Připravené vstřikovací čerpadlo na vlastní demontáž	47
Obr. 3-8 Regulační objímka potažená narezavělým povlakem	48
Obr. 3-9 Elektronický regulační člen vstřikovacího čerpadla	49
Obr. 3-10 Díly podávacího čerpadla potažené narezavělým povlakem	50
Obr. 3-11 Podávací čerpadlo po rozpuštění narezavělého povlaku	50
Obr. 3-12 Zkušební testovací stolice	51
Obr. 3-13 Vstřikovací lišta před vyjmutím ze sedla sacího potrubí	52
Obr. 3-14 Grafické prostředí softwaru VAG	53
Obr. 3-15 Vyjmutá vstřikovací lišta před zkouškou	54
Obr. 3-16 Grafické prostředí softwaru VAG. Volba akčních členů	54
Obr. 3-17 Ucpané vstupní hrdlo vstřikovače	55

Obr. 3-18 Vstřikovač s úlomkou pryže a nečistotami ze vstupního hrdla	56
Obr. 3-19 Palivový filtr	56

1. ÚVOD

Na úvod této práce bych rád zmínil první počátky vstřikování paliva, které vznikly původem v letectví. První vstřikovací soustava je připisována Francouzovi jménem Léon Levavasseur, který jej vynalezl v roce 1902. Dále je známý i jako autor vidlicového osmiválcového motoru. Obě tyto technologie použil o čtyři roky později v letounu Antoinette.



Obr.1-1 Motor V8 letounu Antoinette s mechanickým vstřikováním paliva. [1]

Do automobilů vstřikování proniklo v roce 1925 vynálezem Švéda Jonase Hesselmana, který zkombinoval zážehový a vznětový princip. Hesselmanův motor vstřikoval nejdříve benzin pro start a studený chod, a poté po zahřátí se vstřikovaly těžké topné oleje. V současnosti se o jeho renesanci pokouší Mercedes-Benz.

O moderní vstřikování benzínu se zasloužil konstruktér Daimler-Benzu Hans Scherenberg, jehož letecký motor z roku 1937 poháněl německá letadla během 2. světové války. Proto po jejím ukončení Daimler nesměl pokračovat v jeho vývoji a Scherenberg přišel o práci. V roce 1948 přešel do malé automobilky Gutbrod. Tam sestrojil sériový automobil Gutbrod Superior 700E, který měl dvoudobý dvouválcový motor a jako první na světě vstřikování benzínu. Psal se rok 1952. Pro vstřikování benzínu byly použity upravené diesellové vstřikovače Bosch.

2. Vstříkovací soustavy u vozidla

Všeobecně slouží pro přesné dávkování paliva a zajištění optimálního směšovacího poměru při různých podmínkách a dosažení hospodárnějšího provozu při vysokém výkonu spalovacího motoru. Vstříkovací zařízení zaručuje vhodnou atomizaci paliva. Zároveň lze vstříkovací soustavou ovlivnit vrstvení paliva ve spalovacím prostoru. Vhodným umístěním vstříkovací trysky lze zlepšit vlastní proces hoření a ovlivnit tím i několik procent emisí ve spalinách. Prvé rozdělení vstříkovacích soustav u vozidla by mohlo být dle použití PHM na vstříkovací soustavy pro vznětové motory a vstříkovací soustavy pro zážehové motory.

2.1 Vstříkovací soustava pro vznětové motory

Vznětové motory na rozdíl od zážehových motorů nasávají do pracovního válce pouze čistý vzduch, který je poté stlačen pístem na patnáctinu až dvacetinu původního objemu, což znamená, že kompresní poměr je 15:1 až 20:1. Tím dojde k jeho ohřátí na 500°C až 800°C. Do takto stlačeného a ohřátého vzduchu se před dosažení horní úvratě pístu vstříkuje tryskou palivo, které uniká tryskou velkou rychlostí do spalovacího prostoru a třením o stlačený vzduch se atomizuje. První částice paliva vstříknutého do spalovacího prostoru se nevznítí ihned, ale až po určité prodlevě, neboli průtahu vznícení. Podle provedení spalovacího prostoru rozlišujeme vznětové motory s přímým vstříkáváním paliva a vznětové motory se vstříkáváním do komůrky.

Rozdělení okruhů vstříkovacích soustav pro vznětové motory dle velikosti tlaku.

Vstříkovací soustava vznětových motorů je tvořena dvěma hlavními okruhy. Tyto okruhy jsou rozděleny dle velikosti tlaku paliva, které tímto okruhem protéká a to na:

Nízkotlaký okruh, jehož úkolem je nasát palivo z nádrže přes palivový čistič a dopravit jej do sacího kanálu vstříkovacího čerpadla. Tento kanál je na konci osazen přetlakovým ventilem, který udržuje v nízkotlakém okruhu mírný přetlak. Přebytečné palivo se vrací zpět do nádrže.

Vysokotlaký okruh, který svojí činností vyvolává požadovaný vstříkovací tlak, pod kterým je palivo vstříkováno do komůrky či přímo do válce motoru. Přebytečné palivo je opět od vstříkovače odváděno zpět do nádrže odpadovým potrubím.

2.1.1 Nízkotlakou část vstříkovací soustavy tvoří:

Palivová nádrž - slouží jako zásobárna paliva pro dostatečný dojezd. Nádrže bývají převážně plastové, plechové nebo ze slitin hliníku. Nádrž je vybavena vlnolamy z důvodu přelévání paliva v zatáčkách nebo, při akceleraci a brzdění vozidla. Součástí palivové nádrže bývá často i uzamykatelné nalévací hrdlo a šroubení pro sací a vratnou větev potrubí nízkotlakého okruhu. Standardní výbavou bývá i snímač stavu množství paliva.

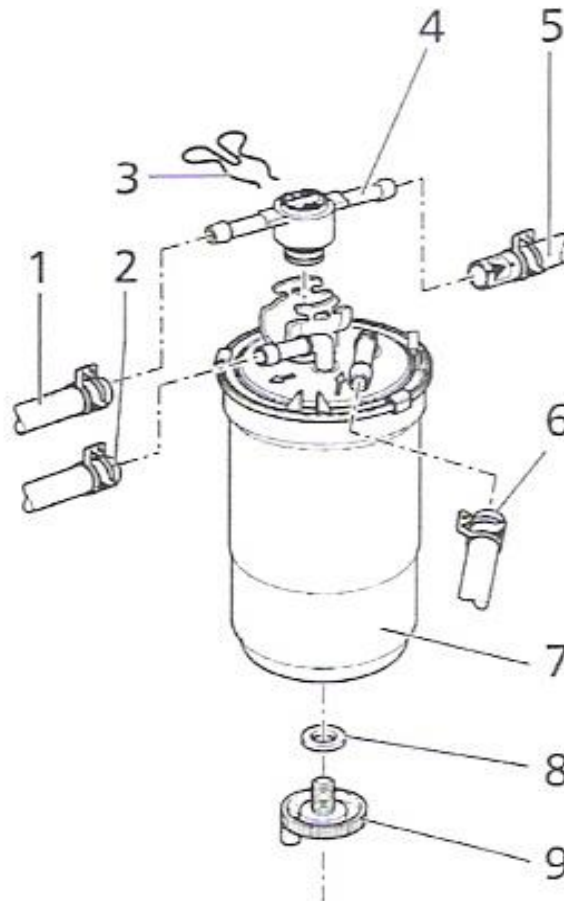
Hrubý čistič paliva - bývá většinou součástí dopravního čerpadla nízkotlakého okruhu. Tento čistič zachycuje hrubší nečistoty kaly a vodu, která se do soustavy dostává z nádrže. Skleněná nádoba čističe informuje obsluhu o stavu znečištění a musí se pravidelně kontrolovat a čistit. filtrem tohoto čističe bývá sítko z jemného pletiva.

Dopravní palivové čerpadlo - slouží k dopravě nasávaného paliva z nádrže přes hrubý čistič paliva do jemné filtrace paliva a sacího kanálu vstříkovacího čerpadla. Palivo je nasáváno a vytlačováno pod tlakem 0,2-0,4 MPa. Tento tlak je zajištěn ventilem umístěným v průtokovém šroubu na konci výstupu sacího kanálu vstříkovacího čerpadla. Odtud je přebytečné palivo odváděno vratným potrubím zpět do palivové nádrže. Dopravní čerpadla bývají podle konstrukce pístová, membránová, zubová a odstředivá. Píst je uložen v tělese podávacího čerpadla a opatřen sacím a výtlačným ventilem. Pohybem plunžrového pístu je docíleno nasátí a vytlačení paliva do systému. Nízkotlaký systém je někdy vybaven ruční pumpičkou, kterou lze dočerpávat palivo a také za pomoci této pumpičky odvodušnit celý palivový systém. Podávací čerpadlo má vlastní samoregulační systém množství paliva a tím je pružina. Tato pružina řídí regulaci množství paliva tak, že při malé spotřebě paliva se zvýší jeho tlak v potrubí, tento tlak stlačí pružinu pístu a ten se oddálí od tlačného čepu a tím se přeruší pohyb pístu a dodávka paliva je přerušena do doby, než se tlak upraví na hodnotu kterou udržuje přetlakový ventil nebo se opět zvýšení spotřeby paliva. Tlačný čep čerpadla je mazán olejem motoru nebo ze vstříkovacího čerpadla, a proto podávací čerpadla nevyžadují zvláštní údržbu.



Obr. 2-1 Dopravní čerpadlo s hrubým čističem paliva.

Jemný čistič paliva - vlastně druhý stupeň filtrace paliva. Je velmi důležitou součástí palivového systému vznětového motoru nebo vstříkovací čerpadla a vstříkovací trysky jsou velmi přesně opracovány broušením a lapováním. Proto jsou kladeny velké nároky na čistotu paliva a ta se odráží v celkové životnosti a provozu schopnosti těchto součástí. Přesnost opracování těchto součástí je v toleranci 0,002-0,004mm. Tyto čističe mohou být jedno a více stupňové. Velikost čističe je dána průtočným množstvím a značí se písmeny A, B, C, D. Jen pro názornost uvedu, že písmeno A představuje hodnotu 90 l/hod a představuje průtočné množství při tlakovém spádu 1m a pro palivo hustoty 0,850g/cm³. Vlastní čistič se skládá z obalu tedy nádoby a filtrační vložky, která je tvořena z plsti, papíru nebo materiálu s filtrační schopností zachycovat velmi jemné nečistoty. Filtrační vložka musí zachycovat nečistoty velikosti až několika mikronu (0,001mm). Dále tato filtrační vložka může být výměnná nebo tvoří jeden kompaktní s obalem a mění se celý čistič paliva. Vlastní palivo je přiváděno horní částí, tangenciálním vstupem. Z čisticí vložky je palivo odváděno středním vstupem a tak je nuceno prostupovat filtrační vložkou. Některé palivové čističe na své horní části obalu mají odvodušňovací šroub nebo přetlakový ventil, kterým je odváděn vzduch a nadbytečné palivo zpět do nádrže. Kal a nečistoty se vypouští odkalovacím šroubem na dně nádoby čističe.



Obr. 2-2 Jemný čistič paliva.[2]

1 - vedení od čerpadla k palivové nádrži. 2 - vedení ke vstříkovacímu čerpadlu. 3 - zajišťovací spona regulačního ventilu. 4 - regulační ventil. 5 - vedení k palivové nádrži (přepad). 6 - vedení od palivové nádrže. 7 - palivový filtr. 8- těsnění. 9 - odkalovací šroub.

2.1.2 Vysokotlaká část vstříkovací soustavy tvoří tyto hlavní části:

Vstříkovací čerpadlo musí zajistit během krátkého časového úseku několika setin sekundy dostatečné množství paliva v předem stanoveném tlaku pro příslušný vstříkovač konkrétního válce motoru, současně musí být vstřík paliva v přesném okamžiku natočení klikového hřídele tak, aby bylo dodrženo pořadí zapalování válců motoru. U běžných vznětových motorů se používají vstříkovací čerpadla pístová. Pístová vstříkovací čerpadla můžeme rozdělit na dvě skupiny.

První skupinu vstřikovacích čerpadel tvoří čerpadla jednoválcová a druhou skupinu tvoří čerpadla se samostatnou vstřikovací jednotkou pro každý válec motoru. Nebo mohou být vstřikovací čerpadla typu jednoválcového, které pro všechny válce motoru vyvolává vstřikovací tlak jen jedním pístem a poté je palivo rozděleno pro jednotlivé válce speciálním děličem, který je řízen u novější koncepce tohoto vstřikovacího čerpadla elektronicky. Jedná se převážně o rotační vstřikovací čerpadla značky BOSCH nebo Lucas. Tento druh vstřikovacího čerpadla je většinou použit u osobních vozidel a také se někdy nazývají rotační čerpadla. Tento druh vstřikovacího čerpadla je rozšířen u malých rychloběžných motorů pro osobní a lehké nákladní automobily. Toto vstřikovací čerpadlo jak již bylo zmíněno má jednu výtlačnou jednotku. Výtlačná jednotka je ovládána kotoučem, který je opatřený čelními vačkami v počtu válců motoru. Množství paliva pro jednotlivé válce určuje a rozděluje rotační pístek. Tyto rotační čerpadla se dále dají dělit na dvě základní koncepce. Rotující rozdělovač a navíc s pohybem vyvolaným čelní vačkou kde současně zastává funkci elementu a rozdělovače, nebo čerpadla se dvěma protiběžnými písty ovládanou vnitřní radiální vačkou.

Následující typ vstřikovacích čerpadel mají pro každý válec motoru samostatnou vstřikovací jednotku. Tato jednotka je uložena v tělese bloku čerpadla kde počet jednotek koresponduje s počtem válců motoru. Těleso vstřikovacího čerpadla je tvořeno jednotlivými komorami a to komorou pro vstřikovací jednotky a komorou pro odstředivý regulátor. Takto je vstřikovací čerpadlo rozděleno z důvodu nutnosti samostatné náplně mazání již zmíněné odstředivé regulace. Vstřikovací čerpadla jsou vystrojena polo monoblokovými vstřikovacími jednotkami, které byly vytvořeny spojením válce vstřikovací jednotky a pouzdra regulační tyče v jeden celek. Vstřikovací jednotka je tvořena těmito částmi, válcem vstřikovací jednotky s pístem, nad zvedákem s kladkou, vratnou pružinou, regulačním pouzdem, ozubeným prstencem regulační objímky a výtlačným ventilem. Vstřikovací čerpadlo této skupiny převážně najdeme u nákladních vozidel. Jen pro zajímavost výrobcem vstřikovacích čerpadel této koncepce pro starší nákladní a užitkové vozy byla i tuzemská firma Motorpal Jihlava.

Důležitým bodem je i **řízení množství vstřikovaného paliva**, které lze ovládat **změnou účinného (výtlačného) zdvihu pístu** - přepouštěním části paliva do sacího kanálu vstřikovacího čerpadla. U této regulace změnou zdvihu pístu je dopravované množství paliva určeno vzájemnou polohou vačky a kladky zdvihátka pístu.

Možností regulace množství paliva je i regulace **regulační hranou na pístu** vstřikovacího čerpadla. Na začátku výtlačného zdvihu pístu je palivo vytlačováno do sacího kanálu až do té doby než horní hrana pístu překryje sací otvor. V tento okamžik začíná geometrický počátek výtlačku paliva a končí okamžikem, kdy šikmá hrana pístu odkryje přepouštěcí otvor válce nebo sací kanál u jednotvorových elementů. Pro nulovou dávku je vytvořena svislá regulační hrana. Tato hrana když se natočí proti přepouštěcímu nebo sacímu otvoru dojde k poklesu vstřikovacího tlaku paliva a motor zhasne. Plynulá změna dodávky je zajištěna pohybem regulační tyče, která ovládá přesné natočení všech pístů podle potřeby.

Tato tyč je také spojena s odstředivou regulací, která zabraňuje překročení kritických otáček (přetočení motoru). Odstředivá regulace u vstřikovacích čerpadel je dvojího druhu. Odstředivá omezovací regulace a odstředivá výkonnostní regulace. Odstředivé regulátory mohou být mimo to pneumatické, hydraulické. Pneumatické fungují v závislosti na podtlaku v sacím potrubí. Hydraulické fungují v závislosti na změně tlaku kapaliny dodávané čerpadlem, které je poháněno motorem. Pro snazší spuštění studeného motoru je vstřikovací čerpadlo vybaveno zařízením, které umožní posun hřebenové regulační tyče a tím zvýšení dodávky paliva .

Další způsob řízení množství vstřikovaného paliva je **omezením množství vytlačovaného paliva škrcením** na sání nebo výtlačku. Tento způsob řízení výtlačného množství paliva je dosti náročný na seřízení pro více válcové motory. Jde v podstatě o zatlačování jehly do sacího otvoru nebo otvoru v komoře výtlačku paliva. Předsuvník vstřiku se využívá u vysokootáčkových motorů z důvodu zlepšení spalování paliva, zlepšení charakteristiky výkonu motoru a točivého momentu. Předsuvník vstřiku přenáší plynule natáčení váčkového ve smyslu otáčení jeho náhonu a tím zvýšení úhlu před vstřiku paliva. Závislost natočení (zvýšení) tohoto úhlu předstřiku je opět způsobena odstředivou silou závaží předsuvníku a ta jsou navíc vyvažována pružinami.

Vysokotlaké potrubí slouží ke spojení jednotlivých vstřikovacích jednotek a vstřikovacího čerpadla se vstřikovači příslušného válce. Toto potrubí je vyrobeno z bezešvé ocelové trubky ukončené kuželovým koncem se šroubením. Matice šroubení je převážně opatřena závitem M14x1,5 mm nebo M12x1,5mm. Těsnící kužel je možné při jeho deformaci a nebo ulomení obnovit, ale musíme si být poté vědomy, že dojde ke zkrácení délky potrubí, které má pak vliv na funkci palivového systému. Jde o to, že její délkou je ovlivněn čas vstřiku pro jednotlivé válce motoru. Proto je nutné u čerpadel seřízených do kruhu dodržet stejnou délku potrubí, přičemž při jeho volbě vycházíme z nejdelšího potrubí mezi vstřikovacím čerpadlem a vstřikovačem. Světlost vysokotlakého potrubí je v rozsahu 1,5-2 mm. Vnitřní průměr (světlost) 2mm a odpovídá vnějšímu průměru potrubí 6mm, které je nejpoužívanějším rozměrem potrubí. Z důvodu zamezení vibrací a praskání vysokotlakého

potrubí je nutné toto potrubí ve střední části spojit sponou, avšak nejlépe z materiálu, který neprodře toto potrubí.



