

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

TECHNICKÁ FAKULTA

2136 317

**ZHODNOTENIE PORUCHOVOSTI VSTREKOVAČOV
DIESELOVÝCH MOTOROV**

2011

Bc. Vladimír Konečný

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

TECHNICKÁ FAKULTA

**ZHODNOTENIE PORUCHOVOSTI VSTREKOVAČOV
DIESELOVÝCH MOTOROV**

Diplomová práca

Študijný program:	Kvalita produkcie
Študijný odbor:	2386800 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko:	Technická fakulta
Školiteľ:	Ing. Rastislav Bernát, PhD.
Konzultant:	Ing. Zoltán Záležák, PhD.

Nitra 2011

Bc. Vladimír Konečný

ABSTRAKT

KONEČNÝ VLADIMÍR: vladimir.konecny @ satronet.sk, 2011. Zhodnotenie poruchovosti vstrekočav dieselových motorov [diplomová práca] Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Technická fakulta, Katedra kvality a strojárskych technológií. Vedúci diplomovej práce: Ing. Bernát Rastislav, PhD. – NITRA: TF SPU, Diplomová práca, 61 strán, 2011

Rozvoj dieselových motorov zaznamenal prudký nárast vo všetkých svetových ako aj európskych automobilkách. Nízka spotreba a dlhá životnosť dieselového motora si získava stále viac priaznivcov. V posledných rokoch k rozmachu dieselových motorov prispeli významným spôsobom moderné vysokotlakové vstrekovacie systémy pre dieselové motory.

V teoretickej časti diplomovej práce sa venujeme popisu vstrekočav, rozdeleniu vstrekovacích systémov, ako aj ich diagnostike a poruchovosti týchto systémov.

Praktická časť diplomovej práce obsahuje prieskum zisťovania poruchovosti vstrekovacích systémov dieselových motorov pomocou vypracovaného dotazníka na základe dlhodobých skúseností servisných pracovníkov vo vybraných servisných a opravárenských pracoviskách. V ďalšej časti práce vyhodnocujeme poruchy vstrekočav a analyzujeme ich príčiny na základe kontroly elektrickej a mechanickej časti vstrekoča. Informácie získané laboratórnymi meraniami sú vyhodnotené tabuľkovo a graficky. Na základe dosiahnutých výsledkov práce sme získali prehľad o poruchovosti vstrekočav jednotlivých značiek vozidiel ich príčine a možných opatreniach k predchádzaniu poruchovému stavu.

Kľúčové slová:

Vstrekočav, Palivová sústava, Dieselový motor, Common Rail, Poruchovosť.

ABSTRACT

KONEČNÝ VLADIMÍR: vladimir.konecny @ satronet.sk, 2011. Evaluation of failure of the diesel engine injectors [Diploma thesis]. Slovak university of agriculture in Nitra. Faculty of engineering, Department of quality and engineering technologies. Supervisor: Ing. Bernát Rastislav, PhD. – NITRA: TF SPU, Diploma work, 61 Pages, 2011

Development of diesel engines noticed sharp increase in all the world and European automakers. Low consumption and long life of the diesel engine is gaining more supporters. In recent years, advanced high-pressure injection systems for diesel engines significantly contribute to the boom in diesel engines.

In the theoretical part, we will look at the description of the injectors, injection systems division, as well as their diagnosis and failure of these systems.

The practical part of the thesis contains a survey about the detection of system failure of the injection diesel engines using a questionnaire based on a long experience of service workers in selected service and repair work. In the next part, we evaluate fault injectors and analyze their causes under the control of electrical and mechanical part of the injector. Information obtained by laboratory measurements are evaluated in tabular and graphical form. Based on the achievements of the work we get an overview of the vulnerabilities of individual brands of vehicles injectors, their cause and possible measures to prevent the trouble.

Keywords:

Injector, Fuel system, Diesel engine, Common Rail, Failure rate.

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Podpísaný Bc. Vladimír Konečný vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Zhodnotenie poruchovosti vstrekočavov dieselových motorov“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre, 2011

.....

POĎAKOVANIE

Touto cestou vyslovujem poďakovanie Ing. Rastislavovi Bernátovi, PhD, konzultantovi Ing. Zoltánovi Záležakovi, PhD a kolektívu katedry kvality a strojárskych technológií za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

V Nitre 28. apríla 2011

Bc. Vladimír Konečný

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 PREHĽAD O SÚČASNOM STAVE VSTREKOVACÍCH SYSTÉMOV.....	11
1.1 VYMEDZENIE ZÁKLADNÝCH POJMOV.....	11
1.2 DIESELOVÉ MOTORY.....	12
1.2.1 <i>Palivo dieselového motora.....</i>	13
1.2.2 <i>Požiadavky na dieselové palivo.....</i>	14
1.3 VSTREKOVAČE.....	14
1.3.1 <i>Priame vstrekovanie paliva.....</i>	15
1.3.2 <i>Nepriame vstrekovanie paliva.....</i>	16
1.4 ROZDELENIE VYSOKOTLAKOVÝCH VSTREKOVACÍCH ČERPADIEL DIESEL.....	18
1.5 VSTREKOVACIE SYSTÉMY DIESELOVÝCH MOTOROV.....	20
1.5.1 <i>Systém vstrekovania Common Rail.....</i>	20
1.5.1.1 <i>Konštrukcia Common Rail.....</i>	23
1.5.1.2 <i>Vstrekovalče s elektromagnetickým ventilom.....</i>	24
1.5.1.3 <i>Piezoelektrické vstrekovalče Inline.....</i>	24
1.5.2 <i>Systém vstrekovania dieselových motorov Hdi BOSCH EDC 16C3.....</i>	25
1.5.3 <i>Systém elektronického vstrekovania dieselových motorov EDC 1.3.3.....</i>	25
1.6 DIAGNOSTIKA VSTREKOVACÍCH SYSTÉMOV.....	27
1.6.1 <i>Paralelná diagnostika.....</i>	28
1.6.2 <i>Alternatívna diagnostika.....</i>	28
1.6.3 <i>Sériová diagnostika.....</i>	29
1.6.4 <i>Diagnostika vstrekovalčov.....</i>	29
1.6.5 <i>Údržba vstrekovacieho systému.....</i>	29
1.7 TRIBODIAGNOSTIKA VSTREKOVACÍCH SYSTÉMOV.....	30
2 CIEĽ PRÁCE.....	32
3 METODIKA PRÁCE.....	33
3.1 PRIESKUM ZISŤOVANIA PORUCHOVOSTI VSTREKOVACÍCH SYSTÉMOV DIESELOVÝCH MOTOROV.....	33
3.2 CHARAKTERISTIKA VSTREKOVAČOV.....	34

3.3	VSTREKOVAČ BOSCH 0445 110 002.....	37
3.4	ANALÝZA PORÚCH VSTREKOVAČOV V PREVÁDZKE.....	38
3.4.1	<i>Kontrola elektrickej časti vstrekovača.....</i>	38
3.4.1.1	Kontrola vinutia cievky vstrekovača prístrojom Bosch.....	38
3.4.1.2	Kontrola vinutia cievky vstrekovača analyzátorom TAISCO....	40
3.4.1.3	Kontrola funkčnosti cievky vstrekovača v laboratórných podmienkach.....	40
3.4.2	<i>Kontrola mechanických častí vstrekovačov.....</i>	41
3.4.2.1	Kontrola vstrekovačov na skúšačke vstrekovačov.....	41
3.4.2.2	Kontrola kvality povrchu častí vstrekovacieho telieska a vstrekovacej ihly.....	42
4	VÝSLEDKY PRÁCE.....	45
4.1	VYHODNOTENIE DOTAZNÍKA PORÚCH VSTREKOVAČOV.....	45
4.2	ANALÝZA PORÚCH VYBRANÝCH VSTREKOVAČOV.....	49
4.2.1	<i>Kontrola vinutia cievky.....</i>	49
4.2.2	<i>Kontrola vstrekovačov na skúšačke vstrekovačov.....</i>	51
4.2.3	<i>Kontrola kvality povrchu ihly vstrekovača.....</i>	52
5	NÁVRH VYUŽITIA VÝSLEDKOV A DISKUSIA.....	56
6	ZÁVER.....	57
7	POUŽITÁ LITERATÚRA.....	58
8	PRÍLOHY.....	60

Úvod

Automobily musia v súčasnosti spĺňať veľmi vysoké očakávania: majú byť dynamické a výkonné, aby zlepšili potešenie z jazdy, šetriť palivo a byť priateľské k životnému prostrediu. Na najvýznamnejších trhoch Európy je v súčasnosti až 60 % predaných automobilov strednej triedy vybavených dieselovým motorom. Žiadny z veľkých výrobcov automobilov, ktorý sa chce presadiť v Európe, nemôže tento fakt ignorovať.

Popularita dieselových motorov sa každým rokom neustále zvyšuje. Hlavným dôvodom je nižšia spotreba paliva (až o 30 % ako u benzínových motorov poskytujúcich rovnaký výkon), ďalším dôvodom je hnacia sila (pri nižších otáčkach vyššia sila) a menšie emisie.

K veľkému rozmachu dieselových motorov v uplynulých rokoch prispeli významným spôsobom moderné vysokotlakové vstrekovacie systémy pre dieselové motory. Bosch je už mnoho rokov popredným dodávateľom vstrekovacích systémov pre dieselové motory do prvovýroby.

Výhodou dieselových motorov je nižšia spotreba, nižšie emisie CO₂, preto sú ekologickejšie a úspornejšie ako benzínové, vyšší krútiaci moment, lepší výkon pri nižších otáčkach, dlhšia životnosť motora.

Ako nevýhody dieselových motorov možno charakterizovať častejšiu údržbu, horší (klepotavý) zvuk, ich hmotnosť, dlhšie sa zahrievajú na prevádzkovú teplotu. Obsahujú citlivé komponenty ako turbodúchadlo, vstrekovače, či dvojhmotný zotrvačnik.