Obr. 2-3 Vysokotlaké potrubí

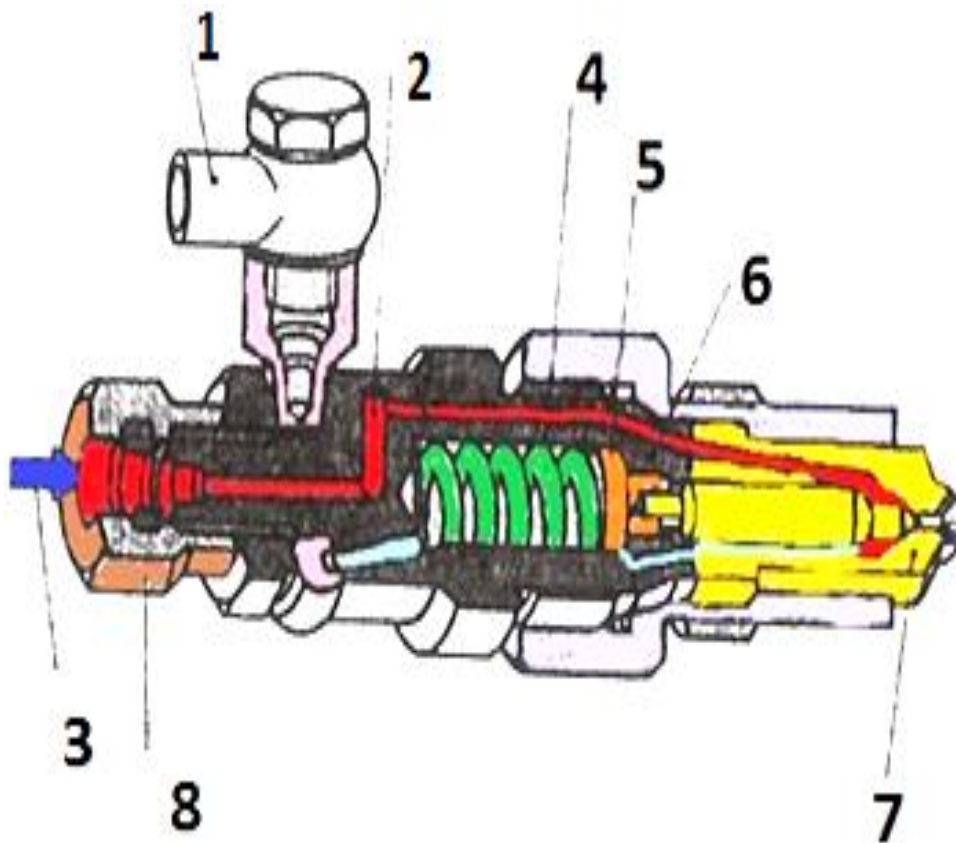
Vstřikovač - zařízení, které vstřikuje palivo přicházející od vstřikovacího čerpadla pod vysokým tlakem do spalovacího prostoru pod určitým směrem a to tak aby bylo co nejlépe rozprášeno. Otvírací tlak trysek při chodu motoru a zvyšujících se otáček dosáhne hodnotu více než 200 MPa. Vstřikovací trysky výrazně ovlivňují chod motoru, spalování a hlučnost. Vstřikovač se skládá z vlastního těla a trysky. Pomocí držáku trysky je namontovaná vstřikovací tryska do hlavy válců motoru. Vstřikovač může být vybaven bezúdržbovým síťovým čističem paliva zalisovaným v držáku. Palivo přivedené od vstřikovacího čerpadla pod vysokým tlakem přichází do přívodního otvoru držáku trysky. Odtud se dostává do prstencovité drážky přívodního otvoru a dále do tlakové komory vstřikovací trysky. Dojde -li k tomu, že tlak paliva je větší než tlak přitlačné pružiny, jehla trysky se nadzvedne ze svého sedla a dojde ke vstříknutí paliva do spalovacího prostoru nebo do komůrky dle typu motoru.

Toto probíhá během dopravního zdvihu vstřikovacího čerpadla. Palivo, které uniká kolem jehly trysky, je také potřebné pro mazání a chlazení jehly trysky, se většinou vrací zpět do palivové nádrže tak zvaným přepadovým potrubím. Po skončení vstřikování tedy poklesu tlaku ve vysokotlakém potrubí stlačuje síla pružiny jehlu trysky zpět do sedla a tryska se

uzavře. Správný otv^írací tlak trysky se nastavuje seřizovacím šroubem nebo vložením ocelových podložek, které určují sílu předpětí pružiny.

Dvou pružinový držák trysky obsahuje dvě tlačné pružiny s různou tuhostí. Ty jsou vzájemně sladěny tak, že se nejdříve při nízkém tlaku paliva zvedne tryska jen proti tlaku měkčí pružiny. Tryska se tedy jen pootevře a do spalovacího prostoru se vstříkne malé množství paliva, které se nazývá pilotní dávka. Touto dávkou se odstartuje spalování a dojde k mírnému zvýšení spalovacího tlaku. Narůstající vstřikovací tlak poté přemůže sílu i druhé pružiny a tryska se otevře naplno. Takto prodloužený vstřik vede k pomalejšímu a zároveň k měkčímu spalování. Tento typ držáku je typický pro motory s přímým vstřikováním paliva. Trysky vstřikovače se dělí do dvou skupin dle konstrukčního typu a to na **čepové** a **otvorové**.

Podle množství paliva se používají různá provedení. Trysky jsou vyrobeny z velmi kvalitní oceli a jejich funkční plochy jsou broušeny s velmi velkou přesností v toleranci 2 až 4 μm .



Obr. 2-4 Řez vstřikovačem s více otvorovou tryskou.[3]

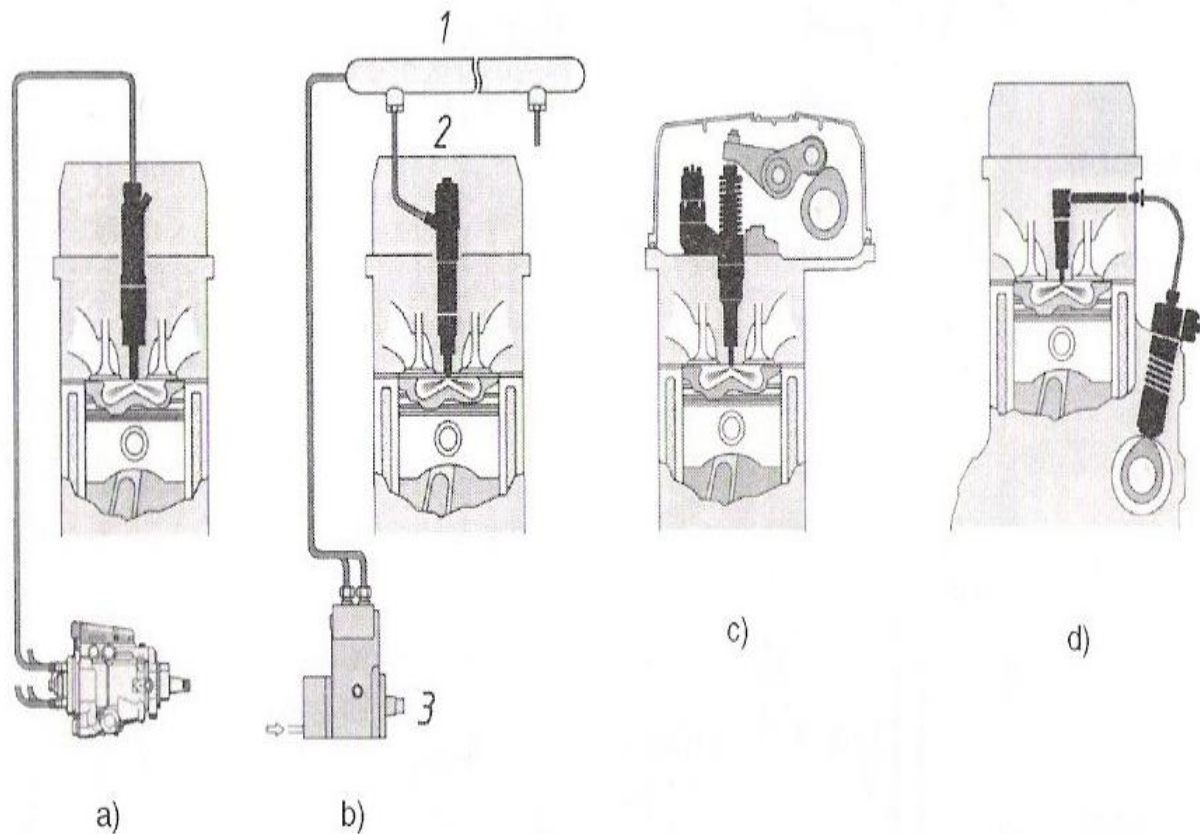
1- zpětné vedení paliva. 2- tlakový kanál. 3- přívod paliva. 4- pružina. 5- podložka s vodícím trnem. 6- těleso vstřikovače. 7- vstřikovací tryska. 8- připojení vysokotlakého potrubí.

Čepová tryska - tvořena jehlou, která prostupuje otvorem trysky a na konci je jehla zakončena vstříkovacím čepem. Vstříkovací paprsek je možné měnit různými rozměry a tvary vstříkovacího čepu. Mimo jiné čep udržuje otvor trysky čistý a bez karbonu. Čepová tryska se používá převážně v motorech s před komůrkou a nebo vířivou komůrkou. Otevírací tlak trysky se pohybuje od 8 do 12,5 MPa. Dalším druhem je škrťící čepová tryska, která má zvláštní tvar čepu, kterým se částečně určuje předvstřík. Když se jehla trysky částečně nadzvedne ze svého sedla tak se uvolní velmi malá úzká štěrbina kruhového tvaru, kterou se propustí málo paliva (škrťící účinek). Teprve poté při dalším zvednutí jehly trysky se průtočný průřez zvětší, dokud se nakonec ke konci zdvihu jehly trysky nevstříkne hlavní část paliva. Při pomalém zvyšování tlaku ve spalovacím prostoru dochází k rovnoměrnějšímu spalování a tím pádem i k měkčímu chodu motoru.

Otvorová tryska - používá se v motorech s přímým vstříkáváním paliva s kombinací dvou pružinového držáku jak již bylo výše uvedeno, protože s těmito tryskami dosahuje velmi jemného rozprášení paliva. Otevírací tlak se pohybuje mezi 15 a 25 MPa. Jehla trysky je na dolním konci většinou kuželovitě zbrošená a zapadá do kuželovité dosedací plochy v držáku trysky, čímž se dosahuje výborného utěsnění. Otvorové trysky mohou být jednotvorové a víceotvorové. Jednotvorové trysky mají jeden otvor, který leží ve směru osy trysky nebo bočně. Víceotvorové trysky mají 3 až 8 vstříkovacích otvorů uspořádaných symetricky a šikmo k ose trysky s vrcholovým úhlem otvorů až 160°. Průměr vstříkovacích otvorů se pohybuje kolem 0,15 až 0,4 mm. Velikost těchto otvorů ovlivňuje tvar a dolet vstříkovaného paprsku paliva ve spalovacím prostoru motoru.

2.1.3 Vstříkovací systémy vznětových motorů řízené řídicí jednotky motoru

V předešlé části jsme se seznámili s jednotlivými hlavními částmi vstříkovací soustavy vznětového motoru. Nyní bych se věnoval jednotlivým systémům řízení vstříkovacích soustav vznětových motorů za pomoci řídicí jednotky motoru. Použití mikroprocesorové elektronické regulace k řízení vstříkovacích soustav umožňuje velmi přesnou regulaci počátku a konce vstříkování paliva. Navíc je snadná regulace volnoběhu, korekce dávky při plném zatížení, závisící na plnicím tlaku, teplotě vzduchu a teplotě paliva, omezení nejvyšších a otáček a korekce dávky pro spuštění studeného motoru. Elektronická regulace množství vstříkovaného paliva a počátku vstříku má příznivý vliv i na spotřebu paliva. V současné době se používají čtyři základní typy vstříkovacích soustav, lišících se provedením a pohonem vysokotlakého vstříkovacího čerpadla. U nejpoužívanější soustavy zůstává zachován základní princip mechanicko-hydraulický s řadovým, nebo rotačním víceválcovým vstříkovacím čerpadlem s cizím pohonem a se vstříkovači s vyměnitelnými tryskami otvíranými tlakem paliva. Pro lepší přiblížení použiji obrázek přehledu vstříkovacích soustav.

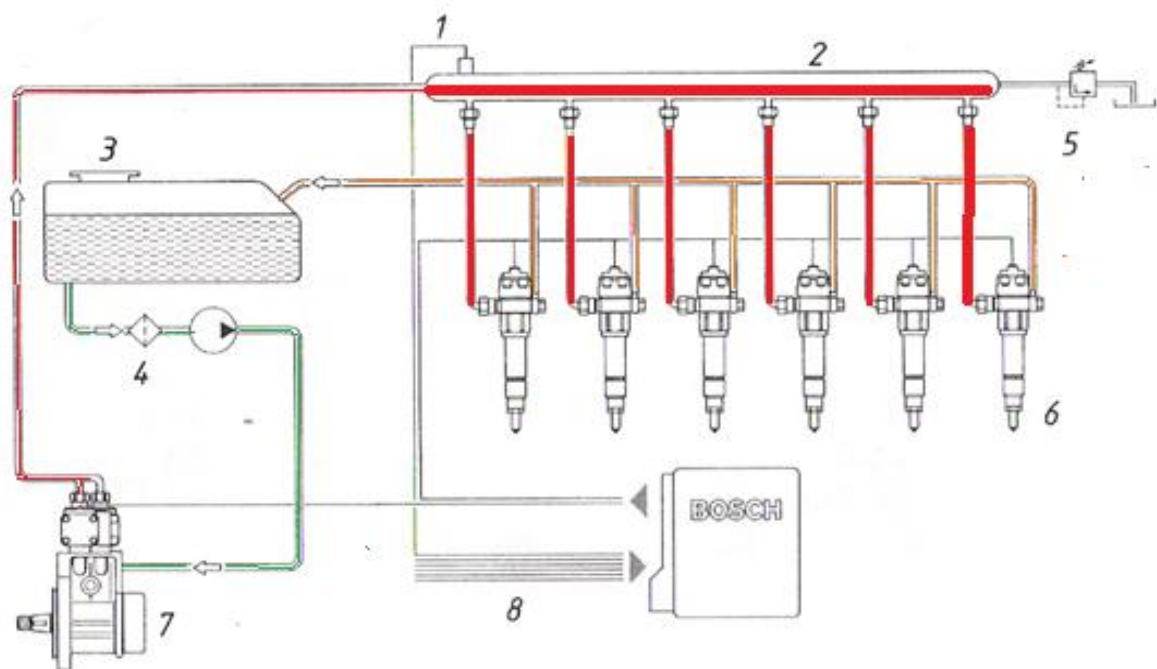


Obr. 2-5 Přehled vstřikovacích soustav vznětových motorů.[4]

a) Vstřikovací soustava s víceválcovým čerpadlem s vlastním pohonem a samostatnými vstřikovači. b) Akumulační vstřikovací soustava (CommonRail) 1- tlakový zásobník, 2- vstřikovač, 3- vysokotlaké čerpadlo. c) Soustava se sdruženými vstřikovači. d) Soustava se samostatnými čerpadly s cizím pohonem.

Vstřikovací systém CommonRail

Tento systém vstřikování paliva je technicky jednodušší. Vysokotlaké pístové čerpadlo plní trvale vysokým tlakem společný (common) zásobník ve tvaru trubky (rail) odkud se palivo sekvenčně rozděljuje do jednotlivých válců prostřednictvím elektromagneticky nebo piezoelektronicky ovládaných ventilů. Tento systém se začal vyvíjet při 135 MPa a postupně se hodnota tlaku vyšplhala na hranici 200MPa. V dnešní době se již používá systém s hydraulickým zesilovačem vstřikovacího tlaku paliva, HDI díky kterému se palivo vstřikuje na hranici 250MPa.



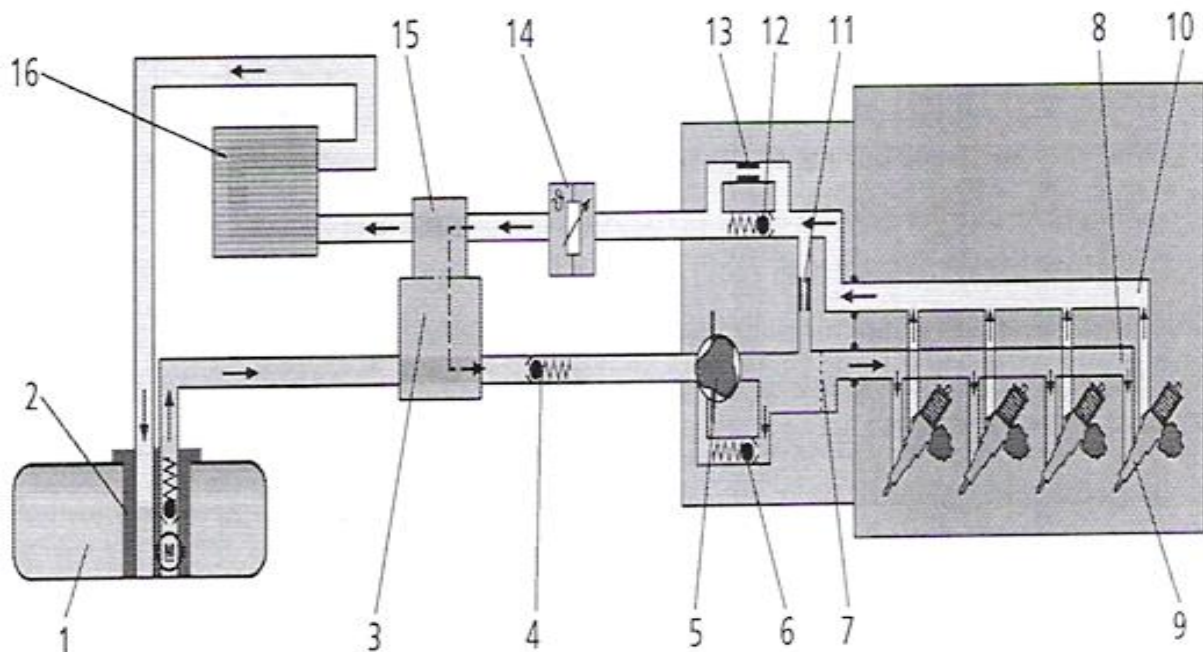
Obr. 2- 6 Schéma vstřikovací soustavy CommonRail.[5]

1- snímač tlaku. 2- tlakový zásobník. 3- palivová nádrž. 4- nízkotlaké čerpadlo s odlučovačem vody. 5- regulátor tlaku paliva. 6- vstřikovač. 7- vysokotlaké čerpadlo. 8- vstupy řídicí jednotky.