Motory so vstrekovacím systémom common rail sa používajú napr. vo vozidlách Ford označené ako TDCi, Peugeot a Citroën HDi, Mazda používa označenie MZR-CD, Opel - CDTI, Fiat - JTD -Multijett, Mercedes - CDI, Renault - dCi, Hyundai - CRDi, Toyota- D-4D, koncern Volkswagen TDI CR atď.

Všeobecne platí, že autá s dieselovým pohonom sú drahšie ako s benzínovým pohonom. Keďže však majú nižšiu spotrebu, rozdiel v cene sa postupne vráti na ušetrenom palive a pri dlhodobom používaní bývajú dokonca výhodnejšie. Konštrukčný vývoj stále prebieha a motorov v oblasti tvorby zmesi (vstrekovania), zdokonaľovanie zapalovania, rozvodových mechanizmov, používaním nových materiálov (keramické ventily, vložené valce).

Moja práca je zameraná na kontrolu vstrekovačov z rôznych typov vozidiel, vyhodnotením ich poruchy a preventívnymi opatreniami voči poškodeniu (poruchovému stavu vstrekovača).

1 Prehľad o súčasnom stave vstrekovacích systémov

1.1 Vymedzenie základných pojmov

Vzhľadom na to, že budeme riešiť problematiku „Zhodnotenie poruchovosti vstrekočov dieselových motorov“, budeme využívať niektoré pojmy, ktoré je potrebné si objasniť. Jedná sa o tieto pojmy: Vstrekovače, Palivová sústava, Common Rail, Lambda sonda, Riadiaca jednotka, Snímače, Spínače, Akčné členy, Filter paliva..

Komponenty palivovej sústavy:

- palivová nádrž,
- palivové potrubie,
- palivové čerpadlo,
- čistič paliva,
- čističe vzduchu.

Common Rail – je systém priameho vysokotlakového vstrekovania nafty s tlakovým zásobníkom a elektronicky riadenými ventilmi pre vznetrové motory, (FREIWALD, A. 2005),

Lambda sonda - snímač obsahu kyslíka vo výfukových plynoch. Úlohou sondy je dať riadiacej jednotke informáciu o kvalite spaľovania paliva. Je umiestnená vo výfukovom potrubí pred katalyzátorom prípadne za katalyzátorom. Do všetkých vozidiel, ktoré majú spĺňať normu Euro 5 sa montuje širokopásmová lambda sonda, nakoľko emisie musia byť kvalitné (tie isté) až po dosiahnutie 150.000km,

Riadiaca jednotka – spracováva údaje o prevádzkovom stave motora, ktoré jej dodávajú jednotlivé snímače a akčné členy,

Snímače - snímajú prevádzkové podmienky a prevádzajú fyzikálne veličiny na elektrické signály (otáčky motora a kolies, teplota a pod.),

Spínače – poskytujú určité nastavené hodnoty (spínače ovládané vodičom, brzdové svetlá, ručná brzda, chladenie a pod.),

Akčné členy - riadi ich riadiaca jednotka. Prevádzajú elektrické vstupné signály riadiacej jednotky na mechanické veličiny (vstrekovacie veličiny dieselového motora, ventilátor, elektronika akcelerátora.),

Vstrekovače – zaisťujú dokonalé rozprášenie paliva a usmernenie jeho lúča do spaľovacieho priestoru motora (FREIWALD, A. 2005),

Filter paliva – chráni celý palivový systém pred pevnými nečistotami (GSCHEIDLE, R. a kol., 2002).

1.2 Dieselové motory

V roku 1892 začal pán Rudolf Diesel spolu s výrobcom automobilov MAN pracovať na vývoji spaľovacieho motora na princípe samovznietenia paliva v spaľovacom priestore. Jeho vývoj bol korunovaný úspechom až v roku 1897 prvým dieselovým motorom na svete. Veľkou nevýhodou dieselového motora pracujúceho na plný výkon predstavovala príprava a doprava paliva. Pri vháňaní paliva do spaľovacieho priestoru tlakovým vzduchom bolo nepredstaviteľné ďalšie zvyšovanie otáčok. Navyše požadovaný kompresor bol veľmi veľký a drahý. Začiatkom roku 1922 sa Róbert Bosch rozhodol pre vývoj vstrekovacieho systému pre motor Rudolfa Diesela priamo do valca. V roku 1923 začali prvé skúšky a v roku 1925 bolo na svete riešenie – vstrekovacie čerpadlo a dýza. Prvé radové vstrekovacie čerpadlo bolo zavedené do výroby pre nákladné vozidlo MAN v roku 1927. V osobných vozidlách to bol Mercedes Benz 260D v roku 1936 (<http://www.meteor.sk/noviny/0810p.pdf>).

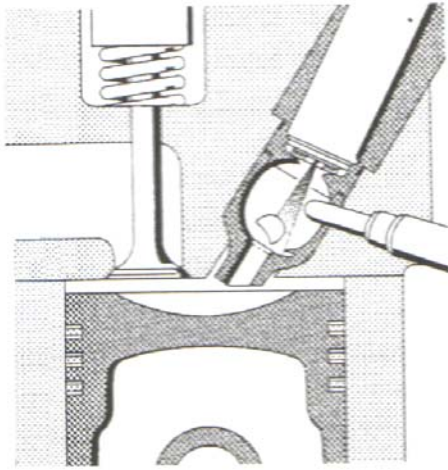
U dieselových motorov je užitočný výkon riadený kvalitatívne, to znamená cez obsah paliva v zmesi palivo vzduch. Prebieha to riadením vstrekovacej dávky paliva vo vstrekovacom zariadení. Na základe toho pracujú dieselové motory s prebytkom vzduchu. Príprava zmesi palivo vzduch výrazne ovplyvňuje užitočný výkon, spotrebu paliva emisie výfukových plynov a hluk spaľovania dieselového motora.

Podstatnú rolu zohráva prevedenie vstrekovacieho zariadenia a jeho riadenie, pričom tvorenie zmesi a priebeh spaľovania ma vplyv na:

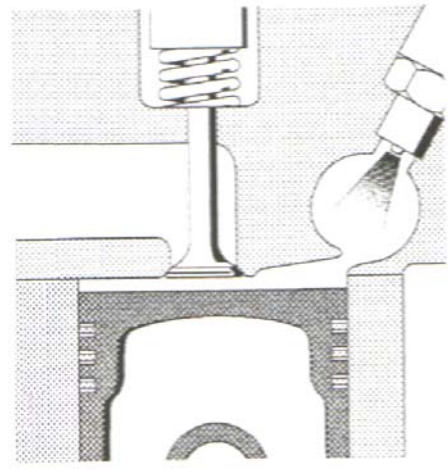
- začiatok dodávka paliva a začiatok vstreku,
- dobu vstreku a priebeh vstreku (množstvo paliva vstreknutého do spaľovacieho priestoru v závislosti na uhlu natočenia kľukového hriadeľa),
- vstrekovací tlak,
- smer vstrekovania a počet vstrekováných lúčov,
- prebytok vzduchu,
- rozvírenie vzduchu.

Rozdelenie dieselových motorov podľa spôsobu vstrekovania paliva do valca na:

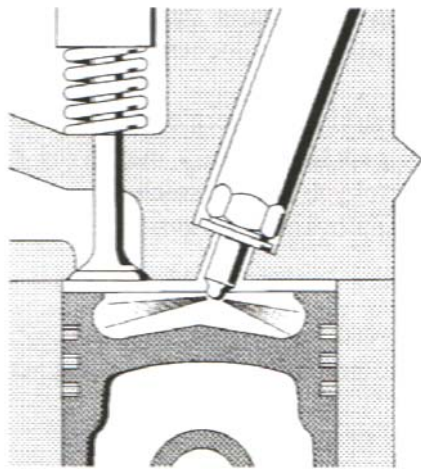
- s nepriamym vstrekaním paliva (IDI – Indirect Injection)
(s predkomôrkou – obr. 1 alebo s vírivou komôrkou – obr. 2),
- s priamym vstrekom paliva (DI - Direct Injection),
(prstencový spaľovací priestor – obr. 3, guľovitý spaľovací priestor – obr. 4).



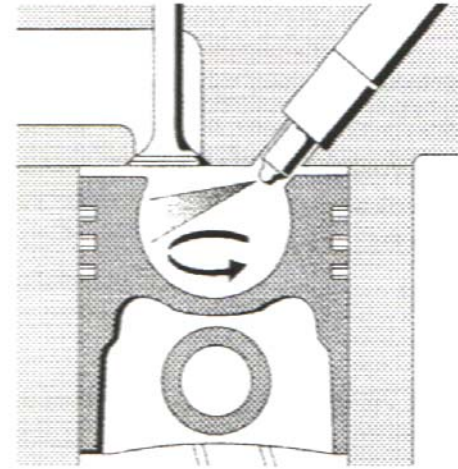
Obr. 1 Spaľovací priestor dieselového motora s predkomôrkou



Obr. 2 Spaľovací priestor dieselového motora s vírivou komôrkou



Obr. 3 Prstencový spaľovací priestor dieselového motora s priamym vstrekaním paliva



Obr. 4 Guľatý spaľovací priestor dieselového motora s priamym vstrekaním paliva

Pri oboch spôsoboch môžeme použiť plnenie valcov atmosférickým tlakom, alebo preplňovaným turbodúchadlom.

1.2.1 Palivo dieselového motora

Motorová nafta je zmesou ropných kvapalných uhľovodíkov v rozmedzí od 150 až 360 °C (bod vzplanutia min. 55 °C). Na zlepšenie užitočných vlastností je možnosť prídania prísad (depresanty, detergenty, mazacie prísady, inhibitory korózie, prísady na zabránenie penenia a pod.).

Z hľadiska použiteľnosti paliva pre dieselové motory sú najdôležitejšie tieto parametre: destilácia, hustota, viskozita, karbónový zbytok, centové číslo príp. centový

index, korozívnosť paliva a jeho spalín, čistota a v zimnom období tiež filtrovateľnosť paliva a teplota vylučovania parafínov.

V dieselovom motore je palivo vstrekané do stlačeného horúceho vzduchu a pri týchto podmienkach musí prebehnúť radikálna reakcia, ktorá vedie k rýchlemu nárastu teploty a vznieteniu palivovej zmesi. Pre dobré fungovanie dieselového motora má veľký význam tzv. oneskorenie, pri ktorom dochádza k zohriatiu rozprášených kvapiek paliva a k jeho čiastočnému odpareniu ako aj chemickým reakciám s kyslíkom so vzduchom. Oneskorenie závisí od chemického zloženia paliva, ktoré ovplyvňuje podmienky spaľovania a zároveň je ovplyvnená centovým číslom charakterizovaným schopnosťou paliva sa samovoľne zapáliť a prispievať k ľahkému štartovaniu a chodu motora. Použitie paliva s nesprávnym cetanovým číslom, ktoré nezodpovedá konštrukčným požiadavkám motora, vedie k nesprávnemu spaľovaniu, nerovnomernému a zvýšenému zaťaženiu motora a k jeho zvýšenému opotrebeniu.

1.2.2 Požiadavky na dieselové palivo

Palivo dieselového spaľovacieho motora musí zabezpečiť

- skorý a pravidelný prívod správneho množstva paliva do valca,
- dokonalé rozptýlenie paliva,
- normálne a kvalitné spaľovanie,
- prevádzku bez tvorby usadenín v palivovom systéme, na filtroch, v tryskách a v spaľovacom priestore,
- dobrú stabilitu a nehrdzavenie nafty a jej spalín,
- dobrú výhrevnosť,
- vplyv na dlhodobú funkčnosť a životnosť celého motora (VLK, F. 2003).

1.3 Vstrekovače

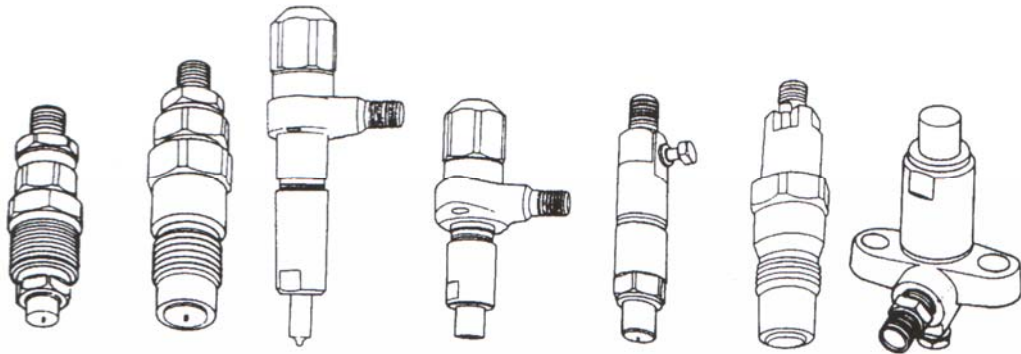
Základnou funkciou vstrekovača je zabezpečiť dokonalé rozprásenie paliva do prúdu stlačeného vzduchu v spaľovacom priestore alebo predkomore dieselového motora.

Vstrekovač sa skladá:

- držiak vstrekovacej trysky,
- vstrekovacia tryska.

Pomocou držiaka vstrekovacej trysky je upevnený vstrekovač (obr. 5) do hlavy valca motora. Jeho veľkosť, spôsob prívodu paliva a odvod prebytočného paliva vrátane

uloženia vlastnej vstrekovacej trysky sa líši od konštrukcie motora, hlavy valcov a spôsobu vstrekovania.



Obr. 5 Rôzne konštrukcie vstrekovačov (VLK, F. 2006)

Vstrekovacie trysky a príslušné držiaky trysiek sú dôležitým konštrukčným dielom medzi vstrekovacím čerpadlom s radiálnymi piestami a dieselovým motorom. Ich úlohou je:

- dávkovanie vstrekovania,
- príprava paliva,
- tvar priebehu vstreku,
- utesnenie voči spaľovaciemu priestoru.

Na základe rôznych metód spaľovania a tvarov spaľovacieho priestoru je nutné prispôbiť tvar, smer lúča „prieraznou silou“, rozprášením lúča paliva tryskou s rovnakou dobou vstrekovania a vstrekovacej dávky k počtu stupňov uhlu vačkového hriadeľa. Konštrukciou držiaku trysiek so štandardnými rozmermi dosiahneme potrebnú flexibilitu s minimom jednotlivých variant.

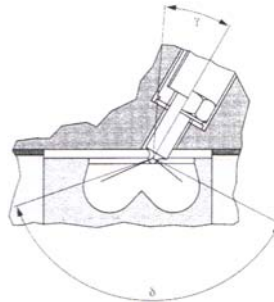
1.3.1 Priame vstrekovanie paliva

Do spaľovacieho priestoru motora, ktorý sa tvorí vo valci alebo na dne piestu motora, sa používajú otvorené trysky. Podľa počtu otvorov ich delíme na jednootvorové a viacotvorové.

Otvorové trysky rozdeľujeme na trysky so slepým otvorom a s otvorom vratným do sedla. Líšia sa aj konštrukciou veľkosti s priemerom ihly 4mm alebo s priemerom ihly 5 a 6mm. Vstrekovacie otvory sa nachádzajú na plášti kužeľa lúča (obr. 6). Ich počet a priemer je závislý na:

- vstrekovanej dávke,

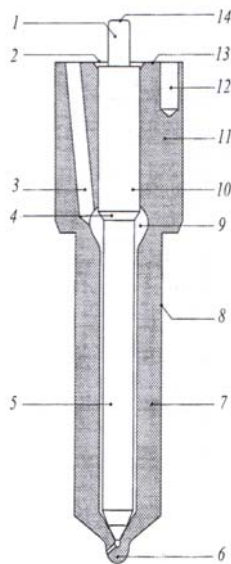
- tvare spaľovacieho priestoru a
- rozvírenom vzduch v spaľovacom priestore.



Obr. 6 Kužel ľúča (BOSCH, 2006)

Popis: γ - sklon trysky, δ - kužel ľúča

Rozstrekovacie otvory trysiek sú slepým otvorom (obr. 7), ktoré sú umiestnené v slepom otvore.



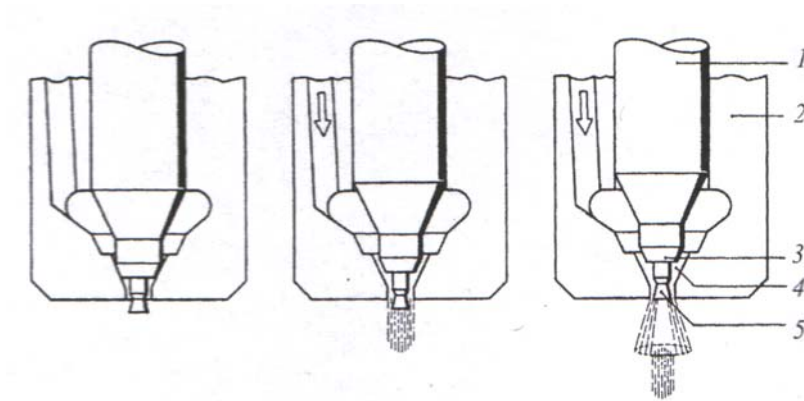
Popis:

- 1 – tlačný čap
- 2 – plocha dorazu zdvihu
- 3 – prítokový otvor
- 4 – tlakový nábeh
- 5 – driek ihly
- 6 – zaoblený vrchol ihly
- 7 – driek telesa trysky
- 8 – povrch telesa trysky
- 9 – tlaková komora
- 10 – vedenie ihly
- 11 – lem telesa trysky
- 13 – tesniaca plocha
- 14 – zakončenie tlačného čapu

Obr. 7 Vstrekovacia tryska so slepým otvorom

1.3.2 Nepriame vstrekovanie paliva.

Vstrekované palivo do komôrky je vytvorené v hlave valca motora, kde sa používajú čapové trysky (obr. 8). Ich charakteristickým znakom je tvar konca ihly vstrekovacej trysky. Ihla je zakončená čapom, ktorý prechádza výstupným otvorom a palivo je rozprašované do tvaru medzikružia.



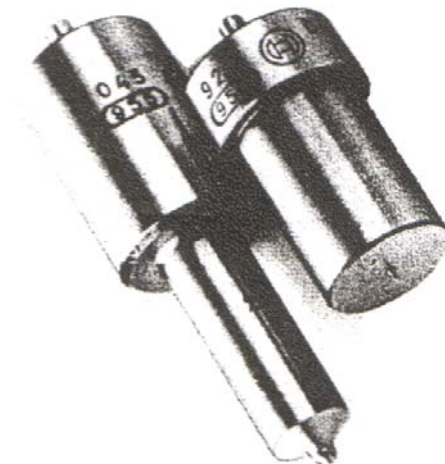
Obr. 8 Čapová vstrekovacia tryska (VLK, F., 2003)

Popis: 1 – ihla vstrekoča, 2 – teleso trysky, 3 – tlakové osadenie, 4 – tlakový priestor, 5 – čap ihly vstrekoča (zatvorená tryska, čiastočne otvorená, úplne otvorená)

Pre motory s priamym vstrekaním paliva sa používajú držiaky trysiek s otvorovými tryskami. Držiaky trysiek rozdeľujeme na:

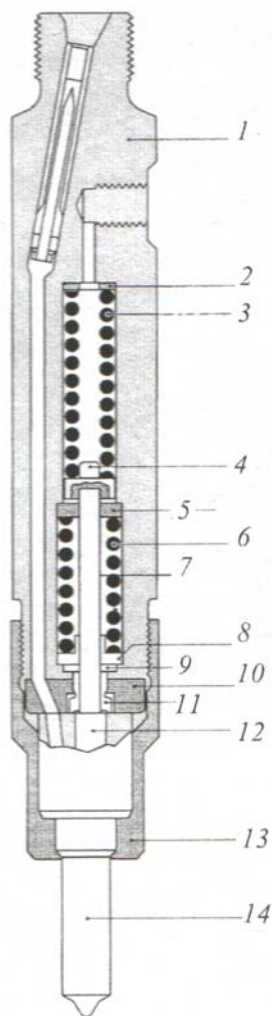
- štandardné držiaky trysiek so snímačom a bez snímača pohybu ihly,
- dvojpružinové držiaky trysiek so snímačom a bez snímača pohybu ihly.