Vstřikovací systém PDS

Vstřikovací systém PDS je systém vstřikování paliva čerpadlo- tryska. Hlavní součástí systému je vstřikovací jednotka skládající se z vstřikovacího čerpadla, elektromagnetického ventilu a vstřikovací trysky. Vstřikovací tlak se u tohoto systému pohybuje okolo 205 MPa. Doprava paliva je zajišťována dvěma čerpadly elektrickým, které je umístěno v palivové nádrži a slouží k vytváření dopravního tlaku 0,05MPa, a mechanickým, které je umístěno na hlavě motoru. Systém pracuje následujícím způsobem.

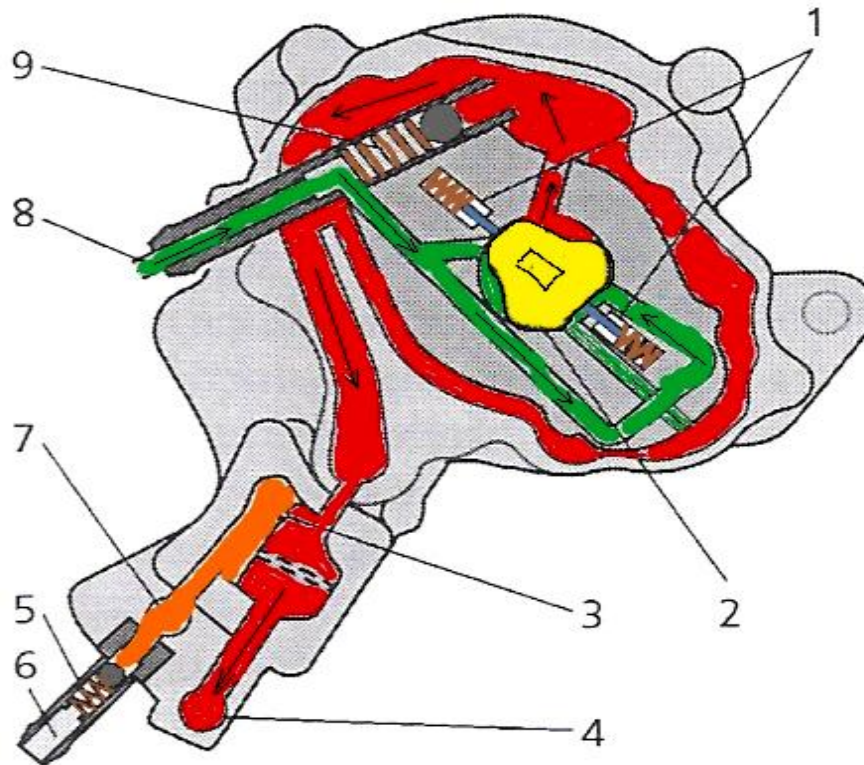
Po zapnutí zapalování pracuje el. čerpadlo 2 sekundy a pak se vypne. Jakmile se motor rozběhne, čerpadlo začne dopravovat palivo k mechanickému čerpadlu po celou dobu práce motoru. Zpětný ventil vřazený před mechanické čerpadlo otevírá při tlaku 0,02MPa a zabraňuje, aby se po vypnutí motoru palivo vrátilo zpět do palivové nádrže. Otvorem přívodu paliva v hlavě válců pak palivo proudí od mechanického čerpadla přímo k jednotkám čerpadlo tryska. Nevyužitě palivo se vrací kanálem zpětného vedení do nádrže. V tomto zpětném kanále je vřazen tlakový regulační ventil, který udržuje ve zpětném potrubí tlak 0,1MPa.



- | | |
|--|---|
| 1 palivová nádrž | 9 vstřikovací jednotky |
| 2 elektrické čerpadlo s pojistným ventilem, zajišťující dodávku paliva k mechanickému čerpadlu | 10 zpětné vedení paliva |
| 3 čistič paliva | 11 zúžený profil, ve kterém se sítím zachycené bublinky vracejí do přívodu paliva |
| 4 zpětný ventil znemožňující návrat paliva do nádrže po vypnutí motoru | 12 ventil regulující tlak paliva ve zpětném potrubí na hodnotu 0,1 MPa, což zajišťuje stálý tlak u jehly elektromagnetického ventilu vstřikovacích jednotek |
| 5 mechanické rotační čerpadlo | 13 obtok pro případ nedostatku paliva v systému |
| 6 tlakový ventil regulující tlak paliva v přívodu na hodnotu 0,75 MPa | 14 snímač teploty paliva |
| 7 síto proti průniku bublin | 15 ventil sloužící k regulaci teploty paliva |
| 8 přívod paliva | 16 chladič paliva vracejícího se do nádrže |

Obr. 2-7 Schéma palivové soustavy vstřikovací systému PDS.[6]

Mechanické čerpadlo je rotační a využívá principu plovoucích lamel, které jsou pružinami tlačeny na tvarový rotor. Přítlak na lamely umožňuje činnost čerpadla již v nízkých otáčkách. Mechanické čerpadlo pracuje tak, že při zvětšování objemu komory se palivo nasává a při zmenšování se palivo vytlačuje. Palivo je vždy nasáváno a vytlačováno dvěma komorami najednou.



Obr. 2-8 Mechanické palivové čerpadlo pro systém PDS.[7]

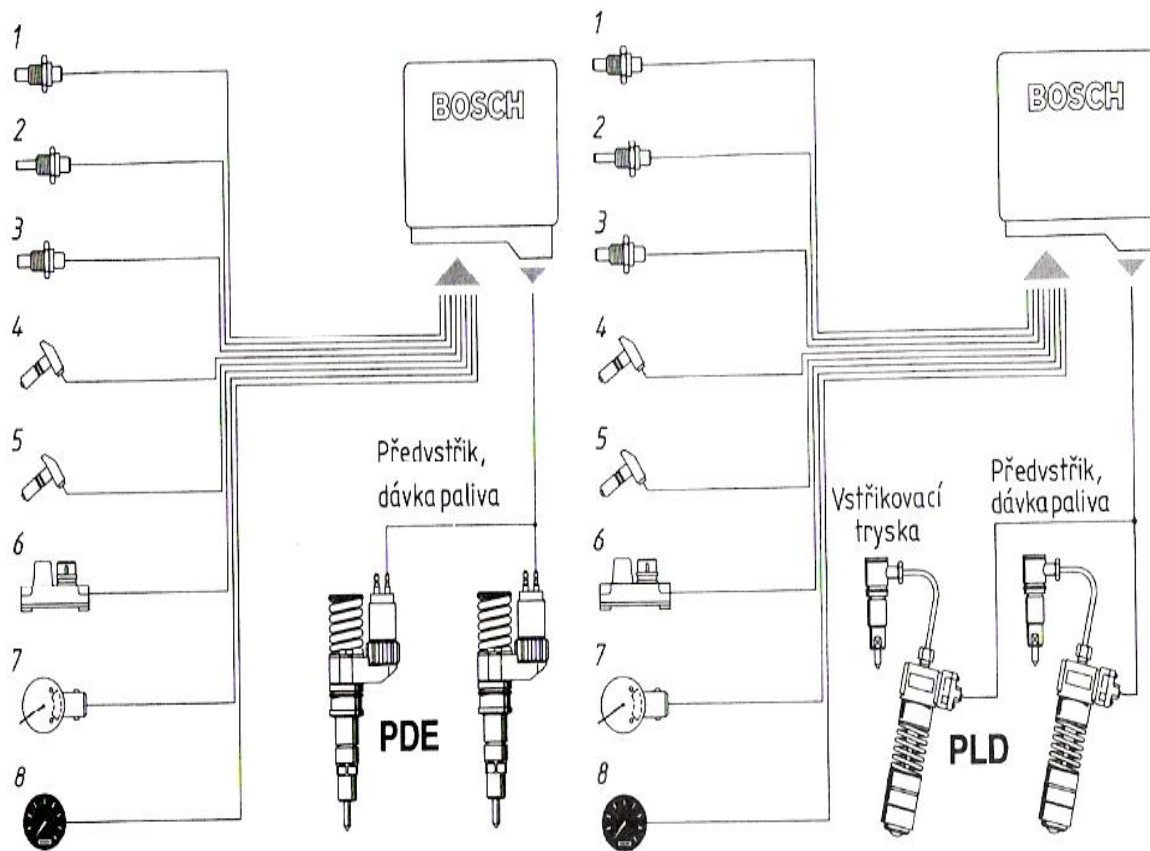
1- Plovoucí lamely s přítlačnými pružinami. 2- rotor. 3- zúžený profil. 4- kanál přívodu paliva. 5- tlakový regulační ventil. 6- zpětné vedení do nádrže. 7- vývod zpětného vedení. 8- přívod paliva od nádrže. 9- regulační ventil přívodu paliva.

Vstřikovací systém PDE

Tento systém je konstruován pro ovládání mechanicko-hydraulické nebo alternativně elektromagnetické, kde přívod paliva do trysky je přesně řízen ventilem ovládaným velmi rychle pracujícím elektromagnetem. Elektronická řídicí jednotka, po digitálním zpracování signálu snímačů, jako je například signál polohy plynového pedálu nebo signálu teploty motoru, porovnává tyto hodnoty s datovými soubory v paměti a řídí počátek i konec vstřiku, tedy předvstřík a dávku.

Vstříkovací systém PLD

Tento systém (Pumpe -Leitung-Düse), znamená čerpadlo - vedení - tryska. Od samostatných čerpadel s cizím pohonem je krátkým vysokotlakým potrubím přiváděno palivo k běžným vstříkovačům. Elektronické ovládání soustavy je velmi podobné jako u systému PDE



Obr. 2- 9 Schéma řízení vstříkovacího systému PDE/PLD.[8]

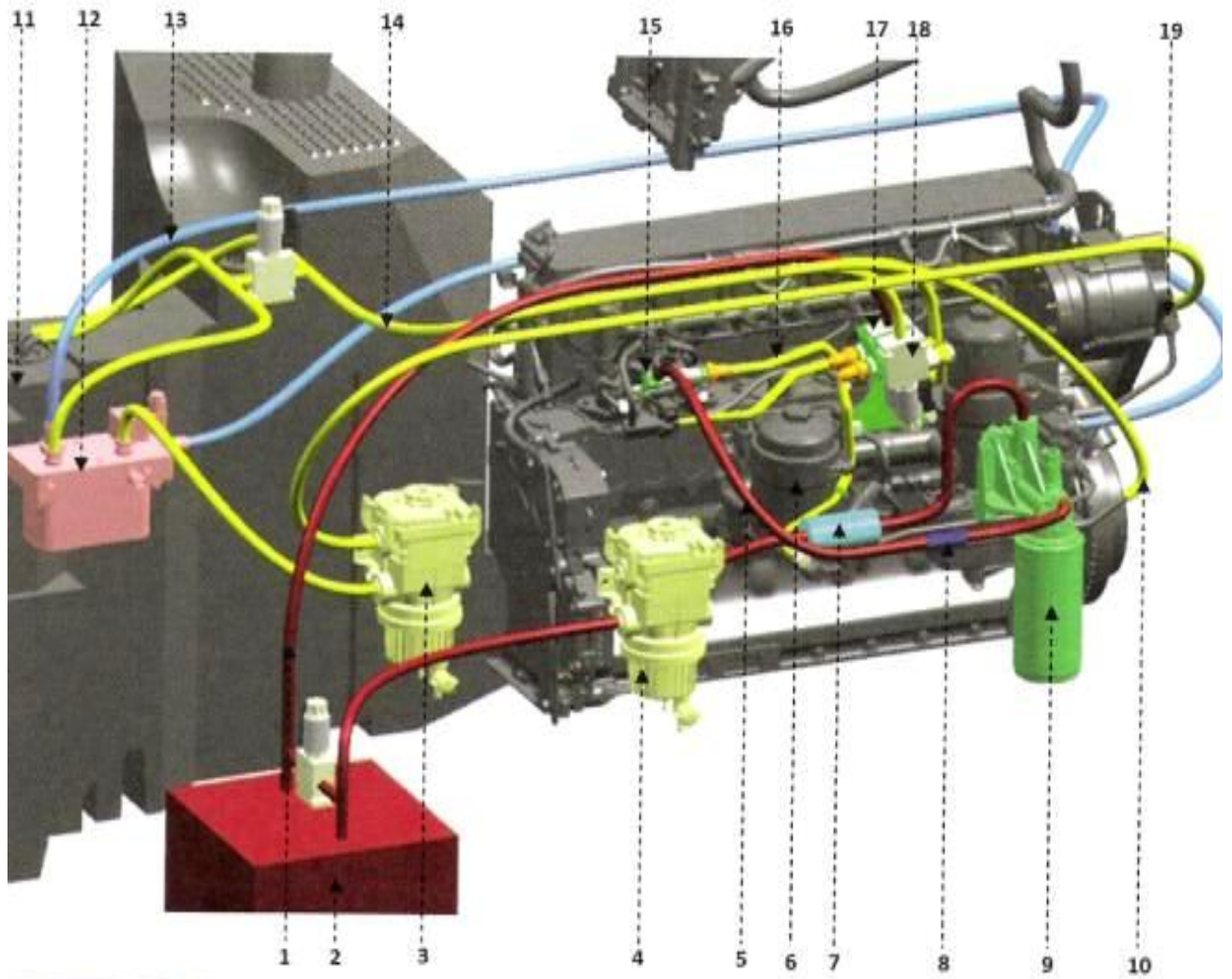
2.1.4 Vstříkovací soustavy vznětových motorů pro alternativní PHM

Vstříkovací soustava vznětových motorů pro řepkový olej

Pro spalování alternativních paliv jako je např. řepkový olej jsou vhodné vznětové motory s děleným spalovacím prostorem tedy motory s nepřímým vstřikem paliva. Kde dochází k pomalejšímu nárůstu tlaku a intenzivnějšímu víření vzduchu a použití nižších vstříkovacích tlaků což je velmi výhodné pro spalování rostlinného oleje, který je charakteristický svým nízkým cetanovým číslem a tedy i prodloužením doby vznícení.

Palivová soustava je doplněna samostatnou nízkotlakou větví pro druhé palivo (surový řepkový olej) a komponenty zajišťující sání, čištění, nahřívání a dopravu paliva k vysokotlakému čerpadlu, které je už společné pro obě paliva. Motorová nafta při normálním provozu je nasávána z nádrže přes hrubý filtr paliva pomocí podávacího čerpadla. Poté proudí dále k jemnému filtru a přes jednosměrný ventil k řídicímu dvoucestnému ventilu kam je také přivedeno potrubí s bio palivem. Tento řídicí dvoucestný ventil zajišťuje připojení paliva k vysokotlakému čerpadlu. Zbytkové palivo ze zásobníku (Railu) a vstříkovacích jednotek je odváděno přes třicestný ventil, který určuje proudění paliva zpět do nádrží motorové nafty nebo řepkového oleje.

Dále bych přiblížil provoz vznětového motoru s možností spalování řepkového oleje. Startování motoru je pouze na motorovou naftu, alternativní palivo se začíná nahřívát o chladicí kapalinu ve výměníku. Při dosažení teploty přes 62°C a dosažení určitého točivého momentu se provoz motoru přepne automaticky na provoz s alternativním palivem. Jakmile však dojde k poklesu teploty či točivého momentu pod stanovenou mez dojde k automatickému přepnutí provozu motoru zpět na motorovou naftu. Před ukončením provozu je však nutné přepnout provoz na motorovou naftu aby se vypotřebovalo alternativní palivo z vysokotlaké části palivové soustavy, aby bylo zaručeno další možné bezproblémové nastartování motoru. Pro lepší názornost příkládám obrázek palivové soustavy pro spalování řepkového oleje



Obr.2-10 Palivová soustava umožňující spalování alternativního paliva.[9]

1- vratné potrubí (nafta), 2- palivová nádrž (nafta), 3- hrubý filtr a odlučovač vody (alternativní palivo), 4- hrubý čistič a odlučovač vody (nafta), 5- potrubí s naftou k řadícím ventilu, 6- hlavní čistič (alternativní paliva), 7- elektrické podávací čerpadlo (nafta), 8- zpětný ventil, 9- hlavní čistič paliva (nafta), 10- přepad z hlavního čističe paliva (alternativní palivo), 11- palivová nádrž (alternativní palivo), 12- výměník tepla (ohřev alternativního pliva od chladící kapaliny), 13- vedení chladící kapaliny, 14- vratné potrubí (alternativní palivo), 15- řadící ventil (zapínání vnitřního okruhu), 16- potrubí s alternativním palivem k řadícímu ventilu, 17- ventil zpětné větve, 18- ventil připojování alternativního paliva, 19- podávací čerpadlo (alternativní palivo)

Vstříkovací soustava vznětových motorů pro bioethanol

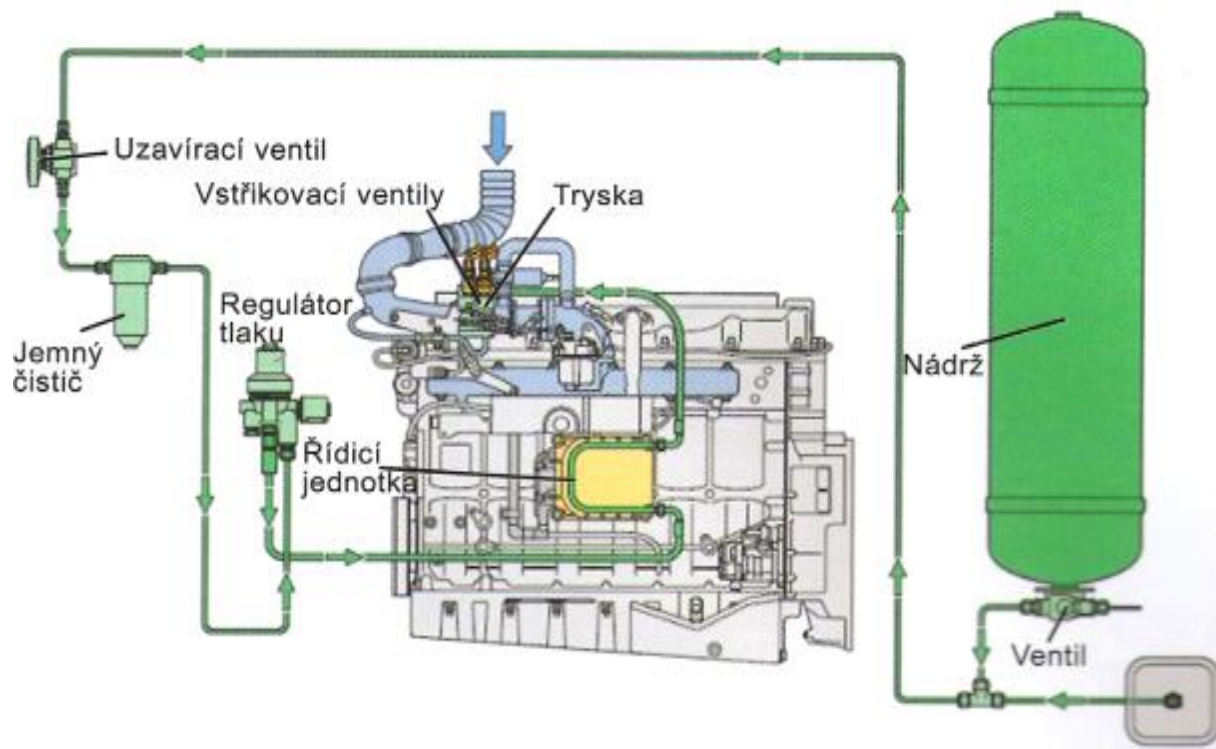
Bioethanol je možné po smísení s motorovou naftou použít bez velké úpravy palivové soustavy. Použití je doporučeno jen za pomoci aditiv, která zlepšují především cetanové číslo, mísitelnost, korozní a mazací vlastnosti. Kromě toho je třeba upravit management dodávky paliva. Bioethanol se tedy dá mísit s motorovou naftou v 10% zastoupení, kdy je dosaženo nejlepší mísitelnosti. Nejlepší mísitelnost je docílena butalonem. Z důvodu udržení hranice výkonu motoru někdy třeba zvýšit dávku paliva až o 30%.