Porovnanie (obr. 9) otvorovej a čapovej vstrekovacej trysky.



Obr. 9 Porovnanie otvorovej a čapovej vstrekovacej trysky (VLK, F., 2003)

Dvojpružinové vstrekočače (obr. 10) slúžia pre redukciu hluku, ktorý vzniká pri spaľovaní, hlavne pri voľnobehu a v oblasti stredného výkonu. V tomto vstrekočači sú za sebou umiestnené dve pružiny. Najskôr na ihlu trysky pôsobí len jedna pružina, čím určuje prvý otvárací tlak. Druhá pružina sa opiera o dorazové puzdro, ktoré obmedzuje úvodný zdvih (VLK, F. 2003).



Popis:

- 1 - teleso držiaka
- 2 - vymedzovacia podložka
- 3 - tlačná pružina 1
- 4 - tlačný čap
- 5 - vodiaca podložka
- 6 - tlačná pružina 2
- 7 - tlačný kolík
- 8 - tanier pružiny
- 9 - vymedzovacia podložka
- 10 - medzi vložka
- 11 - dorazové puzdro
- 12 - ihla trysky
- 13 - napínacie matice trysky
- 14 - teleso trysky

Obr. 10 Dvojpružinový vstrekovač pre priamý vstrek (BOSCH)

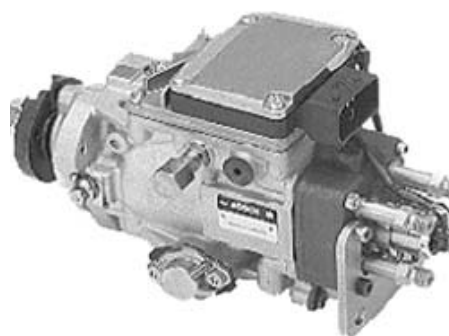
1.4 Rozdelenie vysokotlakových vstrekovacích čerpadiel diesel

Vstrekovacie čerpadlá rozdeľujeme na:

- radové vstrekovacie čerpadlá rôznych veľkostí (obr. 11),
- samostatné jednovalcové vstrekovacie čerpadlo pre jeden valec,
- rotačné vstrekovacie čerpadlo s axiálnymi piestami (obr. 12),
- rotačné vstrekovacie čerpadlo s radiálnymi piestami (obr. 13),
- systém čerpadlo – dýza (obr. 14),
- systém čerpadlo – vedenie – dýza (obr. 15),
- systém Common Rail vysokotlakové čerpadlo (obr. 16).



Obr. 11 Radové vstrekovacie čerpadlo



Obr. 12 Rotačné vstrekovacie čerpadlo s axiálnymi piestami



Obr. 13 Rotačné vstrekovacie čerpadlo UI s radiálnymi piestami



Obr. 14 Združená vstrekovacia jednotka (čerpadlo – dýza)



Obr. 15 Čerpadlo – vedenie dýza



Obr. 16 Common Rail vysokotlakové čerpadlo

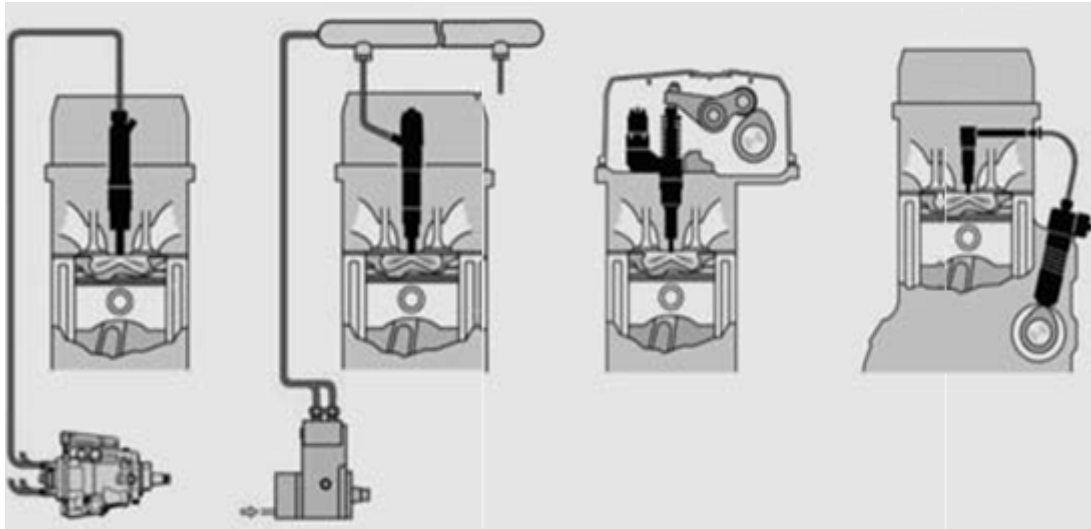
(http://www.dieselservis.sk/trocha_teorie.html)

VP44
Rotačné
vstrekovacie
čerpadlo

CRS
Common-Rail

UIS
Združená
vstrekovacia
jednotka

UPS
Samostatné
vstrekovacie
čerpadlo



Obr. 17 Vstrekovacie systémy BOSCH (http://www.dieselservis.sk/trocha_teorie.html)

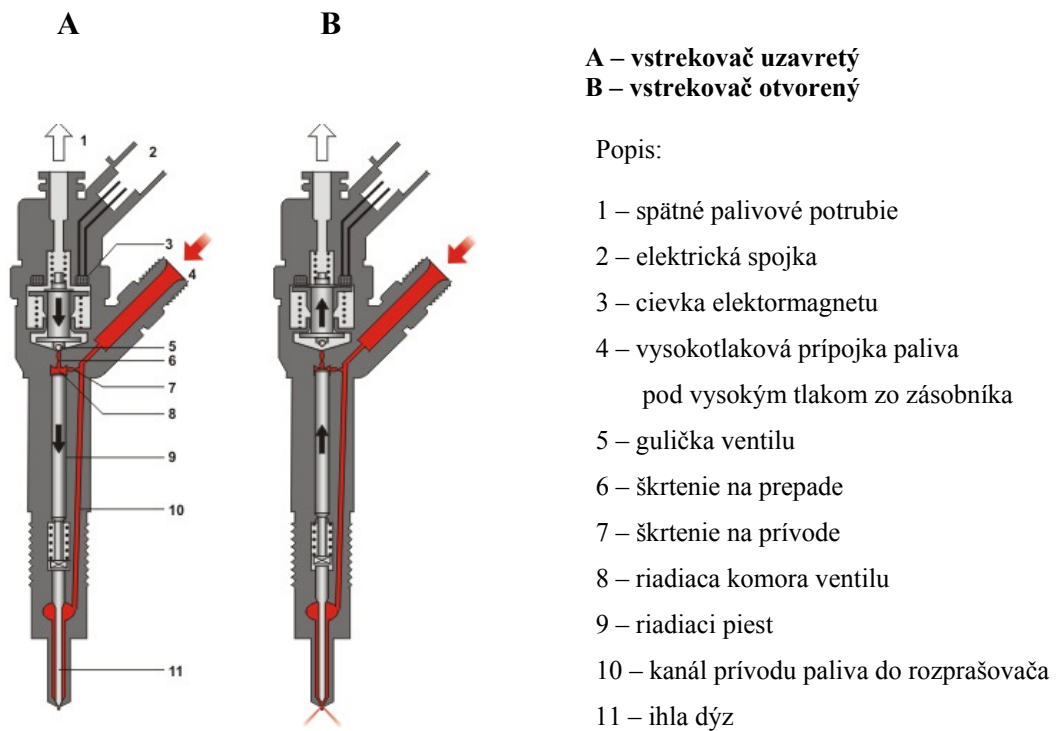
1.5 Vstrekovacie systémy dieselových motorov

1. Systém vstrekovania s tlakovým zásobníkom Common Rail pre dieselové motory,
2. Systém vstrekovania dieselových motorov HDi BOSCH EDC16C3,
3. Systém elektronického vstrekovania dieselových motorov EDC 1.3.3.

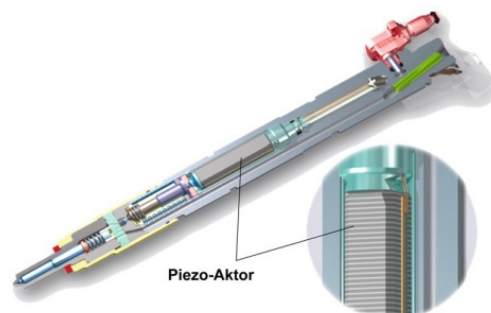
(BOSCH, R. 2004).

1.5.1 Systém vstrekovania Common Rail

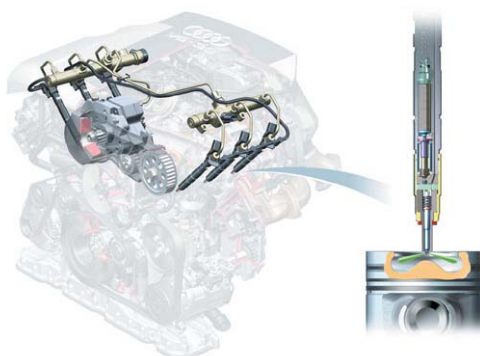
Prvá generácia systému common rail (obr. 18) z roku 1997 používala tlak 1 350 barov, druhá generácia z roku 2001 už 1 600 barov. Tretia generácia (obr. 19) s novými, ešte presnejšími a rýchlejšími piezoelektrickými vstrekovačmi bola predstavená v roku 2003. Štvrtá generácia (obr. 20) systému firmy Bosch sa vyrába od roku 2008 s tlakom až 2 500 barov. Common rail sa uplatňuje v stále väčšom počte automobilov, začal sa používať aj v nákladných vozidlách, jedným z prvých výrobcov bola firma MAN (modelové rady TGS, TGX). V súčasnosti vyrábajú systémy common rail spoločnosti Bosch, L'Orange, Delphi, Denso, Magneti Marella Siemens-VDO (http://www.dieselservis.sk/trocha_teorie.html).



Obr. 18 Prvá generácia – vstrekovač s elektromagnetickým ventilom



Obr. 19 Tretia generácia – piezoelektrický vstrekovač



Obr. 20 Štvrtá generácia vstrekovača systému Common Rail

Spôsob činnosti Common Rail

U vstrekovania s vysokotlakovým zásobníkom Common Rail je oddelené vytváranie tlaku a vstrekovania. Vstrekovací tlak vzniká nezávisle na otáčkach motora a vstrekovacej dávke. Elektronická regulácia dieselových motorov (EDC) riadi jednotlivé komponenty.

Hlavnou výhodou systému Common Rail je v širokých možnostiach variability pri vytváraní vstrekovacieho tlaku a časového okamžitého vstrelu. Toto sa dosiahlo oddelením vytváraného vysokého tlaku (vysokotlakové čerpadlo obr. 21) a vstrekovanie (vstrekovače obr. 22). Ako zásobník tlaku pri tom slúži „Rail“.



Obr. 21 Common-Rail-vysokotlakové čerpadlo Obr. 22 Vstrekovače Common-Rail
(<http://www.ford-focus.cz/forum/viewtopic.php?t=5873&p=>)

Výhody systému Common Rail

Táto pokročilá technológia vstrekovania od firmy Bosch vždy vstrekuje správne množstvo paliva presne v správny čas. Preto dieselové motory so systémom Common Rail poskytujú skutočnú jazdnú dynamiku a hladký chod motora, šetria palivo a s týmto systémom dieselové automobily spotrebujú o 30 % menej ako porovnateľné benzínové automobily čo je dôsledkom zníženia emisií a priaznivého vplyvu na životné prostredie.

Nevýhody systému Common Rail

- K permanentnému udržaniu vysokého tlaku v systéme sa musí udržiavať určitý výkon motora. Podľa druhu motora, systému, otáčok a výkonu motora musí byť akumulovaný potrebný tlak v zásobníku, následkom čoho je zníženie celkovej účinnosti motora a v mnohých prípadoch nutnosť chladenia paliva,

- Pri poškodení vstrekovacieho ventilu (znečistenie) je možné, že palivo začne neustále tiecť do spaľovacieho priestoru (pri klasických systémoch sa to stávalo len počas pracovného taktu). Vstrekovacie dýzy sa po čase znečistia. Pri mestskej prevádzke, sa to môže vyskytnúť už pri 60 000 km. V tomto prípade sa hovorí o tzv. „zalepení“, čoho výsledkom je zlé vstrekovanie. Následkom toho vzniká nepokojný chod motora alebo zvýšené dymenie vo výfuku. Toto sa dá odstrániť prídávaním čistiacich prísad, ktoré sa dávajú do paliva alebo sa injektor/dýza vymontuje a vyčistí v špeciálnom čistiacom roztoku.

(<http://www.ford-focus.cz/forum/viewtopic.php?t=5873&p=>)

Common Rail s hydraulickým zosilnením

Najnovšia technológia vstrekovania v systéme Common Rail využíva injektor s hydraulickým zosilnením. Hydraulically Amplified Diesel Injector – HADI, pracuje s prevodovým piestom, ktorý zosilňuje tlak v systéme a tým umožňuje dosiahnutie tlaku vstrekovania až 2500 bar. Táto nová technika tým otvára možnosť činnosti systému Common Rail aj pri výrazne nižšom tlaku a vytvárania požadovaného najvyššieho tlaku až v injektore. Pokles emisie škodlivín sa dosiahne aj tým, že palivo sa do spaľovacieho priestoru vďaka špeciálnej geometrii nevstrekuje prudko, ale s postupne sa zvyšujúcim tlakom. Tým sa dosiahne mimoriadne priaznivý priebeh vstrekovania. Zlepšuje sa tak príprava zápalnej zmesi a zabraňuje sa vytváraniu sadzí a karbonizácii v dôsledku nedostatočného spaľovania. Tento systém, podobne ako tretia generácia, umožňuje viacnásobné vstrekovanie. Takto sa stávajú dieselové motory stále pružnejšími, tichšími, úspornejšími, čistejšími a výkonnejšími.

(<http://www.ford-focus.cz/forum/viewtopic.php?t=5873&p=>)

Systém Common Rail je v súčasnej dobe najviac používaným vstrekovacím systémom pre moderné rýchlobežné dieselové motory pre osobné vozidlá.

1.5.1.1 Konštrukcia Common Rail

Systém Common Rail sa skladá z nasledujúcich základných častí

- nízkotlaková časť s komponentmi pre zásobovanie palivom,
- vysokotlaková časť, tlakový zásobník (Rail), vstrekovače a vysokotlakové palivové vedenie,

- elektronická regulácia dieselových motorov (EDC) so systémovými blokmi snímačov, riadiacej jednotky a akčných členov.

Srdcom systému je vstrekovač, ktorý existuje v dvoch prevedeniach:

- vstrekovač s elektromagnetickým ventilom používaným do roku 2004,
- piezoelektrický vstrekovač Inline používaný od roku 2004.

1.5.1.2 Vstrekovače s elektromagnetickým ventilom

- na zabezpečenie správneho priebehu vstrekovania a presného dávkovania paliva je vstrekovač riadený elektromagnetickým impulzom podporený hydraulickým systémom,
- umožňuje voľne modelovať priebeh vstrekovania a vykonávať vstupné vstrekovanie,
- vstrekováná dávka paliva je pri danom tlaku proporcionálna k času spustenia elektromagnetického ventilu, je však nezávislá od rýchlosti otáčok motora.

1.5.1.3 Piezoelektrické vstrekovače Inline

- má niekoľkonásobný vstrek s pružným začiatkom vstreku,
- veľmi malé vstrekované množstvo pri predvstreku,
- malé konštrukčné rozmery a nízka hmotnosť vstrekoča (270 g oproti 490 g),
- nízka hlučnosť (-3db /A/),
- nižšia spotreba paliva (-3 %),
- nižšie emisie (-20 %),
- zvýšenie výkonu motora (+7 %).

Na rozdiel od konvenčných systémov umožňuje technika Common Rail viacnásobné vstrekovanie v jednom pracovnom takte. Delí sa na predbežný vstrek pre pokojný chod motora, hlavný vstrek pre najlepšie možné využitie paliva a následný vstrek pre najnižšie emisie. Palivo sa dostáva cez krátke vedenie k vstrekovacím dýzám. Systém Common Rail ponúka vysokú flexibilitu pre prispôsobenie vstrekovania daného motora. Dosahuje to týmito prostriedkami:

- vysoký vstrekovací tlak až cca 1600 bar, v budúcnosti až 1800 bar,
- prispôsobenie vstrekovacieho tlaku daného prevádzkového stavu motora (200...800 bar),
- premenlivý začiatok vstreku,
- viac možných úvodných a nasledovných vstrekov.

1.5.2 Systém vstrekovania dieselových motorov HDi BOSCH EDC16C3

V súčasnosti je priame vstrekovanie pracujúce s veľmi vysokým tlakom najlepším riešením, ktoré zodpovedá požiadavkám kladeným na vysokootáčkové dieselové motory. To platí ako z hľadiska výkonu, spotreby a pohodlia jazdy, tak i z hľadiska plnenia emisných predpisov Bosch EDC16C3 (Haute pression Diesel injection) je systém HDi druhej generácie.

Vyznačuje sa:

- nízkotlakovým okruhom pracujúcim s podtlakom,
- dopravným čerpadlom paliva zabudovaným vo vnútri vysokotlakového čerpadla,
- zariadením pre dávkovanie paliva zabudovaným vo vysokotlakovom čerpadle, ktoré umožňuje dávkovať palivo pred dosiahnutím vysokého tlaku,
- optimálnej doby „pilotného“ a hlavného vstrek,
- tlak paliva, ktorý môže dosahovať až 1350 bar (135 MPa),
- optimalizovanými elektricky ovládanými vstrekovačmi,
- počítačom novej generácie (32 bitový s väčšou kapacitou pamäti),
- riadením vstrek podľa točivého momentu a nie na základe množstva paliva,
- imobilizérom druhej generácie (ADC II) (BOSCH, R. 2004).

Systém HDi Bosch HDi EDC16C3 umožňuje:

- vytvárať a regulovať vstrekovací tlak nezávisle na otáčkach motora (v určených medziach môže byť zvolený ľubovoľne),
- voliť ľubovoľne počiatok a dobu trvania vstrek,
- ovládať, samostatne u každého vstrekovača, niekoľko vstrekov v jednom cykle motora:
 - jeden alebo dva (predbežné) vstreky,
 - hlavný vstrek,
 - dodatočný vstrek (pre prípad sprísnených emisných predpisov, v súčasnosti nie je používaný) (BOSCH, R. 2004).