Provoz vznětového motoru na bioethanol může být uskutečněn tedy vstříkáním směsi motorové nafty s bioethanolem do spalovacího prostoru, nebo pomocí dvou vstříkovacích čerpadel - jedno čerpadlo vstříkuje naftu, druhé vstříkuje bioethanol, nebo dalším způsobem a to nasáváním směsi bioethanolu se vzduchem a vstříkáním nafty do válce.

Vstříkovací soustava vznětových motorů pro CNG nebo bioplyn

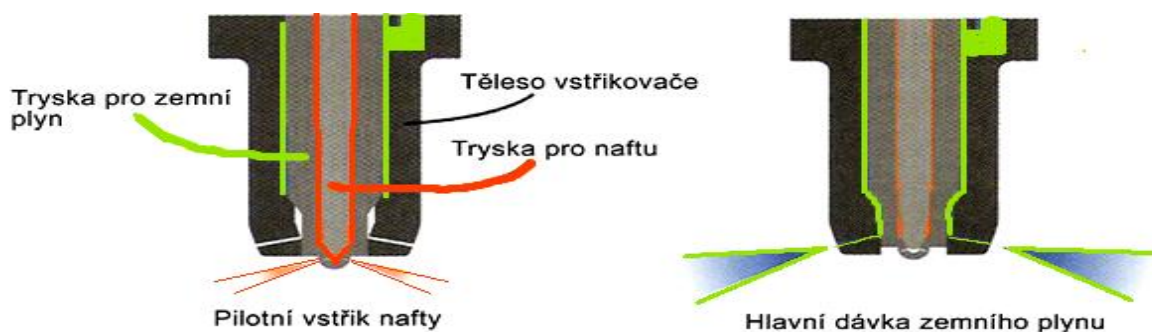
Tento způsob je velmi problematické z několika důvodů, které vychází z odlišnosti vlastností motorové nafty pro kterou jsou konstruovány. Jedná se především o vysokou teplotu vznícení a nulové cetanové číslo, které neumožní vznícení směsi během komprese jako u vznětových motorů. Dalším problémem je nízká rychlost hoření. Vznětové motory pro provoz na zemní plyn a bioplyn mají mimo jinou palivovou soustavu modifikovanou i hlavu válců, písty a tvar spalovacího prostoru. Zapálení směsi je pomocí zapalovacích svíček. Režim práce motoru je udržován pro stechiometrický poměr $\lambda=1$. Pro dodržení tohoto přesného poměru je třeba přesné regulace složení směsi plynu se vzduchem. Kde jde v podstatě o stejnou regulaci jako u zážehových motorů, pomocí monitorování veličin jako je poloha škrtící klapky množství nasávaného vzduchu, teplota tlak plynu i přiváděného vzduchu.

Příklad palivové soustavy pro zemní plyn či bioplyn je vidět níže na obrázku. Plyn je skladován v zásobníku (nádrži), odkud je přes uzavírací ventil přiváděn do jemného čističe. Odkud pak dále pokračuje do regulátoru tlaku, kde se snižuje na provozní tlak okolo 5 až 6 bar. Z regulátoru je veden plyn ke vstříkovacím ventilům, společných pro všechny válce, ze kterých je plyn dávkován do směšovače umístěným v proudu nasávaného vzduchu motorem



Obr. 2 -11 Příklad vstřikovací soustavy pro CNG nebo bioplyn.[10]

Jen pro zmínku uvádím další možný způsob spalování plynu u vznětového motoru, který je vyřešen tak, že vznícení motorové nafty je iniciátorem hoření zbylé části směsi plynu se vzduchem. U této varianty je však třeba upravených vstřikovačů paliva, pro kombinované používání motorové nafty a plynného paliva. Jedná se o bivalentní provoz směs plynu 70% a 30% motorové nafty jako iniciátoru vznícení. Systém vstřikování může být provozován také pouze na motorovou naftu. Pro lepší představu přikládám následující obrázek řezu vstřikovače pro kombinované používání motorové nafty a plynného paliva.



Obr. 2-12 Řez vstřikovače pro kombinované používání motorové nafty a plynného paliva.[11]

2.2. Vstřikovací soustava pro zážehové motory

Rozděluje se na dva základní typy podle vstřikování paliva Přímé vstřikování paliva a nepřímé vstřikování paliva

Přímé vstřikování paliva bylo spíše pro letecké motory a poté se přeneslo na automobily kde nepřineslo ve své jednoduché formě lepších výsledků než jakých je možno dosáhnout při vstřikování paliva do sacího potrubí a to nepřetržitě a časované. Z tohoto důvodu se odstoupilo od tohoto systému a po určitém čase se opět k němu z ekonomických a ekologický^{ch} hledisek vrátilo.

Nepřímé vstřikování paliva je vlastně vstřikování paliva nepřímo do spalovacího prostoru. Vlastní vstřikování paliva je prováděno do sacího potrubí. Tento způsob vstřikování paliva se dále dělí dle doby vstřiku a to na **vstřikování nepřetržitě a vstřikování časové** .

Nepřetržitě vstřikování paliva je v podstatě jistým zlepšením karburátoru. Vstřikovací trysky jsou obvykle umístěny ve větší vzdálenosti od sacího ventil. Dochází tedy podobně jako u karburátoru ke smáčení stěn sacího potrubí, které při proměnlivých režimech vede k obohacování nebo k ochuzování směsi. Příprava směsi při chodu naprázdno a v částečném zatížení není tak dokonalá jako u časového vstřiku. Regulační prvky jsou zde otáčky motoru a otevření škrtkové klapky. Závislost na otáčkách motoru je dána dávkovacím čerpadlem a závislost na velikosti otevření škrtkové klapky je dána pootočením regulačního ventilu, který je spojen s klapkou pomocí kulisy. Tento druh vstřikovací soustavy hojně využívaly dříve závodní vozy jako například Ford mustang, Lotus atd. Šlo spíše o průkopníky vstřikování paliva pro benzínové motory.

Časové vstřikování paliva je dalším způsobem vstřikování paliva za pomoci elektromagnetických vstřikovacích ventilů, ovládaných řídicím elektronickým zařízením. Vstřikování probíhá konstantním tlakem, množství vstříknutého paliva je určeno dobou vstřiku. Doba vstřiku se pohybuje do 9 ms, když tuto dobu převedeme na pootočení klikového hřídele motoru je tato doba rovna hodnotě 215° při 4000 ot/min a 360° při 6000 ot/min a při vyšších otáčkách jde tedy o nepřetržitě vstřikování. Každý válec motoru má vlastní elektromagnetický ventil, který vstřikuje jednou během otočení vačkového hřídele motoru. Palivo se vstřikuje konstantním tlakem cca 0,2MPa. Stlačeno je v palivové soustavě, která se skládá z několika částí.

2.2.1 Části soustavy pro přímé a nepřímé vstřikování paliva zážehové motoru

- Palivová nádrž
- Palivové potrubí
- Dopravní palivové čerpadlo
- Čističe paliva
- Regulátor tlaku
- Nádrž s aktivním uhlím
- Vstřikovací ventil

Dávkování je řízeno dvěma základními parametry - otáčkami motoru a podtlakem v sacím potrubí. Otáčky jsou dány frekvencí impulsů z rozdělovače nebo ze snímače polohy klikového hřídele. Podtlak v sacím potrubí je snímán bezkontaktně induktivním snímačem. V sacím potrubí je dále umístěn kontaktní snímač, který přepíná provoz elektrického zařízení pro plné a částečné zatížení motoru. Z důvodu snížení škodlivin ve výfukových plynech se při deceleraci (brzdění motorem) vypíná dodávka paliva spínačem spojený se škrtkou. K vypínání dodávky paliva dochází při zavřeném klapce v rozmezí otáček mezi 1300 až 1700 za minutu. Vstřikovací zařízení je dále vybaveno korekčními členy na teplotu chladicí kapaliny, oleje a teplotu nasávaného vzduchu. Při spuštění studeného motoru se automaticky zapíná zařízení, které mění směšovací poměr v závislosti na teplotě.

Palivová nádrž

Tento díl palivové soustavy je vlastně zásobníkem paliva pro motorové vozidlo. Palivová nádrž je vyrobena z plastu či svařena z plechových vylisovaných dílů. Nádrž je rozdělena příčkami a vlnolamy, které zabraňují přelévání a hromadění paliva při brzdění, průjezdu v zatáčkách a akceleraci. Plnicí hrdlo nádrže je opatřeno uzávěrem a někdy i hrubým čističem paliva, pro zachycení nečistot. Součástí palivové nádrže je i odvzdušňovací systém. Palivová nádrž má ve své výstroji měřicí přístroj pro stanovení množství paliva. U většiny systémů vstřikování paliva zážehových motorů je v palivové nádrži ve zvláštním prostoru umístěno ponorné čerpadlo.

Palivové potrubí

Palivové potrubí spojuje jednotlivé části palivového systému. V dnešní době se nejčastěji používá palivové potrubí vyrobené z plastu odolné ropným látkám. Z důvodu pružného propojení se používají různé druhy vysokotlakých hadic opatřených na koncích šroubením nebo rychlospojkou.

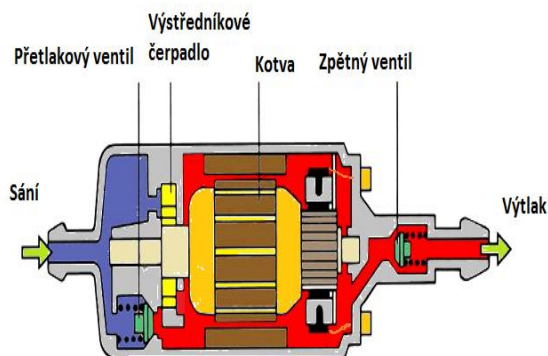
Dopravní palivové čerpadlo

U zážehového motoru se vstřikovacím systémem se používají elektricky poháněná vícestupňová čerpadla, která jsou rozdělena dle typu montáže a to do dvou provedení .

Inline je název pro první provedení palivového čerpadla. Jde o výkonnostní verzi čerpadla umístěného mimo nádrž a to pod podlahou vozidla vřazené do trasy palivového potrubí.



Obr. 2-13.1 Palivové čerpadlo Inline



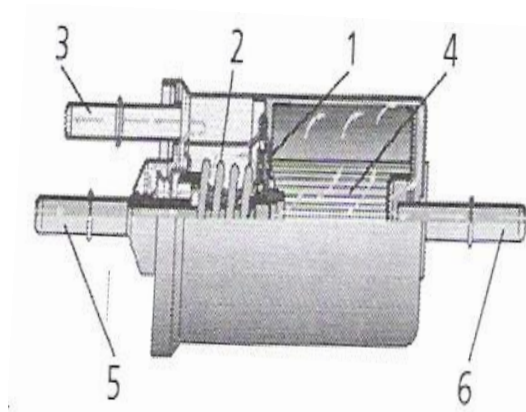
Obr.2-13.2 Řez palivovým čerpadlem. [12]

Intank se nazývá druhé provedení palivového čerpadla. Toto provedení je opět výkonnostní čerpadlo, ale umístěné v nádrži ve zvláštním prostoru o přibližném obsahu 1000cm³. Tyto čerpadla jsou na sací straně opatřeny palivovým čističem na hrubší nečistoty řádu 0,1mm. Součástí tohoto čerpadla jsou palivové a elektrické přípojky. Často jsou tyto čerpadla zavěšena pomocí tlumících prvků na držáku v plastovém tělese a tím je zajištěna minimální hlučnost. Na plastové těleso je v některých případech umístěn i snímač hladiny. Tyto součásti, čerpadlo a snímač hladiny, zakomponované do plastového tělesa vytváří jeden monoblok, který je přichycen speciálními úchyty ke dnu nádrže. V tomto tělese monobloku je vytvořen speciální prostor, který je vlastně zásobníkem paliva o určitém obsahu, jak již bylo výše zmíněno. Tento typ monobloku s čerpadlem je využíván například ve vozích automobilky Škoda pro systém BMM. V tělese vlastního čerpadla jsou zabudována dvě čerpadla, která jsou poháněna jedním elektromotorem. První čerpadlo, čili první stupeň čerpadla, palivo nasává přes hrubý čistič a tlačí jej přes stoupačnou trubici do již zmíněného speciálního prostoru (zásobníku paliva) v plastovém tělese. Přebytečné palivo a páry z paliva jsou vedeny zpět do nádrže vratným potrubím. Druhé čerpadlo tedy, jak se někdy říká, druhý stupeň, nasává palivo ze zásobníku a dodává jej do vstřikovací jednotky motoru. Toto čerpadlo má výkon zhruba 70 l/hod, maximální tlak 0,12 MPa. Tento druh čerpadla je omýván celou dobu provozu palivem, což má své výhody a nevýhody. Čerpadlo je osazeno na výtlačném potrubí zpětným ventilem, který zabraňuje zpětnému odtoku paliva zpět do čerpadla a nádrže a tím se udržuje po určitou dobu tlak i po vypnutí motoru.

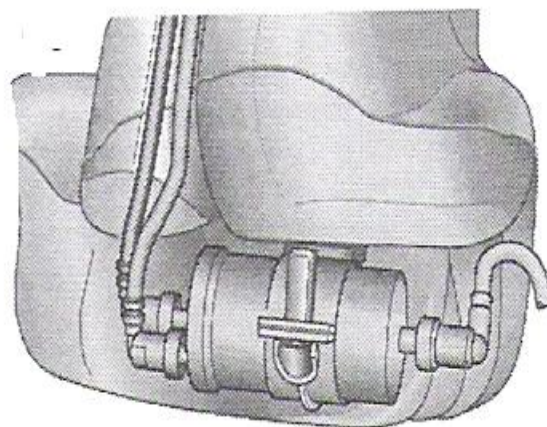
Palivový čistič

Palivový čistič je zabudován mezi elektrické čerpadlo a vstřikovací jednotku, protože nečistoty nepříznivě ovlivňují vlastní funkci vstřikovacího ventilu a tlakového regulátoru. Palivový čistič nebo také někdy nazýván palivový filtr se skládá z tělesa filtru tedy obalu, který je vyroben z plastu odolného ropným látkám nebo hliníkových slitin a z filtrační vložky, která zachycuje nečistoty velikosti až jednoho mikronu (0,001) mm. Palivový filtr jak již bylo zmíněno je vřazen mezi čerpadlo a vstřikovací jednotku za pomoci průtokových šroubů nebo plastových rychlospojek. Palivový filtr může být dvojí konstrukce.

- palivový filtr bez regulačního ventilu paliva a zpětného vedení paliva, který v palivové soustavě pracuje jen jako čistič paliva a proto musí být vstřikovací soustava vybavena regulátorem tlaku paliva, který je převážně namontován na vstřikovací liště.
- palivový filtr s regulátorem tlaku paliva a zpětným vedením paliva. Tato koncepce je novějšího charakteru a čítá úsporu v kratším zpětném vedení paliva do nádrže a také jednodušší konstrukce vstřikovací lišty, kde tímto odpadá připojení regulátoru tlaku. Řez tímto palivovým filtrem je na obr. 2-14. Nejčastěji je palivový filtr umístěn vedle palivové nádrže jako je tomu níže na obrázku 2-15.



Obr. 2-14



Obr. 2-15

Obr. 2-14 Palivový filtr s regulačním ventilem a zpětným vedením do nádrže.[13]

1- regulační ventil. 2- komora s pružinou. 3- zpětné vedení paliva do nádrže. 4- filtrační vložka. 5- přívod paliva z palivového čerpadla. 6- vývod paliva k motoru.

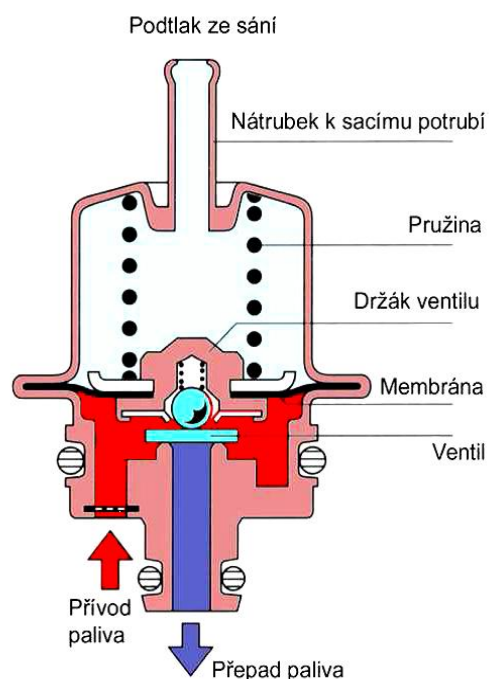
Obr. 2-15 Příklad umístění palivového filtru.[14]

Regulátor tlaku paliva

Regulátor tlaku paliva má za úkol udržovat konstantní tlak paliva na hodnotě 2,5-3 ba-ry. U Mono-Jetronicu je regulátor umístěn v tělese vstřikovací jednotky. Regulátor tlaku je membránou rozdělen na spodní rázovou komoru a na horní komoru, kde na membránu tlačí předepjatá pružina. Membrána je spojena s pohyblivě uloženou deskou ventilu. Tato deska s membránou je tlačena pružinou z horní komory do sedla ventilu. Jestliže tlak paliva dosáhne větší hodnoty než je tlačná síla pružiny, deska ventilu se nadzvedne a palivo může proudit volně zpět do nádrže.



Obr. 2-16.1 Regulátor tlaku paliva



Obr. 2-16.2 Řez regulátorem paliva [15]

Nádrž s aktivním uhlím

Nádrž s aktivním uhlím slouží jako podpůrný systém odpařování paliva a zároveň napomáhá ke snížení obsahu emisí ve výfukových plynech a to konkrétně obsahu kyslíčnicku uhelnatého. Do nádoby s aktivním uhlím je přivedeno plastové potrubí z odvětrání palivové nádrže, kde palivo obsaženo ve výparech je absorbováno aktivním uhlím. Tyto stopy paliva jsou pohlceny čerstvým vzduchem, kterým je proplachováno aktivní uhlí. Odtud tento obohacený vzduch proudí díky podtlaku v sacím potrubí do motoru ke spalování.

Regenerační ventil

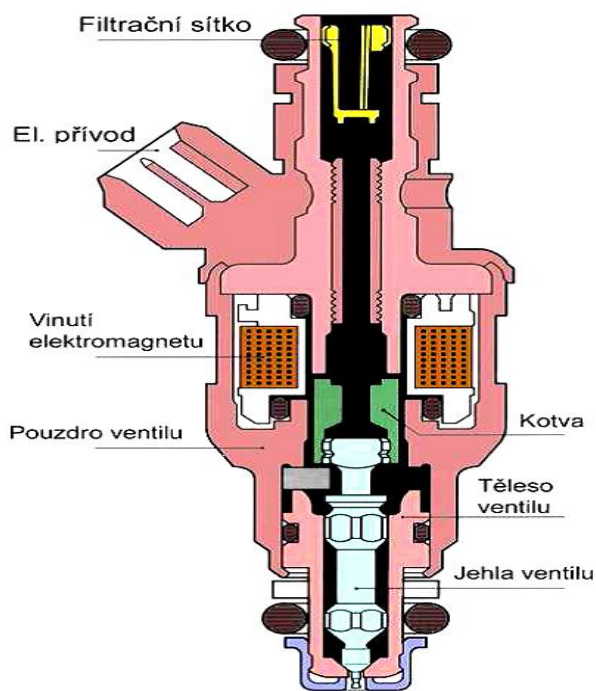
Toto je zařízení, které je vřazeno do trasy odtahového potrubí mezi sací potrubí motoru a nádrž aktivního uhlí. Tento ventil mění průtok nasávaného vzduchu procházejícího přes nádrž aktivního uhlí. Průchod čerstvého vzduchu je ovládán jednak elektromagnetickým ventilem nebo silou pružiny v závislosti na rychlosti proudění nasávaného čerstvého vzduchu. Změnou průtoku vzduchu se řídí rychlost regenerace nádrže z aktivním uhlím.

Vstřikovací ventil

Vstřikovací ventil se skládá z pouzdra ventilu a ventilového seskupení. Pouzdro ventilu obsahuje vinutí magnetu a elektrickou přípojku. Ventilové seskupení obsahuje těleso a v něm zavedenou ventilovou jehlu s nasazenou kotvou. Když je vinutí bez proudu, tlačí vinutá pružina jehlu do jejího sedla. Když je vinutí buzeno, pak se jehla zdvihne cca o 0,06mm ze sedla, takže palivo může skulinou proudit. Vstřikované množství paliva závisí na délce otevření ventilu při konstantním tlaku paliva. Malá hmotnost kotvy a ventilové jehly, stejně jako optimální okruh magnetu umožňují čas záběru a poklesu během jedné milisekundy. Takto je tedy zajištěno velmi přesné odměření paliva i při sebemenším množství. Pro snížení nákladů na elektronickou část, se sdružují obyčejně dva válce do jedné skupiny, takže u čtyřválce se vstřikuje ve dvou skupinách po dvou válcích a počátek vstřiků obou skupin je posunut o 180° vačkového hřídele.



Obr. 2-17.1 Vstřikovací ventil



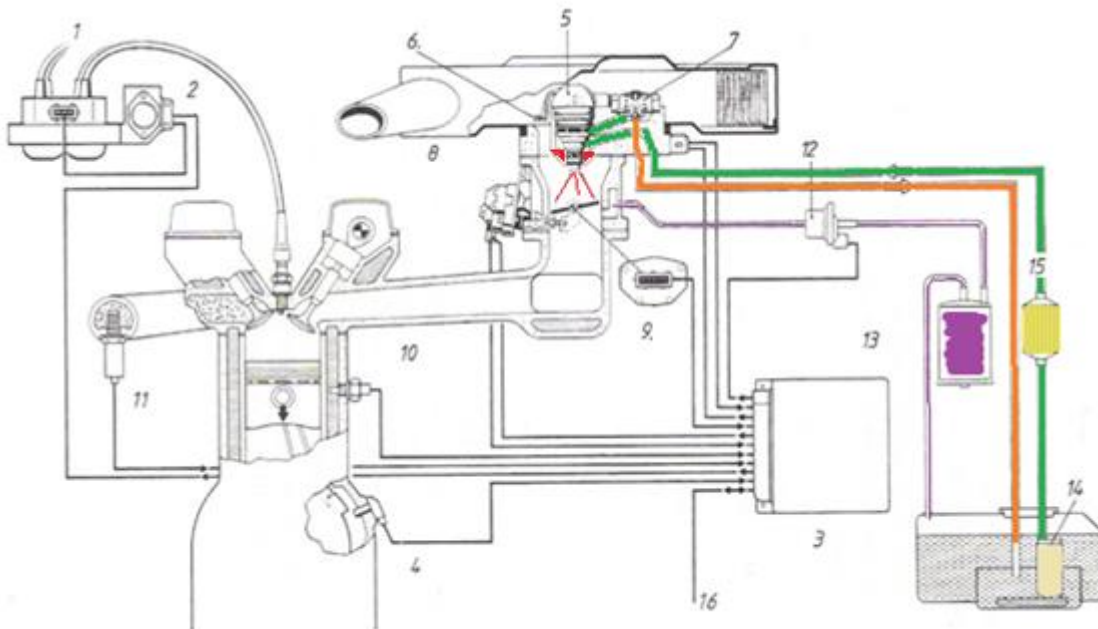
Obr. 2-17.2 Řez vstřikovacím ventilem.[16]

2.2.2. Soustavy nepřímého vstřikování paliva zážehových motorů

Jako příklad uvedu jen několik typů vstřikovacích systémů

Mono - Monotronic

U tohoto systému jde o jednobodové neboli centrální vstřikování paliva pomocí elektromagneticky ovládané trysky na základě impulsů z řídicí jednotky. Tato tryska je umístěná v tělese vstřikovací jednotky se škrtkicí klapkou, která je umístěná na sacím potrubí.



Obr. 2-19 Základní schéma jednobodového vstřikování paliva Bosch Mono-Monotronic.[17]

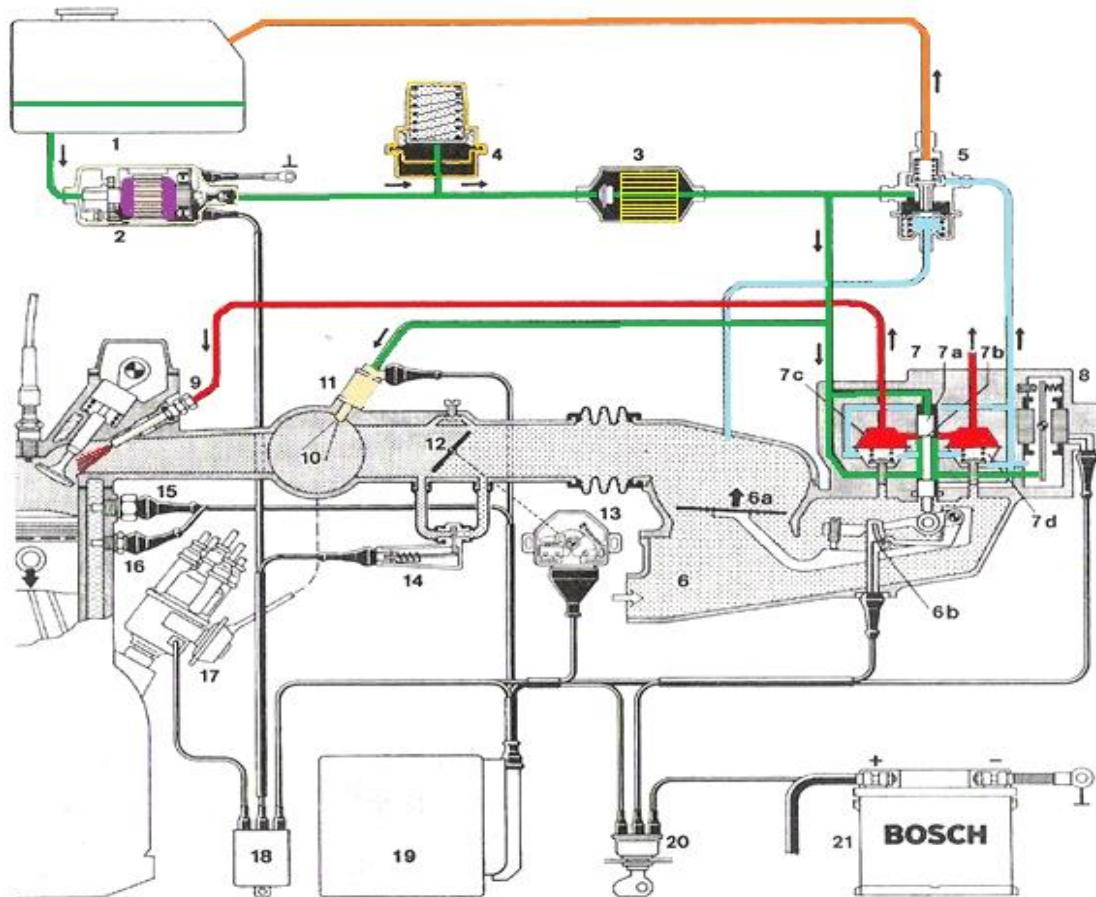
1- dvojitá zapalovací cívka. 2- koncový stupeň zapalování. 3- elektronická řídicí jednotka. 4- snímač otáček a horní úvrti. 5- vstřikovací ventil. 6- teplotní čidlo. 7- regulátor tlaku. 8- ovladač škrtkicí klapky. 9- snímač polohy škrtkicí klapky. 10- teplotní čidlo. 11- lambda sonda. 12- ventil par paliva. 13- nádobka s aktivním uhlím. 14- elektrické palivové čerpadlo. 15-čistič paliva.

KE-Jetronic

Tento typ patří do skupiny více bodového vstřikování. Má mechanicko - hydraulické vstřikovací zařízení a elektronická řídicí jednotka ovládá pouze přídatné funkce pomocí elektro - hydraulického korektoru tlaku na regulátoru směsi, upravujícím vstřikované množ-

ství paliva s kontinuální, mechanicko hydraulickým systémem vstřikování s řídicí jednotkou. Jedná se o vylepšený systém K-Jetronic.

Vylepšení spočívá v tom, že místo regulátoru řídicího tlaku vstupuje do řízení bohatosti směsi elektrohydraulický nastavovač tlaku paliva. Ten mění tlak paliva ve spodních komorách diferenčních ventilů v závislosti na velikosti řídicího el. proudu a tím ovlivňuje množství vstřikovaného paliva. Velikost proudového signálu, přiváděného do nastavovače tlaku paliva, určuje ŘJ na základě informací o množství a teplotě nasávaného vzduchu, o zatížení motoru, o poloze škrtkové klapky a teplotě motoru, popř. z lambda-sondy.

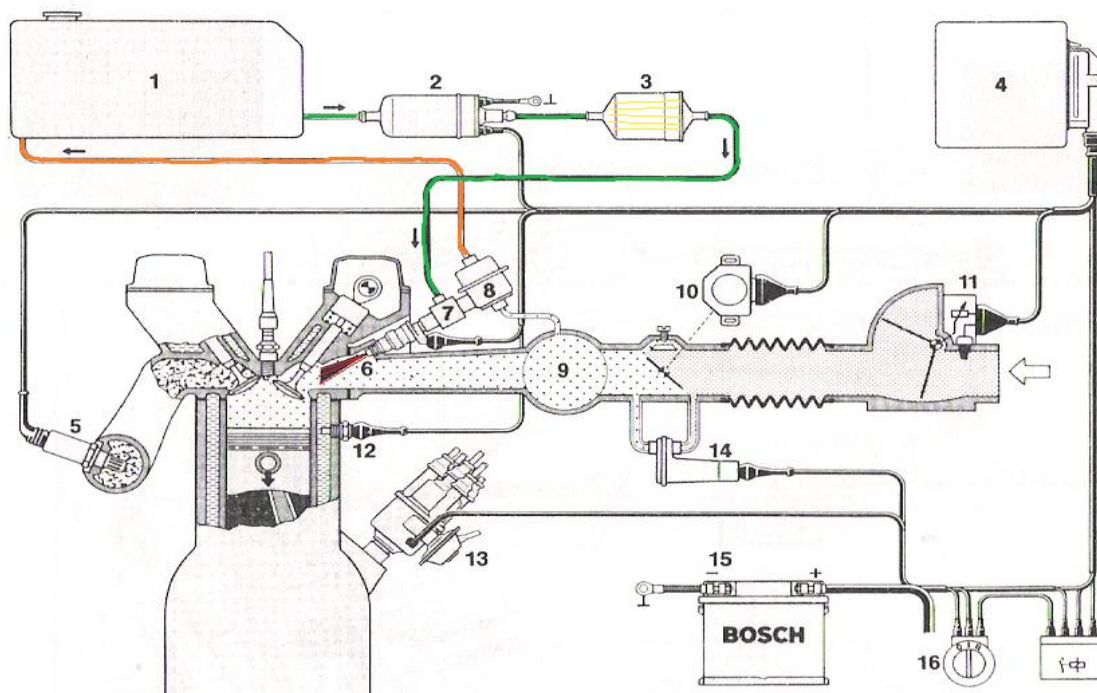


Obr.2-20 Vícebodového vstřikování KE-Jetronic.[18]

1- palivová nádrž. 2- elektrické palivové čerpadlo. 3- jemný čistič. 4- akumulátor stlačeného paliva. 5- regulátor tlaku. 6- snímač objemového množství vzduchu (a-klapka, b-odporový snímač polohy). 7-vstřikovací jednotka(a-řídicí pístek, b-regulační hrana, c-horní komora, d-dolní komora). 8- nastavení tlaku. 9-vstřikovací ventil. 10- společné sací potrubí. 11- ventil pro spuštění studeného motoru. 12- škrtkové klapky. 13- ovladač škrtkové klapky. 14- šoupátko přídavného vzduchu. 15- časový teplotní spínač. 16- čidlo teploty motoru. 17- rozdělovač. 18- relé. 19- řídicí jednotka. 20- spínací skříňka. 21- akumulátor.

L-Jetronic

Tento systém je elektronicky řízený vstřikovací systém s přerušovaným simultánním vstřikováním. Elektrické palivové čerpadlo nasává z nádrže palivo a dodává ho pod tlakem přes filtr do rozdělovacího potrubí, na jehož konci je umístěn regulátor tlaku paliva. Na rozdělovacím potrubí jsou připojeny vstřikovací ventily, které vstřikují palivo do válců, vždy současně, jednou za každou otáčku motoru. Doba otevření je závislá na zatížení motoru. Na rozdělovací potrubí je rovněž připojen ventil studeného startu. Na základě údajů ze snímačů provozního stavu motoru řídicí jednotka vypočítá dobu vstřiku tj. dobu otevření vstřikovacího ventilu. Okamžik začátku vstřiku je naprogramován vždy na stejný okamžik natočení klikové hřídele. Frekvence vstřikování je dána otáčkami motoru, o kterých je řídicí jednotka informována prostřednictvím otáčkového signálu ze zapalování (z rozdělovače, zapalovací cívky nebo z řídicí jednotky zapalování).