1.5.3 Systém elektronického vstrekovania dieselových motorov EDC 1.3.3

Pod skratkou EDC 1.3.3 rozumieme rotačné vstrekovacie čerpadlo s elektronicky riadeným vstrekovaním paliva dieselového motora. Číselné označenie 1.3.3 označuje

konkrétne prevedenie (verziu) tohto elektronického systému.

Systém BOSCH EDC 1.3.3 je plne elektronický systém vstrekovania paliva, ktorého funkcie riadi riadiaca jednotka. Potrebné vstupné informácie o prevádzkovom stave motora a o požiadavke vodiča získava riadiaca jednotka zo snímačov, ktoré sú umiestnené na motore a vo vnútri vozidla. Po spracovaní týchto vstupných informácií riadi riadiaca jednotka celý proces vstrekovania paliva pomocou akčných členov.

Základným prvkom systému je rotačné čerpadlo BOSCH s axiálnym výtlačným piestom. Toto čerpadlo sa od klasického rotačného čerpadla líši tým, že používa elektronický regulátor množstva paliva a elektronicky riadený presuvník vstreku.

Hlavnou výhodou elektronického regulátora oproti mechanickému je v tom, že odstraňuje nepresnosti, ktoré vznikajú behom dlhej doby prevádzky z dôvodu mechanického opotrebenia pohyblivých dielov alebo napríklad vplyvom nesprávneho nastavenia.

Snímače systému BOSCH EDC vyhodnocujú všetky dôležité hodnoty o prevádzkovom stave motora. Tieto vstupné informácie sú vo forme analógových elektronických signálov privedené do riadiacej jednotky. Prevedené digitálne signály sú spracované pre riadenie akčných členov.

Riadiaca jednotka získava informácie a stave jednotlivých prvkov z nasledujúcich snímačov:

- snímač otáčok kľukového hriadeľa,
- snímač hmotnosti nasávaného vzduchu,
- snímač plniaceho tlaku vzduchu,
- snímač atmosférického tlaku vzduchu,
- snímač polohy regulačnej objímky,
- snímač pohybu ihly,
- snímač polohy plynového pedálu,
- snímač brzdových svetiel,
- bezpečnostný brzdový snímač,
- snímač spojkového pedálu,
- snímač teploty chladiacej kvapaliny v motore,
- snímač teploty nasávaného (stlačeného) vzduchu,
- snímač teploty paliva,
- snímač rýchlosti paliva,
- svorka DF na alternátory.

Elektronická riadiaca jednotka spracuje údaje o prevádzkovom stave motora, ktoré dodajú jednotlivé snímače. Na základe predprogramovaných funkcií z nich vytvoria elektronické riadiace signály pre:

- reguláciu množstva vstrekaného paliva,
- riadenie množstva štartovacej dávky paliva,
- regulácie začiatku vstrelu.

Diagnostika – riadiaca jednotka systému BOSCH 1.3.3 umožňuje vlastnú diagnostiku všetkých snímačov a akčných členov. V pamäti porúch v riadiacej jednotke môže byť uložených až 5 rôznych porúch. Diagnostiku vykonávame testerom elektronických systémov BOSCH KTS 300 (príp. použijeme KTS 500 a FSA 560).

Testery KTS 300 umožňujú:

- identifikovať riadiacu jednotku,
- prečítanie obsahu pamäte porúch,
- vymazanie obsahu pamäte porúch,
- odmeranie skutočných hodnôt pri vypnutom a bežiacom motore,
- test akčných členov, základné nastavenia (BOSCH, R. 2004).

1.6 Diagnostika vstrekovacích systémov

Súčasnú modernú vozidlá majú množstvo riadiacich jednotiek, ktoré či už samostatne alebo v súčinnosti riadia nielen chod motora ale aj správanie sa mnohých ďalších elektronických a elektrických systémov vo vozidle, ktorých neustále pribúda. Z toho dôvodu je vo vozidle nainštalovaný aj celý rad prídavných elektrických a elektronických zariadení, ktoré musíme diagnostikovať rôznymi metódami a prístrojmi.

Podľa použitých prístrojov rozoznávame tieto diagnostiky:

- a) paralelná diagnostika (PIN diagnostika – meranie priebehu napätí jednotlivých snímačov alebo akčných členov)
- b) alternatívna diagnostika (diagnostika mechanických komponentov)
- c) sériová diagnostika (vnútorná – komunikácia s riadiacimi jednotkami vozidla)

Úlohou diagnostiky je rýchla a bezpečná identifikácia čo najmenších poškodených vymeniteľných jednotiek. Pritom sú informácie palubnej diagnostiky, externých skúšobných metód skúšobných prístrojov prepojené do vyhľadávania porúch.

1.6.1 Paralelná diagnostika

Pod pojmom paralelná diagnostika rozumieme konkrétne zisťovanie poruchy na danej súčiastke vo vozidle alebo menšom funkčnom celku.

Táto diagnostika umožňuje presné meranie priebehov napät'ových signálov jednotlivých snímačov a akčných členov automobilu digitálnym osciloskopom. Tento spôsob sa osvedčil ako veľmi účinný prostriedok na rýchle vyhľadávanie poruchy v elektronike vozidiel. Novinkou je meranie tlaku paliva osciloskopom pomocou tlakovej sondy.

Prístroje, ktoré sa používajú na paralelnú diagnostiku väčšinou teda pracujú ako osciloskopy. Merajú určitý signál a vyhovujú typu signálu (napr. lambda, impulz, batéria) a signalizujú ho obsluhu spolu s jeho parametrami na displeji alebo monitore. Mnohokrát displej zároveň zobrazuje povolené tolerančné polia.

Prístroje vyšších kvalít umožňujú doinštalovanie rôzneho softvéru pre ďalšie testy a iné doplnujúce funkcie prístroja.

Niektorými prístrojmi je možné zase kompletne nastavovanie elektronického vstrekovania paliva.

Tieto prístroje umožňujú:

- kontrolu správnej funkcie snímača teploty chladiacej zmesi,
- snímaciu činnosť snímača teploty chladiacej zmesi,
- kontrolu správnej funkcie snímača teploty nasávaného vzduchu,
- kontrolu správnej funkcie a nastavenia nastavovača škrtiacej klapky,
- kontrolu správnej funkcie spínača voľnobehu,
- kontrolu správnej funkcie hallového snímača v nastavovači škrtiacej klapky,
- kontrolu a nastavenie dorazových skrutiek vstrekovacej hlavy,
- kontrolu správnej funkcie potenciometra škrtiacej klapky (snímače uhlového nastavenia),
- simuláciu činnosti lambda sondy,
- simuláciu správnej funkcie spätnej regulácie ECU.

Ďalšími prístrojmi sú multifunkčné prístroje z tzv. kategórie High Technology (vrcholná technika) slúžiace na diagnostiku a lokalizáciu chýb v automobiloch.

1.6.2 Alternatívna diagnostika

Pod pojmom alternatívna diagnostika rozumieme diagnostiku mechanických komponentov a procesov elektronickou metódou.

Ide o túto diagnostiku:

- meranie tlaku palivovej sústavy, podtlaku v nasávacom potrubí, plniaceho tlaku motora (turbokompresor),
- meranie tlaku oleja,
- meranie tlaku výfukových plynov.

Dokonalá diagnostika tlakových pomerov v palivových systémoch moderných automobiloch predstavuje neodmysliteľnú súčasť servisných postupov, ktorá má rozhodujúci vplyv na kvalitu a efektivitu servisných prác. Optimálne prostriedky na vykonávanie tejto činnosti predstavujú sondy so zobrazovacou jednotkou.

1.6.3 Sériová diagnostika

Pod pojmom sériová diagnostika rozumieme vnútornú diagnostiku vozidla, ktorá je vykonávaná prístrojmi, ktoré sa pripájajú do štandardizovanej 16-pinovej diagnostickej zásuvky pre systém OBD II a EOBD. Prístroje na sériovú diagnostiku komunikujú s jednotlivými riadiacimi jednotkami vozidla a tie podávajú týmto prístrojom informácie o tom, ktorý funkčný celok alebo jeho časť je v poruche alebo vôbec nekomunikuje s danou riadiacou jednotkou.

Svetoví výrobcovia automobilov majú vlastné diagnostické prístroje na komunikáciu s riadiacimi jednotkami vozidiel (FREIWALD, A. 2005).

1.6.4 Diagnostika vstrekovačov

Na kontrolu diagnostickej tesnosti vstrekovačov je možné použiť skúšky, ako napr. je typ NC-50 (tlakomer s ručným čerpadlom). Pri kontrole celkovej netesnosti sa zisťuje rýchlosť poklesu tlaku, ktorý je do vstrekovača privedený zo skúšačky. Toleranciu udáva výrobca.

Pri skúške netesnosti ihly v sedle postupujeme tak, že pomaly zvyšujeme tlak, pričom nesmie byť okolo vstrekovacích otvorov ani stopa po úniku paliva až do tlaku o 1 MPa menšieho než je nastavený otvárací tlak (ŽARNOVSKÝ, J. et.al, 2009).

1.6.5 Údržba vstrekovacieho systému

Na vstrekovací systém sa nevťahujú žiadne mimoriadne predpisy na jeho údržbu a opravy. Vždy treba vychádzať z pokynov výrobcu a údržba je podobná ako pri

vstrekovaní benzínového motora, tak aj dieselového, pričom pozostáva z pravidelnej kontroly:

- vstrekovačov, vstrekovacieho tlaku, priepustnosť vstrekovačov paliva,
- po odpojení konektora vstrekovača je potrebné tento pripojiť na kontrolný vstrekovač, pretože by riadiaca jednotka zaznamenala poruchu na motore a motor by zastavila,
- tlakov vo valci motora, ktorú uskutočňujeme klasickým kompresiomermom,
- pravidelnej výmeny palivových čističov cca po 20 000 km.