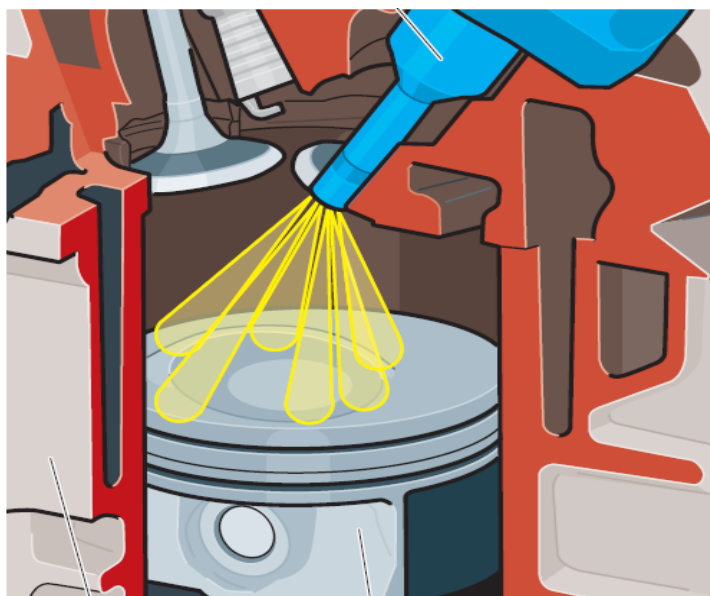
Obr. 2-21 Základní schéma L-Jetronic.[19]

1- palivová nádrž, 2- elektrické palivové čerpadlo, 3- Palivový čistič, 4- Řídicí jednotka motoru, 5- lambda sonda, 6- vstřikovací ventil, 7- palivové rozdělovací potrubí, 8- regulátor tlaku paliva, 9- sací potrubí, 10- ovladač škrtní klapky, 11- nímač množství vzduchu, 12- čidlo teploty motoru, 13- rozdělovač, 14- šoupátko přidavného vzduchu, 15- akumulátor, 16- spínací skříňky

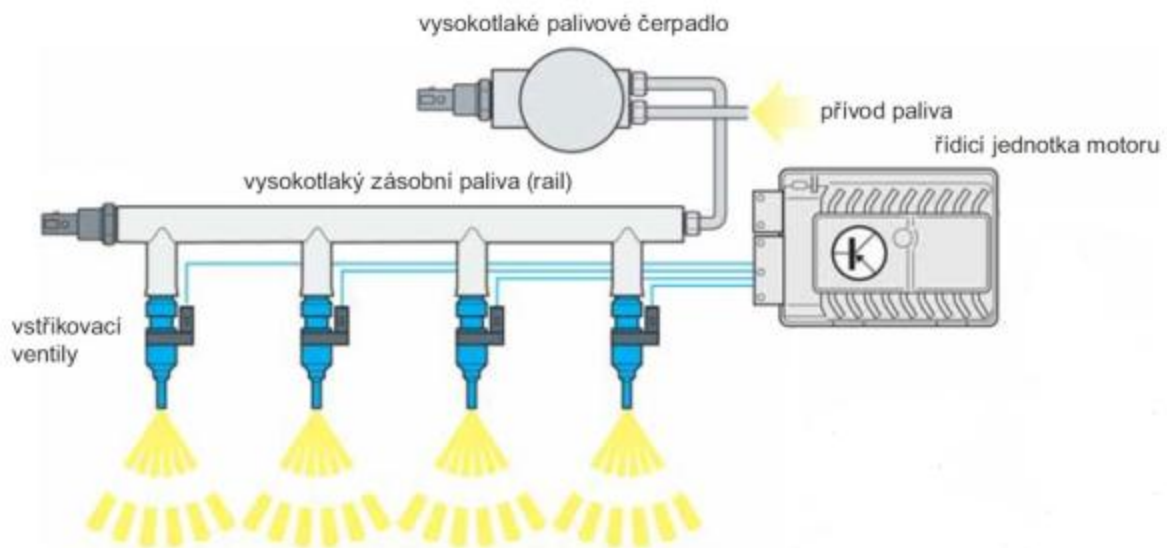
Postupem docházelo k zdokonalování systémů vstřikování a vznikly systémy jako např. BOSCH MONOTRONIC M3, BOSCH ME 7.5, MPI s elektronickým ovládním škrtkící klapky bez mechanické vazby na pedál (systém E-Gas) řídicí jednotkou Siemens Simons 3PD nebo 3PE. atd.

2.2.3 Soustava přímého vstřikování paliva pro zážehové motory

Vývoj vstřikovacích soustav zážehových motorů již v oblasti jednobodového a více bodového vstřikování v době před sacím zdvihem dospěl k hranici technických možností. Tento důvod znovu otevřel cestu pro zdokonalování vstřikování paliva přímo do spalovacího prostoru během kompresního zdvihu. Tento systém je označován zkratkou HPDI (HighPressure Direct Injection) a jde tedy o Vysokotlakého přímého vstřikování. GDI je zkratka pro přímí vstřik benzínu. FSI a DI. Vstřikovací soustavy jsou akumulacího typu jako u systému vstřikování pro vznětové motory typu CommonRail. Opět tento systém má dva palivové okruhy nízkotlaký tak je zde 0,33MPa a vysokotlaký kde tlak v tomto okruhu dosahuje od 5 do 12MPa, který vytváří vysokotlaké čerpadlo a řízení doby a délky obstarává řídicí jednotka motoru za pomoci vstupních veličin od snímačů. Vstřik paliva musí být těsně před horní úvratí kompresního zdvihu. Tak to lze směs zažehnout až do poměru 1:60. U běžných motorů je 1:14.



Obr. 2-21 Řez spalovacím prostorem motoru s přímým vstřikováním paliva.[20]



Obr. 2-22 Schéma vstřikovací soustavy přímého vstřikování paliva.[21]

2.2.4. Vstřikovací soustavy zážehových motorů pro alternativní PHM

Vstřikovací soustavy zážehového motoru pro LPG

Tato koncepce vstřikovacích soustav pro zážehový motor je dělena na systém

- **Centrálního vstřikování,**
- **Jednobodové duální vstřikování,**
- **Více bodové vstřikování master a slave**
- **vstřikování kapaln^é fáze LPG.**

Systém centrálního vstřikování pro LPG

Tento systém byl méně rozšířen a dal by se přirovnat k systému řízeného kontinuálního vstřikování benzínu (KE-Jetronic). Tento systém byl vyroben ve dvou variantách a lišili se podle systémem regulace servoventilu. Jeden systém měl analogové řízení a ten druhý systém měl pulsní řízení. Regulaci složení směsi zabezpečovala řídicí jednotka, které snímala otáčky motoru, jeho zatížení, teplotu, tlak plynu, teplotu a tlak nasávaného vzduch. Benzinové vstřikovače při pohonu na LPG byly odpojeny.

Systém jednobodového duálního vstřikování pro LPG

S tímto systémem je možné do vznětového motoru přivádět dvě paliva. Jede o obdobu systému jako u předchozího centrálního vstřikování s některými rozdíly. První rozdíl je ten, že se po průchodu regulačním ventilem LPG nerozvádí do jednotlivých válců, ale do centrálního sacího potrubí. Dalším zásadním rozdílem je to, že řídicí jednotka nesnímá přímo jednotlivé vstupní veličiny, ale přebírá je z palubní sběrnice.

Systém vícebodového vstřikování pro LPG

Více bodové vstřikování LPG na první pohled vypadá stejně jako systém centrálního vstřikování, ale opak je pravdou. U centrálního vstřikování se kontinuálně odměřovalo potřebné množství plynu jedním regulačním členem a poté se rozváděl k jednotlivým válcům, tak u více bodového vstřikování se odměřujeme potřebné množství plynu pro každý válec samostatně. Plynové vstřikovače pracují stejným způsobem jako benzínové. Řízení dávky plynu zajišťuje separátní řídicí jednotka, která stanovuje jeho množství na základě vstupních veličen např. otáček motoru, teploty motoru. Řídicí jednotka u tohoto systému není ještě schopna rozeznat vzájemnou polohu klikového a vačkového hřídele, proto vstřikování probíhá simultánně při každé otáčce motoru do všech větví sacího potrubí.

Systém vícebodového vstřikování typu master a slave pro LPG

Tomuto systému se častěji známý jako sekvenční vstřikování LPG nebo pod zkratkou SGI (Sequential Gas Injection). Mechanické provedení této palivové soustavy kopíruje v charakteru benzínovou vstřikovací soustavu. Specifické pro tento systém je však jeho řízení. Řídicí jednotka LPG získává veškeré vstupní veličiny z řídicí jednotky motoru. Vstřikovací impuls pro otevření benzínových vstřikovačů se přivede na vstupní signál pro LPG řídicí jednotku, kde se zkoriguje dle aktuálních hodnot vstupních veličin tlaku a teploty plynu. Poté se předá na vstup plynového vstřikovače. Výhodou tohoto systému je, že neodpojujeme původní systém řízení motoru, ale pouze přepočítáváme dobu otevření benzínových vstřikovačů na otevření plynových vstřikovačů a tím zachováváme všechny funkce vozidla, jako je zastavení dodávky paliva při deceleraci a systémů ABS, ESP atd.

Systém vstřikování kapalně fáze LPG

Tento systém je pomyslným vrcholem v systémech vstřikování LPG. Tato koncepce v sobě slučuje všechny technické výhody, které nám pohon LPG poskytuje. Tento systém je nejvíce podobný vstřikování benzínu a využívá efektu vnitřního chlazení motoru tím, že se LPG vstřikuje do sání motoru v kapalně podobě kde se během nasávání směsi do válce odpařuje. Tento jev je přínosný pro nasátí většího objemu směsi. Tento systém má však i záporné stránky a tím je ohřívání plynu což je pro udržení propanu v kapalně fázi nepříjemné.

Tento stav je vyřešen přepnutím na benzínový pohon. Nebo je možné vratku plynu ochlazovat. Tento systém je s ohledem na provozní tlak choulostivý na čistotu a kvalitu LPG.

Části vstříkovací soustavy LPG pro zážehové motory.

Palivová nádrž

Každá palivová nádrž musí být vybavena bezpečnostními prvky (ventil omezující plnění na 80%, automatický uzavírací ventil, přetlakový ventil, nadprůtoková pojistka, zařízení na cílené odpuštění tlaku v případě požáru). Tyto prvky zabrání k poškození nádrže a zabrání výbuchu plynu v případě požáru či nárazu.

Palivové nádrže pro uskladnění LPG je možné rozdělit dle tvaru na:

- **Toroidní**
- **Válcové**
- **Speciální**

Toroidní nádrž je primárně určena k umístění do prostoru pro rezervní kolo a tím je dán i jejich rozměr - průměr. Objem těchto nádrží je převážně do 40 litrů.

Válcová nádrž se musí montovat do speciálního držáku-lůžka. Rozměr těchto nádrží je zastoupen ve velkém spektru a proto nebývá problém si vybrat velikost dle zástavbových možností vozidla.

Speciální nádrže představují ucelené soustavy válcových a toroidních nádrží, které jsou navzájem nerozebíratelně propojeny a mají pouze jedno odběrové místo.

Palivové vedení

Palivové vedení rozlišujeme v zásadě na dva základní druhy. Na pevné trubky a ohebné hadice. Pevné trubky představují povlakované měděné trubky DN6 s tloušťkou stěny 1mm. Ohebné hadice jsou dvojího druhu - vysokotlaké (class1) a nízkotlaké (class2). Vysokotlaké se používají k dopravě kapalné fáze LPG a nízkotlaké pro plynovou fázi LPG mezi regulátorem a blokem vstříkovačů nebo regulátorem a směšovačem.

Regulátor

Regulátor je zařízení ve kterém dochází ke změně skupenství LPG z kapalné fáze na plynou fázi snížení výstupního tlaku na vstříkovací přetlak. Výstrojí regulátoru je provozní uzavírací ventil, zastavující dodávku plynu do motoru. Výstupní tlak pro vstříkovací systém plynu je 100-150kPa. Regulátor je nutné ohřívat pro jeho správnou funkci jinak by docházelo díky fázové přeměně plynu k jeho ochlazení a namrznutí. Toto vyhřívání je uskutečněno napojením na chladicí okruh. Obvykle se používá okruh topení pro interiéru vozu, neboť tímto okruhem proudí kapalina i při zavřeném termostatu motoru. U vzduchem chlazených

motorů, se musí vybudovat pomocný vyhřívací okruh, který se bude skládat z výměníku, kterým budou procházet výfukové plyny a ty následně předají tepelnou energii kapalině.

Rozdělovací a dávkovací jednotka

Toto zařízení má za účel dále rozvést plyn k jednotlivým válcům do sacího potrubí před sací ventil, nebo u jednobodového duálního vstřikování plynu do centrálního sacího potrubí. Pro více bodové vstřikování se jedná o blok vstřikovačů (palivová lišta) nebo separátní rozložení vstřikovacích ventilů. Pro motory s turbodmychadlem se přivádí plyn do sání před turbo dmychadlo.

Vstřikovací soustava zážehového motoru pro vstřikování CNG

Tento systém vstřikovací soustavy pro CNG je ve své podstatě velmi podobný jako vstřikovací soustava pro LPG. Vstřikovací soustava pro CNG se opět skládá z palivové nádrže, která je opět vybavena bezpečnostními prvky, ale je konstruována na mnohem větší tlak aby mohla uchovávat palivo stlačené na 200 bar. Z tlakové lahve je plyn veden přes zpětný ventil do regulátoru ve kterém se sníží tlak plynu na 3,8 bar. Takto upravený plyn dále proudí k dávkovacím vstřikovacím ventilům pro jednotlivé válce motoru.

Vstřikovací systém CNG může být dodáván přímo výrobcem vozidla, který většinou používá řídicí jednotku (ECU) Motronic pro dvojí palivo. Tato řídicí jednotka je založena na verzi Motronic určené pro vstřikování benzínu. Tato jednotka dokáže řídit i vstřikovače CNG za pomoci samostatných vstupních signálů.



Obr. 2-23 Vstřikovací ventil pro CNG

Vstřikovací soustava zážehového motoru pro vstřikování ethanolu

Pro používání ethanolu jako paliva pro zážehové motory není za potřeby speciální vstřikovací soustavy. Toto palivo je možné mísit s dosavadním benzínem. Vstřikovací soustava pro ethanol je vlastně stávající palivová soustava pro vstřikování benzínu. Pro dodatečnou úpravu motoru pro provoz na ethanol je zapotřebí do řídicího systému ovládání vstřikovacích ventilů vřadit pomocnou řídicí jednotku, která prodlouží délku doby vstřiku ethanolu do válců motoru. Některé lepší přídatné jednotky už disponují funkcí i studeného startu motoru. V některých systémech se používá i vyhřívání rozdělovacího palivového potrubí. Pro účinnější zapálení směsi je vhodné použít iridiové svíčky.



Obr. 2-24 Konverzní kit na ethanol E85.[22]

Některé automobilky začali vyrábět vozy pod názvem Flexi Fuel. Tyto vozy mají vyvinutou vstřikovací soustavu paliva díky, kterým umí motory spalovat směsi s různými poměry benzínu a ethanolu od čistého benzínu až po čistý ethanol.

3. Diagnostika vstřikovací soustavy vozidel

Tato kapitola bude věnována praktickým metodám zjišťování závad na vstřikovacích soustavách vozidel. Pokles výkonu motoru či nepravidelný chod motoru je signálem pro počáteční diagnostiku, která blíže identifikuje možnou příčinu. Na začátku je třeba však zvolit vhodný sled operací a to od nejjednodušších ke složitějším metodám tak aby došlo k přesnému identifikování příčiny poruchy a následnému odstranění. Bude zde přiblížen průběh používaných metod ke zjištění závady.

3.1 Diagnostikování vstřikovací soustavy vznětového motoru ŠKODA OCTÁVIA 1,9 TDI. 66KW.

Popis poruchy :

- Motor šel velmi špatně startovat. Po nastartování měl motor nepravidelný chod při volnoběžných otáčkách. Při sešlápnutí plynu se z výfuku valil šedivý štiplavý kouř zřejmě od nespáleného paliva.
- Další závadou bylo nepřesná reakce na sešlápnutí plynového pedálu . Tyto obě závady potvrzovala signalizace poruchy motoru, rozsvícená oranžová kontrolka na přístrojové desce.

Stanovení sledu činností zjišťování příčin závady.

Jako první činnost při zjišťování příčiny byla zvolena operace, která identifikuje nefunkční válec motoru. Jak již bylo zmíněno bylo započato od nejjednodušších metod po ty složitější. Prvním postupem byla zvolena metoda, při které nastartujeme motor a necháme ho běžet na volnoběžné otáčky a budeme postupně povolovat převlečnou matici přívodního vysokotlakého potrubí ke vstřikovačům. Pro tuto metodu je potřeba plochý klíč číslo 17, kterým budeme povolovat již zmíněnou převlečnou matici na jednotlivých vstřikovačích v postupném sledu a budeme přitom poslouchat zvuk chodu motoru. Při povolení převlečné matice na vstřikovači u válce, který je v pořádku dojde ke zhoršení zvuku chodu motoru u válce, který má poruchu nedojde k žádné změně zvuku chodu motoru. Touto metodou se přišlo na poruchu u 4 válce.

Druhou metodou byla zvolena zkouška tlaků ve válci, která nám upřesnila zdali je příčina poruchy v palivové soustavě, nebo v netěsnosti spalovacího prostoru. Před tímto diagnostikováním bylo třeba ze všech válců demontovat vstřikovač. Poté se postupně na místo něj namontoval přístroj pro měření tlaku ve válci. Při demontáži vstřikovačů bylo však důležité si je hned po vyjmutí označit číslem totožným s pořadím válce motoru z kterého byl demontován, aby nedošlo k záměně. První válec 1. atd.

Při vlastní demontáži všech vstříkovačů bylo patrné, že vytažení vstříkovače u čtvrtého válce bylo stěžejní a byla na něj zapotřebí mnohem větší síla na vytažení než u předešlých vstříkovačů. Vstříkovač u čtvrtého válce byl dosti zalepený podílem pevných částic a vlhký. viz obr.č.2.1 a detailní obrázek trysky čtvrtého vstříkovače č.2.2



Obr. 3-1 Vstříkovače po demontáži z hlavy válců.



Obr. 3-2 Detailní obrázek trysky vstřikovače č.4

U označené a demontované vstřikovače byli osazeni na vstupní šroubení zátkami, aby nedošlo k zanesení nečistot do vstřikovače. Po provedení zkoušky těsnosti spalovacího prostoru (měření tlaku ve válci) ve všech válcích a porovnání hodnot nebyly zjištěny žádné nedostatky. Tento stav nám napověděl, že veškerá závada byla tedy v palivové soustavě. Dalším vodítkem pro identifikaci závady bylo zjištění, že majitel vozidlo provozoval osm měsíců na řepkovou naftu. Z této doby však tři měsíce bylo odstaveno, protože bylo používáno jako náhradní vozidlo.

Dalším postupem diagnostikování byla zvolena kontrola trysek. Nejzákladnější diagnostikou trysek byla jejich zkouška těsnosti jehly, která dosedá do kuželového sedla. Další zkouškou byla kontrola správného chodu rozprachu paliva ze všech otvorů pod stanoveným úhlem při požadovaném otvíracím tlaku. Hodnota otvíracího tlaku trysky je stanovena výrobcem. Dále byl kontrolován stav trysky, a to zakarbonování, čistota otvorů, přívod a odvod paliva. Pro zkoušku těsnosti trysek a kvality rozprachu byl použit zkoušený přístroj Motorpal NC 50 .



Obr.3-3 Zkušební přístroj Motorpal NC 50.

Zkouška probíhala na tomto přístroji tak, že byla provedena montáž vstřikovače na vysokotlaké potrubí vyústěné z přístroje. Následným stlačováním páky ruční pumpy se zvyšoval tlak, který byl patrný na manometru přístroje. Tento tlak by se měl udržet po dobu 10 sekund na hodnotě 170 atm. a na spodní ploše trysky by se neměla objevit kapka paliva. Poté dále následovala druhá část testu kde bylo pumpováno až do okamžiku začátku rozprachu paliva. V tento okamžik byla odečtena hodnota dosaženého tlaku z manometru. Tato hodnota tlaku začátku otevření trysky vstřikovače by měla korespondovat s hodnotou otvíracího tlaku stanovenou výrobcem. Tato stanovená hodnota výrobcem je řádově 180-220 atm.

Po provedení vlastní zkoušky vstřikovačů, již zmiňovaným přístrojem Motorpal NC 50, bylo skutečností, že ani jedna tryska nedosáhla tohoto požadovaného tlaku ani požadovaného tvaru rozprachu paliva. Pro bližší názornost přikládám detailnější zápis z vlastního provedení zkoušky a foto.



Obr.3-4 Vstřikovač č.4 netěsnost



Obr.3-5 Vstřikovač č.1

Vstřikovač č.1- byl těsný (nepropouštěl) palivo. Rozprášené palivo neprocházelo všemi otvory trysky a kvalita rozprachu paliva byla snížena z důvodu nižšího otevíracího tlaku, který měl hodnotu mezi 170-175atm.

Vstřikovač č.2- mírně rosil (propouštěl) palivo. Rozprášené palivo procházelo všemi otvory trysky, ale kvalita rozprachu paliva byla zhoršena z důvodu nižšího otevíracího tlaku, který měl hodnotu mezi 145-150atm a propustnosti paliva.

Vstřikovač č.3- byl těsný (nepropouštěl) palivo. Rozprášené palivo procházelo všemi otvory trysky, ale kvalita rozprachu paliva byla horší z důvodu nižšího otevíracího tlaku, který měl hodnotu mezi 165-170atm.

Vstřikovač č.4- byl velmi netěsný (propouštěl) palivo po velkých kapkách. Stříkající palivo procházelo jen některými otvory trysky. K rozprachu paliva nedošlo z důvodu netěsnosti trysky. Hodnota otevíracího tlaku odečtená z manometru byla 45-50atm.

Po celkové zkoušce těsnosti vstřikovačů, zjištění skutečnosti a potvrzení domněnky o závadě na vstřikovači č.4 tedy vstřikovače 4 válce motoru se toto zjištění referovalo majiteli vozidla, který sám navrhl výměnu všech vstřikovacích trysek.



Obr.3-6 Zalepená dělicí destička vstřikovače č.4

Výměna trysek byla uskutečněna po rozmontování držáku vstřikovací trysky a dokonalého vyčištění. Čištění probíhalo za pomoci stlačeného vzduchu a poté důkladným proprání v lázni s acetonem. Po vlastní výměně trysky v držáku trysky (vstřikovače) se provedla opět zkouška rozprachu a těsnosti trysky na již zmíněném přístroji. Po této zkoušce a seřízení nových trysek následovala zpětné montáž vstřikovačů na pozice do hlavy válců motoru. Jen pro úplnost byla i mimo jiné přezkoušena funkčnost žhavicích svíček.

Další tedy druhý bod diagnostikování byl zaměřen na zjištění možné závady na vstřikovacím palivovém čerpadle. Toto palivové čerpadlo je poháněno rozvodovým řemenem. Před demontáží vstřikovacího čerpadla bylo tedy nutné natočení rozvodových kol do aretační polohy a jejich zafixování pomocí speciálních trnů, aby při zpětné montáži bylo zaručeno správné postavení rozvodu motoru. Aretační poloha rozvodu motoru byla zjištěna z dílenské příručky. Demontované vstřikovací čerpadlo z motoru bylo nejprve řádně očištěno. Z důvodu následujícího pohonu vstřikovacího čerpadla na testovací stoličce muselo být staženo i hnací rozvodové kolo pomocí dvouramenného stahováku.



Obr. 3-7 Připravené vstřikovací čerpadlo na vlastní demontáž.

Poté bylo započato s vlastní demontáží vstřikovacího čerpadla. Již po odšroubování horního víka vstřikovacího čerpadla se snímačem regulační objímky řídicího členu se naskytl pohled na vnitřní součásti vstřikovacího čerpadla, které byly pokryty narezavělým povlakem, který je patrný na přiloženého obrázku.



Obr.3-8 regulační objímka potažená narezavělým povlakem.

Tento povlak je zřejmě příčinou zadírání přesuvné objímky regulátoru dávkovaného množství paliva. Po vyzkoušení přesunutí objímky se objímka přidržela a bylo nutné vyvodit větší sílu na přesunutí objímky. Po této zkoušce se potvrdila domněnka, která byla patrná hned po odšroubování horního víka se snímačem regulační objímky řídicího členu vstřikovacího čerpadla. Pro jistotu byla provedena mechanická zkouška snímače a pohonu regulační objímky řídicího členu. Tato zkouška nebyla složitá, protože byla provedena jen rukou. Rukou se vyvíjel kroutící moment na hřídelku elektronického regulátoru a posuzoval se její pohyb. Pohyb této hřídelky musí být pravidelný, bez zadírání a po následném uvolnění se musí hřídelka vrátit do výchozí polohy. Po odzkoušení pohyblivosti hřídelky bylo zřejmé, že je tato část vstřikovacího čerpadla v pořádku.



Obr.3-9 Elektronický regulační člen vstřikovacího čerpadla.

Dále se pokračovalo s demontáží vnitřních dílů vstřikovacího čerpadla a předběžnou kontrolou jejich stavu opotřebení. Veškeré vnitřní díly dávkovacího čerpadla bylo nutné zbavit již výše zmíněného povlaku. Způsob odstranění byl zvolen chemickou cestou. Veškeré vnitřní součásti vstřikovacího čerpadla byly ponořeny do lázně s acetonovým ředidlem a ponechány v této lázni 24 hodin, aby bylo docíleno důkladného rozpuštění tohoto narezavělého povlaku.



Obr. 3-10 Díly podávacího čerpadla potažené narezavělým povlakem

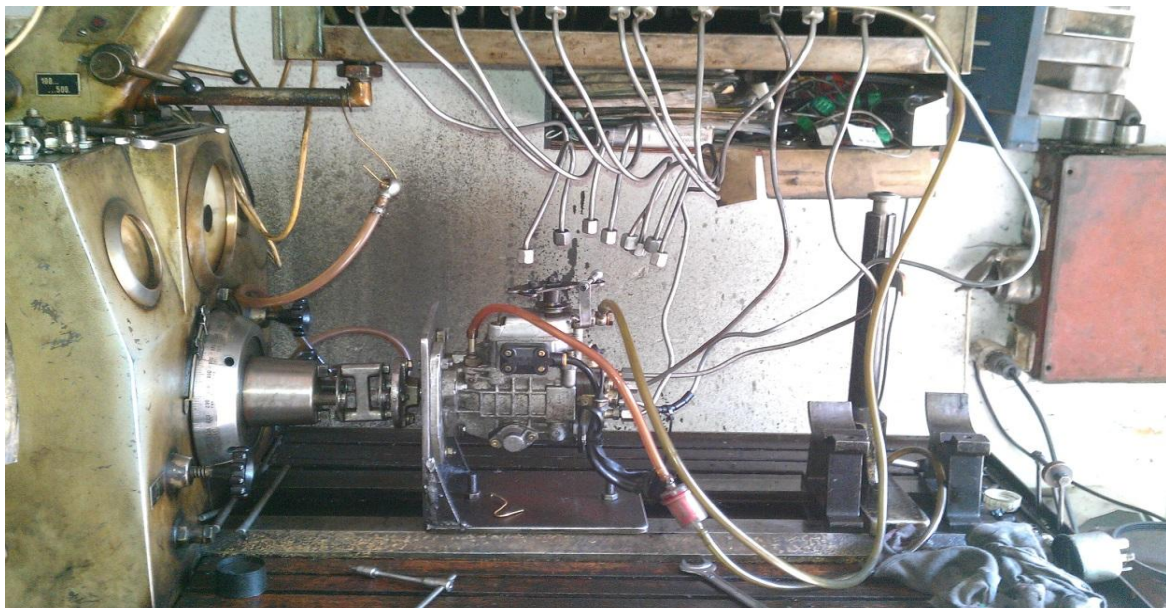
Po uplynulé době 24 hodin následovala podrobnější kontrola stavu opotřebení součástí a jejich zhodnocení. K našemu překvapení nebyly funkční plochy poškozeny. Po této kontrole následovala zpětná montáž součástí do tělesa vstřikovacího čerpadla a jeho vlastní přezkoušení a seřízení na zkušební stoličce pro vstřikovací čerpadla.



Obr.3-11 Podávací čerpadlo po rozpuštění narezavělého povlaku.

Testovací stolice, na které jsme se rozhodli uskutečnit zkoušku dávkovacího množství vstřikovacího čerpadla neměla možnost ovládání elektrického regulačního členu vstřikovacího čerpadla. Z tohoto důvodu bylo nutné namontovat mechanické ovládání regulačního objímky. Takto zkontrolované, přizpůsobené a připravené vstřikovací čerpadlo bylo upnuto do testovací stolice. Testovací stolice měla vlastní zdroj rotačního pohybu s plynulou regulací otáček. Tyto otáčky byly přenášeny přes spojku na hnací hřídel vstřikovacího čerpadla. Rozsah regulace výstupních otáček testovací stolice byl zvolen tak aby vhodně simuloval rozsah otáček od volnoběžných až po maximální otáčky motoru.

Před vlastním testem bylo provedeno napojení přívodního potrubí paliva z palivové nádržky a následně i vysokotlaké potrubí. Toto vysokotlaké potrubí vede palivo do speciálních trysek ze kterých se vystříknuté palivo odvádí do jednotlivých skleněných nádobek s přesně značenou stupnicí. Z těchto skleněných nádobek bude při vlastním testu vstřikovacího čerpadla odečítáno množství vstřikované dávky paliva. Počet použitých skleněných nádobek pro test se rovnal počtu vstřikovačů na motoru. Poté už zbývalo připojit potrubí pro vedení zbytkového paliva ze vstřikovacího čerpadla zpět do nádržky. Před provedením testu vstřikovacího čerpadla bylo nutné celou soustavu řádně odvzdušnit z důvodu objektivnosti výsledku celého testu. Po kontrole napojení a připevnění vstřikovacího čerpadla následoval vlastní test.



Obr.3-12 Zkušební testovací stolice

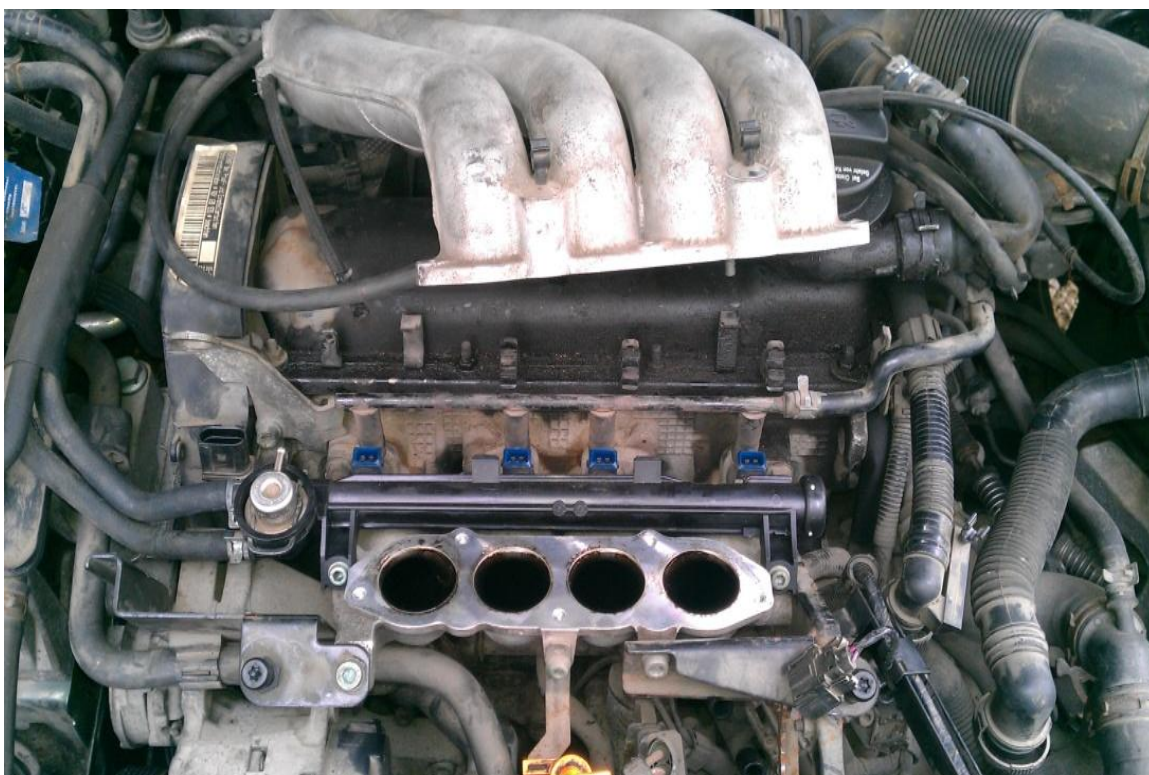
Tento test vstřikovacího čerpadla byl zaměřen na plynulost regulace a přesnost množství dávky vstřikovaného paliva pro jednotlivé vstřiky válců motoru. Jak již bylo výše naznačeno toto množství vstřikovaného paliva pro jednotlivé vstřiky se odečítalo ze stupnice na sklené nádobce. Poté se porovnávalo množství paliva z jednotlivých nádobek mezi sebou a z údaji vydanými výrobcem vozidla.

Výstupem z tohoto testu vstřikovací čerpadla, byl vyvozen závěr schopnosti vstřikovacího čerpadla dalšího provozu. Po tomto testu se opět vstřikovací čerpadlo osadilo horním víčkem s elektronickou regulací a byla provedla zpětná montáž ozubeného rozvodového kola na hnací hřídel vstřikovacího čerpadla. Takto kompletně prověřené a smontované čerpadlo bylo zpětně namontováno do pozice na motoru. Byla provedena zpětná montáž i dalších náležitých součástí. Před napojením přívodního potrubí paliva do vstřikovacího čerpadla bylo provedeno odsátí zbylého paliva z nádrže. Po odsátí zbylého paliva bylo do nádrže nalito 25 litrů motorové nafty a následně nasáto přes jemný čistič paliva do přívodního potrubí pro vstřikovací čerpadlo z důvodu pročištění trasy paliva. Po této činnosti byla provedena i výměna jemného palivového filtru. Poté následoval první start motoru. Na třetí pokus motor nastartoval a měl po několika vteřinách kultivovaný chod. Při testovací jízdě bylo znát značné zlepšení výkonu motoru a reakce na sešlápnutí plynového pedálu.

3.2. Diagnostikování vstřikovací soustavy zážehového motoru Škoda Octavia 2.0 85kW

Popis poruch :

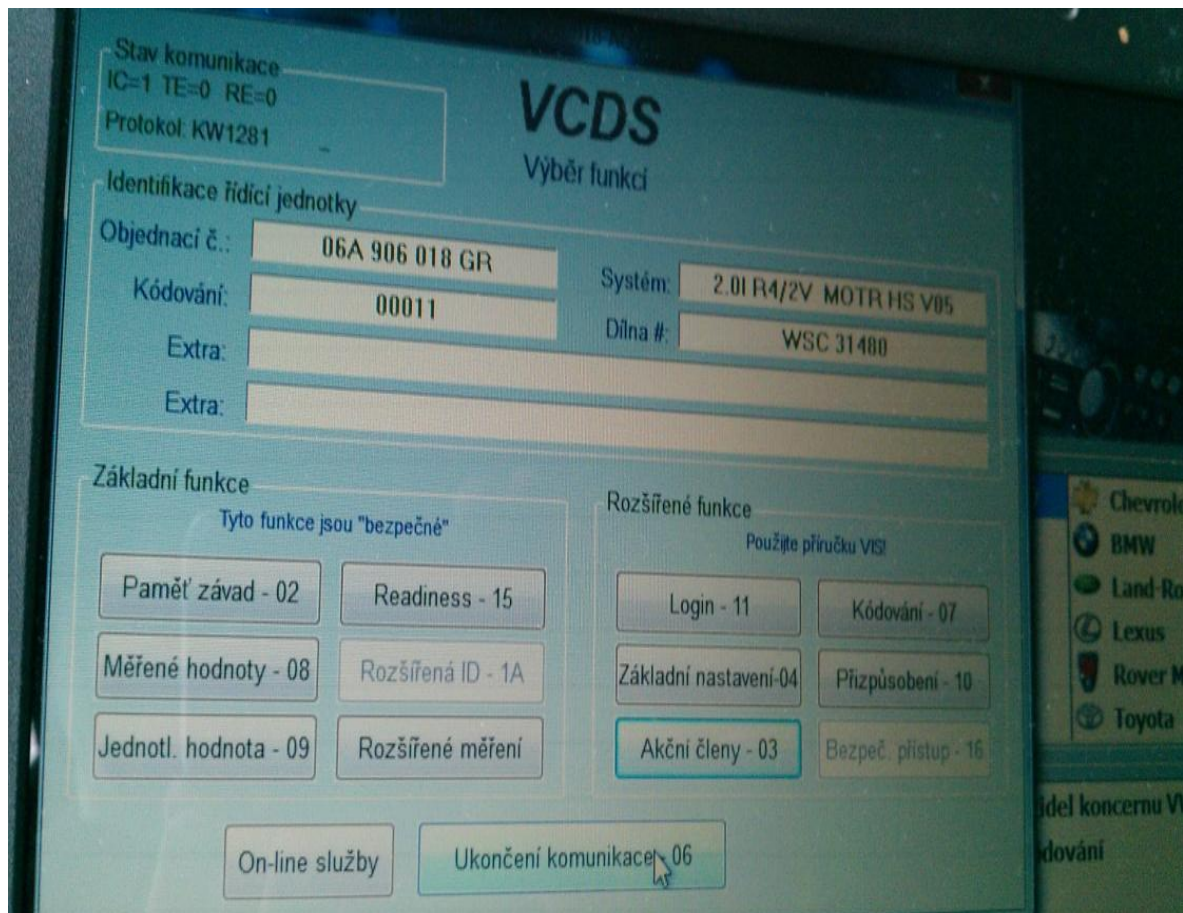
- Motor měl nepravidelný chod -běžel na tři válce.
- Signalizaci závady motoru hlásila oranžová kontrolka motoru.