Pokiaľ je vozidlo vybavené tzv. Crash-spínačom, treba pri poruchách, zvlášť po nehode skontrolovať, či je možné motor naštartovať. Vypínač, ktorý je umiestnený pod sedadlom vodiča, je ovládateľný. Pri kontrole vysokých tlakov v palivovom systéme sa držíme hodnôt stanovených výrobcom (FREIWALD, A. 2005).

1.7 Tribodiagnostika vstrekovacích systémov

Tribológia je veda a technológia o vzájomnom pôsobení povrchov pri ich relatívnom pohybe, a o práci s tým spojenej.

Tribotechnickú diagnostiku stručne môžeme popísať ako metódu bezdemontážnej technickej diagnostiky, ktorá využíva mazivo ako médium pre získanie informácií o menách v trecích uzloch. Jej poslaním je zistiť a vyhodnotiť výskyt cudzích látok v mazive a jeho zmenu z hľadiska kvantitatívneho a kvalitatívneho.

Tribotechnika – sa zaoberá komplexným, praktickými poznatkami tribológie v technike, a to:

- mazacími prostriedkami,
- mazacími zariadeniami,
- pracovnými postupmi mazania (ŽARNOVSKÝ, J. 2009).

Správnym použitím tribotechniky môžeme dosiahnuť:

- zníženie spotreby energie k pohonom strojov,
- zvýšenie životnosti strojov a zariadení,
- zníženie prestojov vzniknutých v dôsledku porúch a nasledujúcich opráv,
- zníženie nákladov na údržbu a opravy strojov,
- zvýšenie výrobných presností strojov,
- zníženie investičných nákladov,
- zníženie potrebných nákladov k zaisteniu vhodných mazív (VLK, F. 2003).

Tribodiagnostika - stav trecích plôch zariadení je možné zistiť z vlastností mazacej látky. Význam tribodiagnostiky je v tom, že pri vysokých hodnotách trenia dochádza k značným stratám na zariadení, výmena mazacej látky v pravidelných intervaloch je predpoklad k bezporuchovej prevádzky a spoľahlivosti chodu motora z hľadiska ekológie.

2 Cieľ práce

Požiadavky na ekológiu, nižšiu spotrebu paliva, malý obsah škodlivých látok v spalinách a tichší chod motora kladú vysoké nároky na motor a vstrekovaciu sústavu. Tieto požiadavky môžu plniť len vstrekovacie systémy, ktoré sú schopné zabezpečiť vysoký vstrekovací tlak, ktorý je potrebný pre jemné rozprášenie paliva, veľmi presné dávkovanie vstrekovanej množstva a presný priebeh vstrekovania.

Cieľom diplomovej práce je zhodnotiť poruchovosť vstrekočov dieselových motorov v prevádzke, analyzovať príčiny porúch z hľadiska konštrukcie a prevádzky a vytvoriť závery k ich odstráneniu prípadne minimalizácií.

3 METODIKA PRÁCE

3.1 Prieskum zisťovania poruchovosti vstrekovacích systémov dieselových motorov

Prieskum zisťovania poruchovosti vstrekovacích systémov budeme realizovať formou dotazníkov, ktorých obsah sme zložili na základe dlhodobých skúseností servisných pracovníkov.

Postupne sme oslovili niekoľko servisných stredísk predajcov automobilov ako aj súkromné opravárenské pracoviská špecializujúcich sa na opravy osobných automobilov ohľadom poškodených vstrekovacích systémov.

V servisných a opravárenských pracoviskách bolo vyhodnotených celkovo 55 vozidiel s poruchou vstrekovacích elementov.

Vzhľadom na špecifikáciu poruchy vstrekočavčov rôznych značiek opravovaných vozidiel sme vypracovali dotazník s jasne stanovenými otázkami:

1. Aké typy vozidiel s poruchou vstrekovacieho systému ste už opravovali?
2. Podľa Vás sú viac poruchové vozidlá používajúce palivo benzín alebo naftu?
3. Aký je rok výroby najčastejšie opravovaných vozidiel s poruchou vstrekovacieho systému?
4. Ako sa prejavila porucha vstrekovacieho systému?
5. Aká súčiastka v palivovej sústave sa poškodila?
6. Podľa Vás bolo možné poškodenú súčiastku opraviť alebo sa musela vymeniť?
7. Môžete popísať prevenciu voči vzniku porúch vstrekovacieho systému na vozidle?
8. Môžete priložiť fotodokumentáciu poškodenej súčiastky?

a) áno

b) nie

Získané výsledky z dotazníka je potrebné spracovať tabuľkovo a graficky vyhodnotiť percentuálne, ktorá značka vozidla z nášho prieskumu je najviac poruchová na vstrekovaciu sústavu.

3.2 Charakteristika vstrekočav

Všeobecne z technického hľadiska sú vstrekočav systému Common Rail zaujímavým konštrukčným prvkom vzhľadom na dosahované hodnoty niektorých prevádzkových a konštrukčných parametrov, ktoré ich robia pozoruhodnými technickými prvkami dieselového motora. V mojej diplomovej práci analyzujem poruchy vstrekočav získaných pre laboratórne účely zo servisných stredísk a opravovní rôznych typov vozidiel, ktoré vykazovali poruchu vstrekovania. Jednotlivé vstrekočav boli na základe protokolu o oprave charakterizované ako poruchové určené na likvidáciu.

Tab. 1 Parametre vstrekočav Common Rail (<http://www.agat.sk>)

Vstrekovacie tlaky	135 – 220 MPa	1 350 – 2 200 bar
Otváracie tlaky vstrekovacej dýzy	15 – 35 MPa	150 – 350 bar
Zdvih ihly vstrekovacej dýzy	30 – 250 µm	0,03 – 0,25 mm
Doba aktivácie vstrekočava	100 – 1 600 µs	0,000 1 – 0,001 6 s
Časové oneskorenie reakcie vstrekočava	80 – 260 µs	0,000 08 – 0,000 26 s
Výrobné tolerancie kľúčových dielov	0,5 – 4 µm	0,000 5 – 0,004 mm
Rýchlosť zdvihu ihly vstrekovacej dýzy	1 – 3 m/s	–
Počet vstrekov na jeden spaľovací cyklus	2 až 7 vstrekov	–
Dávkovanie paliva na jeden zdvih ihly	0,3 – 70 – 350 mm³/zdvih	–
Počet výstrekových otvorov dýzy	5 – 10 otvorov	–
Veľkosť výstrekových otvorov dýzy	98 – 400 µm	0,098 – 0,40 mm
Priemer rozstreknutých kvapiek paliva	9 – 30 µm	0,009 – 0,03 mm
Veľkosť aktivačného prúdu solenoidu	20 – 27 A	–
Veľkosť prdržiavaceho prúdu solenoidu	6 – 13 A	–
Napätie elektromagnetických vstrekočav	12 – 120 V	–
Napätie piezoelektrických vstrekočav	110 – 250 V	–

Vstrekovacie tlaky (135 - 220 MPa) – klasické mechanické vstrekočav v palivových systémoch s konvenčným radovým a neskôr rotačným rozdeľovacím vysokotlakovým čerpadlom, ako predchodcov systému Common Rail, pracovali s

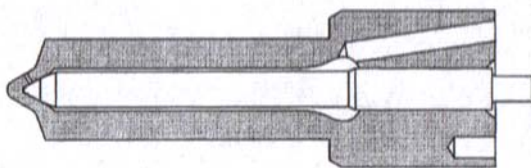
najvyššími vstrekovacími tlakmi 60 až 120 MPa (600 – 1200 bar). Palivová sústava moderného dieselového motora predstavuje hydraulický okruh s veľmi jemným ovládaním.

O extrémnosti dosahovaných tlakov v systéme Common Rail svedčí fakt, že kvapalina (nafta) sa stáva stlačiteľnou. Palivo sa tak správa ako veľmi „tvrdá“ pružina. Každých 100 MPa sa kompresibilita (stlačiteľnosť) paliva zväčší o cca 5%.

Samotný guľový alebo valcový zásobník (Common Rail) je z bezpečnostných dôvodov dimenzovaný na tlak až 700 MPa (7000 barov). Vzhľadom na konkurenčnosť prostredia a dosiahnutie omnoho vyšších výkonov sa pracovné tlaky vstrekočavcov zvýšili na 210 až 220 MPa. Tlaky až 250 MPa využíva systém BOSCH pod skratkou HADI (Hydraulically Amplified Diesel Injector), kde sa základný systémový tlak paliva 135 MPa zväčšuje až na 250 MPa v samotnom vstrekovači pomocou hydraulického piestového zosilovača. Podobne firma DELPHI vyhotovila systému HPCRS (High Pressure Common Rail System) pre stredné až ťažké aplikácie dieselových motorov so špičkovým systémovým tlakom až 300 MPa (3000 bar). Pre porovnanie v benzínových motoroch s priamym vstrekaním je palivo vstrekané tlakom 5 až 20 MPa (50- 200 barov).

Otváracie tlaky (15 - 35 MPa) – otváracie tlaky mechanických vstrekočavcov dieselových motorov osobných automobilov pohybovali na úrovni 12 – 20 MPa výnimočne 25 MPa. Avšak dôležitejšie než samotné zvýšenie hodnôt otváracieho tlaku je zmena jeho postavenia v systéme ovládajúcom pohyb ihly vstrekovacej dýzy Common Rail vstrekočavcov.

Zdvih ihly (30 - 250 μm) – u konvenčných mechanických vstrekočavcov s menším pracovným tlakom a s pomalou reakciou v porovnaní s Common Rail vstrekočavcami bolo potrebné pre vstreknutie rovnakého množstva paliva za rovnaký čas dosiahnuť väčším zdvihom ihly. Naopak, s narastajúcimi tlakmi paliva a s rýchlosťou reakcie ihly vstrekovacej dýzy vstrekočavča Common Rail je postačujúci pre vstreknutie rovnakého množstva paliva čoraz menší zdvih ihly.