Obr 3-13 Vstřikovací lišta před vyjmutím ze sedla sacího potrubí.

Pro pomoc při identifikaci závady na motoru byl použit diagnostický software VAG.

Tento software měl velice přehledné prostředí, které bylo v českém jazyce a bylo dobrým vodítkem ke zjištění příčin poruchy na vozidle. Příkládám obrázek s ukázkou prostředí softwaru při připojení do řídicí jednotky motoru.



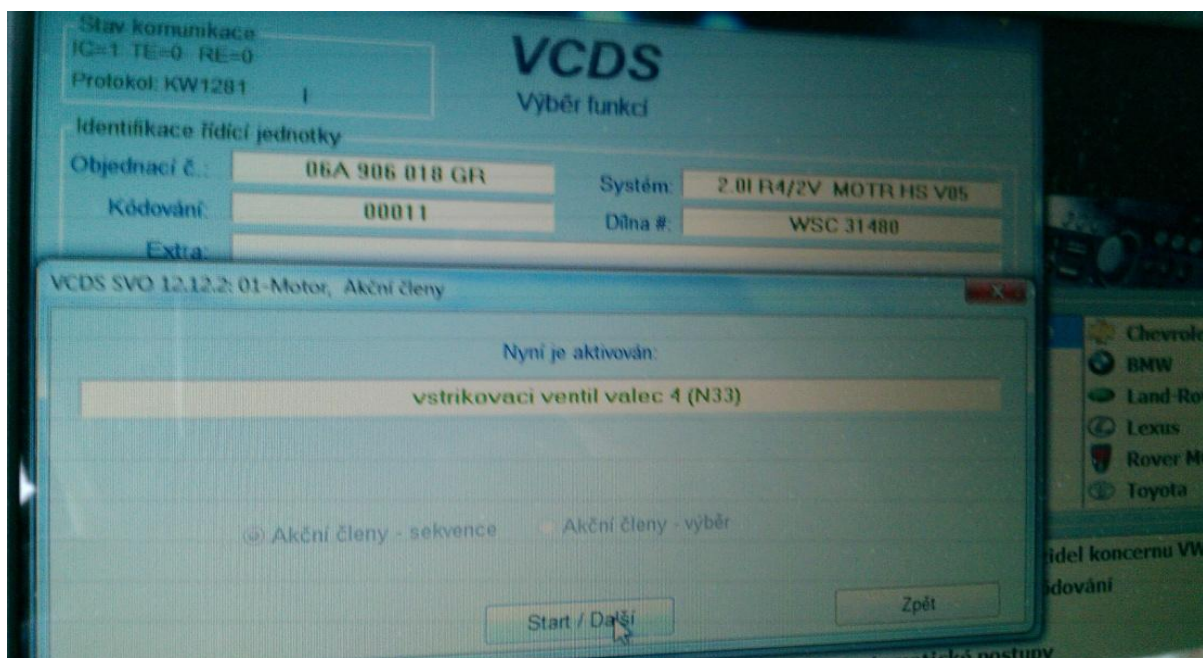
Obr.3-14 Grafické prostředí softwaru VAG.

Pomocí tohoto softwaru byla provedena kontrola paměti závad a jejich výčet. Díky tomuto výčtu se nechalo přibližně určit možnou příčinu, která ukazovala na poruchu vstřikovacího ventilu čtvrtého válce. Po tomto zjištění, bylo započato s vlastní demontáží vstřikovací lišty se vstřikovacími ventily. Po demontování některých součástí motoru se mohla po odšroubování úchyťů vytáhnout lišta se vstřikovacími ventily ze zaústění do sacího potrubí jednotlivých válců motoru. Tato lišta byla poté ustavena nad připravenou plastovou nádobu ve které se zachytávalo vstřikované palivo během zkoušky funkčnosti jednotlivých vstřikovacích ventilů.



Obr 3-15 vyjmutá vstřikovací lišta před zkouškou

Tato zkouška jednotlivých vstřikovacích ventilů byla provedena opět za pomoci již zmíněného softwaru VAG a to konkrétně pomocí volby akčních členů. Pomocí této volby byly jednoduše odzkoušeny jednotlivé vstřikovací ventily a sledně jejich činnost při rozprášení paliva. Přikládám obrázek s tabulkou volby vstřikovacích ventilů konkrétně čtvrtého vstřikovacího ventilu.



Obr.3-16 Grafické prostředí softwaru VAG. Volba akčních členů.

Po této variantě odzkoušení funkčnosti vstřikovacího ventilu bylo zřejmé, že opravdu nefunguje vstřikovač čtvrtého válce. Nebyl vidět žádný rozprach paliva jako u ostatních vstřikovacích ventilů. Po této skutečnosti byl demontován vstřikovací ventil ze vstřikovací lišty. Při vytažení hrdla vstřikovacího ventilu ze vstřikovací lišty vyteklo palivo s velkým podílem nečistot. Proč zde byly nečistoty? Při pohledu na hrdélko vstřikovacího ventilu bylo vidět, totální ucpaní částmi pryže a dalšími nečistotami, které jsou patrné na přiložených obrázcích níže.



Obr 3-17 Ucpané vstupní hrdlo vstřikovače.



Obr 3-18 Vstřikovač s úlomkou pryže a nečistotami ze vstupního hrdla.

Při zjištění této skutečnosti bylo rozhodnuto o preventivním vyčištění všech vstřikovacích ventilů a vstřikovací lišty. Po důkladném propláchnutí a vyfoukání stlačeným vzduchem jednotlivých sítěk vstřikovacích ventilů, vstřikovací lišty a palivového potrubí byla raději provedena i výměna palivového filtru, který byl zřejmě příčinou zanesení palivové soustavy .



Obr 3-19 Palivový filtr

Po zpětné montáži byla opět provedena zkouška vstřikovacích ventilů. Tato zkouška byla opět zaměřena na funkčnost vstřikovacího ventilu za pomoci již zmíněného softwaru

VAG. Výsledek této zkoušky byl kladný. Všechny vstřikovací ventily rozstříkovaly palivo. Po této kontrole byla provedena zpětná montáž vstřikovací lišty a sacího potrubí motoru. Poté následovala zkouška startu motoru. Motor běžel již na čtyři válce, ale měl pořád kolísavé otáčky. Při přidání plynu se měl chod motoru snahu kultivovat, ale stále to nebylo ono. Po otázce na majitele vozidla kde tankoval palivo, jsem se dozvěděl, že se odvážil zkoušet míchat benzín natural 98 s etanolem E85 v poměru 1:1 a výhledově by chtěl jezdit jen na samotný etanol. Po této odpovědi bylo vše zodpovězeno.

Veškeré palivo bylo z nádrže odsáto a poté natankováno 20l naturalu 98. Poté byl opět proveden zkušební start motoru. Po jedné minutě běhu na volnoběžné otáčky se chod motoru upravil. Následovala zkušební jízda, která potvrdila, že veškerá příčina byla majitelovo zkoušení ethanelu a nevědomosti následků a nedodržení pravidel pro provoz vozidla na tento druh paliva.

3.3. Zhodnocení diagnostikování vstřikovacích soustav.

Při zhodnocení těchto dvou případů diagnostikování závad na vstřikovací soustavě vyplynulo nedodržení či neznalost podmínek a pravidel pro používání alternativních paliv, které je nutno akceptovat z důvodu spolehlivosti provozu vozidla. Tyto možné závady mnohdy vzniknou právě jen díky neznalosti o používání alternativních jako je bionafta a ethanol.

Jen pro ilustraci přikládám pár bodů, které jsou doporučovány výrobcí vozidel při používání biodieselu:

- Zkrácení doby výměny motorového oleje až na polovinu délky doporučeného servisního intervalu výměny oleje.
- Častěji je třeba provádět kontrolu palivového čističe, odlučovače vody, hladinu motorového oleje atd. Je doporučeno použití ještě jednoho odolného předčističe paliva.
- Palivo typu B20 je doporučeno použít do teploty -9°C . Vozidlo používající tento druh paliva nesmí být odstaveno déle než 3 měsíce. Při potřebě delší odstávky než 3 měsíce je pak nutné provozovat motor pouze na motorovou naftu po dobu alespoň 20 h z důvodu vyčištění palivové soustavy a poté je možné vozidlo odstavit .
- Palivo typu B100 používat jen do teploty 5°C . Vozidlo provozované na toto palivo nesmí být odstaveno déle jak 45 dní. Při potřebě odstavení delší doby je opět potřeba provozovat motor je na motorovou naftu po dobu 20 h. před odstavením.

- Mezi největší problémy řepkového oleje patří z pohledu vhodnosti použití u spalovacích motorů kinematická viskozita, která zhoršuje dopravu, čerpání a vstřikování. Snížení viskozity lze docílit zvýšením teploty řepkového oleje na 100°C kde je po té srovnatelná s viskozitou motorové nafty. Ovšem největším problémem je v tom, že od teploty 75°C vzniká nebezpečí polymerizace. Tento stav by se dal přirovnat ke kašovitě hmotě, která způsobuje vysoký nárůst viskozity, což vede k ucpání filtrů a regulačních prvků palivové soustavy.
- Vysoká kinematická viskozita způsobuje nárůst vstřikovacího tlaku, a tím i nároky na vysokotlaká čerpadla z pohledu na jejich dimenzování. Dalším problémem od viskozity je závislost spektra rozdělení velikosti kapiček paliva, který je oproti motorové naftě tříapůlkrát větší. Díky většímu průměru kapky paliva se zhoršuje přístup kyslíku a tím se způsobuje markantní nárůst pevných částic a nespálených uhlovodíků a oxidu uhelnatého. Díky těmto nespáleným podílům dochází k tvorbě usazenin ve spalovacím prostoru, které zde negativně ovlivňují vedení tepla a dále také vnikání tyto nespálené částice do mazacího oleje motoru kde přispívají k opotřebení motoru.
- Jak již bylo výše zmíněno velký podíl pevných částic způsobuje tvorbu usazením, které na vstřikovačích dokážou ucpat vstřikovací otvor a tím je bráněno ke správnému rozprášení paliva. Tento stav zapříčiní pokles výkonu motoru a v krajním případě může dojít k havárii a to propálení pístu.

Pro používání alternativního paliva ethanolu E85 je stanoveno také několik zásadních podmínek, které opět nebyly zřejmně dodrženy:

- První nutnou podmínkou při použití ethanolu E85 je třeba po ujetí 500-1000 km vyměnit palivový filtr. Vlastně nedodržením této podmínky nastala již výše zmíněná závada. Etanol totiž rozpouští usazené nečistoty, které vznikly při provozu vozidla na benzín.
- Dále je třeba při používání tohoto paliva upravit délku vstřiku paliva třeba za pomoci přidavné řídicí jednotky vstřikování. Tato pomocná řídicí jednotka vstřikování si automaticky obstarává data o směsi. Důvodem proč je zapotřebí pomocné řídicí jednotky je řízení bohatosti směsi paliva. Při spalování ethanolu lambda sonda zachytí ve spalínách více kyslíku, tak dojde k povelu vstřikování většího množství paliva a tím motor pracuje v režimu na extrémně bohatou směs a tím může dojít i k poškození katalyzátoru vlivem nespáleného zbytku paliva.
- Další skutečností, která po přechodu z benzínu na E85 může nastat ve vozidle, v němž byly použity hadičky palivové soustavy z PVC měkčeného ftalátem, že tyto hadičky jsou směsí E85 postupně rozpouštěny a vyplavovány, a tak hadička pomalu tvrdne, křehne a může za nějaký čas i prasknout. Výměna původních hadiček při přestavbě na E85 za nové však problém snadno vyřeší.

4. ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsou obecně popsány jednotlivé systémy vstřikování paliv pro naftové a benzínové motory a možné varianty vstřikovacích soustav pro alternativní PHM a možnosti diagnostikování závad na těchto vstřikovacích systémech.

Tato práce je sestavena do tří hlavních částí. Na začátku práce bylo poukázáno na první počátky vstřikovací soustavy a jeho vynálezce. V druhé části této práce bylo seznámení s jednotlivými systémy vstřikovacích soustav pro naftové a benzínové motory a jejich jednotlivými součástmi a možnými soustavami vstřikování alternativních paliv jako je B20, B100, ETHANOL 85, LPG, CNG a možné kombinace MN s LPG, MN s B100 atd.

Vstřikovací soustavy pro naftové motory jsou rozebrány na jednotlivé systémy od mechanických až po systémy s vlastním diagnostickým obvodem snímačů a akčních členů. Neustálé snižování emisních limitů ve výfukových plynech vznětových motorů vede výrobce k vývoji vstřikovacích soustav s co nejvyššími vstřikovacími tlaky a vysokou variabilitou procesu vstřikování mnoha výstřiků během jednoho pracovního cyklu jako je tomu u systému Common Rail. U vstřikovací soustavy pro benzínové motory jsou rozepsány na jednotlivé skupiny z nichž poslední je přímé vstřikování, které zažívá v poslední době největší rozkvět. Je to z důvodu tlaku na snižování emisních škodlivin ve výfukových plynech a také tím, že motor s přímým vstřikováním benzínu je zhruba asi o 15% úspornější než motor se vstřikováním do sacího potrubí.

Třetí část této práce je věnována diagnostikování příkladných poruch, které z prvního pohledu neměly souvislost s používáním alternativních paliv. Jednalo se o poruchu na vstřikovací soustavě pro vznětový motor a pro benzínový motor. V této části bylo popsáno možné diagnostikování závad v určitém sledu a za pomoci přístrojů, diagnostického softwaru tak aby bylo docíleno co nejlepšího řešení a odstranění příčiny závad na jednotlivých součástech vstřikovacích soustav. Smutnou skutečností bylo, že veškerá příčina závady byla v nedodržení či neznalost podmínek a pravidel pro používání alternativních paliv, které je nutné akceptovat z důvodu spolehlivosti provozu vozidla .

5. Použitá literatura

5.1 Internetové zdroje

- [1] Wikipedia. Fuel_injection. Wikipedia. [Online] [Citace: 16. 04. 2015.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_injection.
[22] Aliso hifishop [Online] [Citace: 20. 04. 2015.]
<http://eshop.aliso.cz/Konverzni-kit-FLEXCAR-na-E85-3-a-4-valec-d701.htm>

5.2 Literární zdroje

- [2] CEDRYCH, M, R., SCHAWARZ, J. *Automobily Škoda Fabia*. Praha: Granada Publishing a.s., 2005. 250 str. ISBN 80-247-0656-3.
[3] MOTEJL, V. *Vstřikovací zařízení vznětových motorů*. České Budějovice: Kopp, 2001. 144 str. ISBN 80-7232-142-0.
[4] ŠŤASTNÝ, J., REMEK, B. *Autoelektrika a autoelektronika*. Praha: Malina, 2000. 255 str. ISBN 80-86293-01-7
[5] ŠŤASTNÝ, J., REMEK, B. *Autoelektrika a autoelektronika*. Praha: Malina, 2000. 257 str. ISBN 80-86293-01-7.
[6] CEDRYCH, M, R., SCHAWARZ, J. *Automobily Škoda Fabia*. Praha: Granada Publishing a.s., 2005. 168 str. ISBN 80-247-0656-3.
[7] CEDRYCH, M, R., SCHAWARZ, J. *Automobily Škoda Fabia*. Praha: Granada Publishing a.s., 2005. 251 str. ISBN 80-247-0656-3.
[8] ŠŤASTNÝ, J., REMEK, B. *Autoelektrika a autoelektronika*. Praha: Malina, 2000. 258 str. ISBN 80-86293-01-7.
[9] ŠMEREDA, T., ČUPERA, J., FAJMAN, M. *Vznětové motory vozidel-Biopaliva, emise, traktory*. Brno: CPres, 2013. 39 str. ISBN 978-80-264-0160-5.
[10] ŠMEREDA, T., ČUPERA, J., FAJMAN, M. *Vznětové motory vozidel-Biopaliva, emise, traktory*. Brno: CPres, 2013. 65 str. ISBN 978-80-264-0160-5.
[11] ŠMEREDA, T., ČUPERA, J., FAJMAN, M. *Vznětové motory vozidel-Biopaliva, emise, traktory*. Brno: CPres, 2013. 67 str. ISBN 978-80-264-0160-5.
[12] MOTEJL, V., HOREJŠ, K. *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilu*. Brno: Littera, 1998. 499 str. ISBN 80-85763-00-1.
[13] CEDRYCH, M, R., SCHAWARZ, J. *Automobily Škoda Fabia*. Praha: Granada Publishing a.s., 2005. 248 str. ISBN 80-247-0656-3.
[14] CEDRYCH, M, R., SCHAWARZ, J. *Automobily Škoda Fabia*. Praha: Granada Publishing a.s., 2005. 245 str. ISBN 80-247-0656-3.
[15] BOSCH. *Systém vstřikování L-Jetronic*. 1999. ISBN 80-902585-2-2
[16] GSCHIEDLE, R. a kol. *Příručka pro automechanika*. Praha: SOBOTÁLES, 2001. 629 str. ISBN: 80-85920-76-X.
[17] ŠŤASTNÝ, J., REMEK, B. *Autoelektrika a autoelektronika*, Praha: T. Malina, 2000. 250 str. ISBN 80-86293-01-7
[18] ŠŤASTNÝ, J., REMEK, B. *Autoelektrika a autoelektronika*, Praha: T. Malina, 2000. 243 str. ISBN 80-86293-01-7
[19] ŠŤASTNÝ, J., REMEK, B. *Autoelektrika a autoelektronika*, Praha: T. Malina, 2000. 245 str. ISBN 80-86293-01-7
[20] Škoda auto a.s. *Dílenská učební příručka 74*. 2009. 17 str. S00.2002.74.15
[21] Škoda auto a.s. *Dílenská učební příručka 74*. 2009. 35 str. S00.2002.74.15