Obr. 23 Tryska s otvormi do sedla

Doba aktivácie vstrekača (100 - 1600 μ s) – predstavujú čas počas ktorého elektromagnet vstrekača pôsobí na riadiaci servoventil vstrekača. O jeho dĺžke rozhoduje riadiaca jednotka motora na základe okamžitého prevádzkového zaťaženia motora a požiadaviek vodiča. Dĺžka spínacieho času, resp. impulzu a veľkosť vstrekovacieho tlaku paliva rozhoduje o vstreknutom množstve nafty nezávisle od otáčok a zaťaženia motora. Spínacie časy pod 200 μ s sú pri elektromagnetických vstrekačoch s nepriamym ovládaním také krátke, že k vstreku ani nedôjde, a to ani pri tlakoch 1600 barov. Príčinou je veľká zotrvačnosť mechanických dielov i samotného paliva znásobenej jeho zámerným škrtením niekoľkými zmenšenými otvormi v telese vstrekača s priemerom cca 0,2 – 0,45 mm. Tento problém minimalizujú piezoelektrické vstrekače s priamočinným ovládaním spoločností DELPHI a Continental (bývalý Siemens VDO) pracujúce so vstrekovacími tlakmi až 200 MPa (2000 barov) a bez nadmerného škrtenia paliva.

Časové oneskorenie (80 - 260 μ s) – ide o čas od okamihu začatia pôsobenia sily magnetického poľa elektromagnetu na servoventil vstrekača po jeho reálne uvedenie do pohybu. Ventil, resp. kotva v dôsledku vlastnej zotrvačnosti na pôsobenie sily nereaguje okamžite, ale s určitým časovým sklzom - oneskorením. U piezoelektrického vstrekača s nepriamym ovládaním zdvihu ihly časové oneskorenie predstavuje čas od privedenia napätia na kontakty piezobloku až po hydraulickú reakciu ihly vstrekovacej dýzy. Menšími hodnotami časového sklzu (pod 150 μ s) disponujú pritom iba piezoelektrické vstrekače.

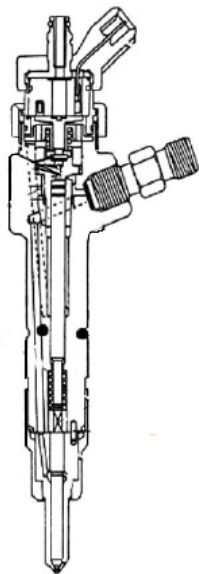
Výrobné tolerancie kľúčových dielov (0,5 - 4 μ m) – pri pohybujúcich sa dieloch vstrekača ako sú časti servoventilu a ihly vstrekovacej dýzy, je perfektná tesnosť zárukou opakovanej schopnosti veľmi presného dávkovania aj nepatrných objemov paliva. Aj vďaka tomu dokážu vstrekače pri pilotnom vstreku odmerať a vstreknúť dávku iba 0,3 mm³, čo je asi 7-krát menej než je objem špendlíkovej hlavičky. Vzhľadom na nemožnosť aplikovania tesnenia medzi pohybujúce sa kľúčové komponenty vstrekača pracujúcich v prostredí extrémnych tlakov paliva (135– 200 MPa), je jedinou možnosťou dosiahnutia takmer dokonalej tesnosti trecej dvojice ich mimoriadne presné rozmerové i geometrické opracovanie. Úniku kvapaliny (nafty) stlačenej na extrémnu hodnotu, má zabrániť vôľa medzi dvomi kovovými plochami veľkosti baktérií či kvasiniek, resp. asi 15-krát menšia ako je priemerná hrúbka ľudského vlasu.

Rýchlosť zdvihu ihly dýzy (1-3 m/s) – napriek zdanlivo malej rýchlosti pohybu ihly v porovnaní s ostatnými úctihodnými parametrami vstrekača, ide o postačujúcu

rýchlosť. Teoreticky už pri rýchlosti 1 m/s prekoná ihla vstrekovacej dýzy dráhu 0,25 mm za čas iba 250 μ s (0,000 25 s). Prakticky je však tento čas dlhší v dôsledku mechanickej a hydraulickej zotrvačnosti systému ovládania zdvihu ihly. Rýchlosť pohybu 3 m/s dosahujú ihly vstrekovacích dýz s piezoelektrickým priamočinným ovládaním. Nahradením mechanických dielov servoventilu či regulačného piestika stĺpcom stlačeného paliva v kombinácii s rýchlejšou reakciou piezoelektrického bloku, sa 3-násobne urýchlila hydraulická odozva ihly vstrekovacej dýzy (<http://www.agat.sk>).

3.3 Vstrekoč BOSCH 0445 110 002

Jedná sa o vstrekoč ovládaný elektromagnetickým ventilom, kde riadenie správneho priebehu vstrekovania a presného dávkovania zabezpečuje elektromagnetický impulz podporený hydraulickým systémom. Vstrekoč je konštrukčne prispôbený na modelovanie samotného priebehu vstrekovania, s možnosťou vytvorenia vstupného vstrekovania s proporcionálnou dávkou pri danom tlaku bez závislosti na rýchlosti otáčania motora.



a)



b)

Obr. 24 Znáozornenie vstrekoča rez (a), vstrekoč pre experimenty DP (b)

3.4 Analýza porúch vstrekočův v prevádzke

Vstrekočů sú navrhnuté tak, aby dodávali motoru vždy správne množstvo paliva nutné pre najrôznejšie prevádzkové podmienky. Chybný vstrekoč môže spôsobiť vstreknutie väčšieho množstva paliva, a teda nadmernú spotrebu.

Nasledujúce prejavy sú indikátorom nesprávneho fungovania vstrekočů:

- kolísanie otáčok motora (najmä vo voľnobehu),
- nedostatočný výkon (hlavne pri zrýchlení),
- vyššia spotreba paliva,
- vyššie emisie škodlivín,
- problémy pri štartovaní za studena,
- škody na katalyzátore.



a)

b)

Obr. 25 Sledovanie vstreku paliva (a) správna funkcia, (b) nesprávna funkcia vstrekočů

Vplyv poškodených vstrekočův pri prevádzke motora na:

- spúšťanie motora,
- poruchu voľnobehu,
- zvýšená hlučnosť,
- zvýšená spotreba.

3.4.1 Kontrola elektrickej časti vstrekočů

3.4.1.1 Kontrola vinutia cievky vstrekočů prístrojom BOSCH

BOSCH FSA 740 obsahuje všetky potrebné komponenty sústredené do elegantného prístrojového vozíka. Súčasťou zariadenia je počítač s parametrami vyladenými pre

optimálny chod všetkých používaných programov a pripojených periférií ako tlačiareň, myš, klávesnica, diaľkové ovládanie. S modulom KTS 530/570 je schopná komunikácie s riadiacimi jednotkami, analyzátorom výfukových plynov zážihových motorov a opacimetrom pre meranie dymivosti dieselových motorov.

Hlavné vlastnosti modulu motortesteru FSA 740:

- generátor signálov: umožňuje efektívne a bez demontáže zistiť poruchu snímačov, prírodných káblov, konektorov alebo poruchu riadiacej jednotky,
- diagnostika komponentov: efektívne diagnostikuje 40 typov elektrických a elektronických komponentov s rozsiahlou softwarovou podporou a automatickou reguláciou testovaného komponentu,
- motortester: využíva širokú výbavu snímačov a vyznačuje sa nielen klasickými funkciami motortesteru, ale aj testovacou zbernicou CAN,
- vysoko výkonný univerzálny 2-kanálový pamäťový osciloskop: s mimoriadnou rýchlosťou (snímkovacia frekvencia až 50 MHz) a bezkonkurenčnými schopnosťami zobrazenia, ukladania do pamäti a presným vyhodnotením priebehu signálov,
- funkcie databanky: umožňujúca ukladanie a rýchle vyvolanie nameraných hodnôt a signálov,
- praktický držiak pre 10 snímačov: pre efektívnu prácu bez neustálej výmeny snímačov,
- možnosť pripojenia sa do počítačovej siete AWN.

Tab. 2 Technické parametre BOSCH FSA 740

Rozmery (v x š x h)	1785 x 680 x 670 mm
Hmotnosť	89 kg
Napájanie	90 - 264V / 47 - 63 Hz
Prevádzková teplota	5 až 40° C

Postup merania s využitím BOSCH zariadenia:

- diagnostika RJ,
- tlačidlo F5,
- nastaviť meranie "odporu" R
- nastaviť rozsah – AUTO.

3.4.1.2 Kontrola vinutia cievky vstrekoča analyzátorom TAISCO

Digitálny multimeter s ručným prepínaním rozsahov. S možnosťou merania jednosmerného napätia 200mV/2V/20V/200V \pm 5%, merania jednosmerného prúdu max 15A, merania odporu 200 Ω /2K Ω /20K Ω /200K Ω Ohm \pm 0.8%. Je vybavený zvukovou signalizáciou merania skratu, testu diód, ďalej meraním RPM, meraním uhlov predstihu a meraním teplôt $^{\circ}$ C, F.

Postup merania s využitím Analyzátoru TAISCO:

- napojiť na ihlové kontakty analyzátoru
- zvoliť režim zisťovania odporu cievky „R“
- odčítať hodnotu z displeja prístroja,
- porovnať s predchádzajúcimi hodnotami zistenými na prístroji BOSCH.



Obr. 26 Bosch FSA 740



Obr. 27 Analyzátor TAISCO

3.4.1.3 Kontrola funkčnosti cievky vstrekoča v laboratórnych podmienkach

Pri kontrole funkčnosti cievky vybraných vstrekočov dieselových motorov využijeme riadiaci modul zariadenia používaného pri kontrole rovnomernosti dávky vstrekočov benzínových motorov vyvinutého v laboratóriách technickej diagnostiky Katedry kvality a strojárskych technológií.

Zariadenie je potrebné zaradiť do elektrického obvodu ovládania samotného vstrekovača a napojiť na zdroj elektrického prúdu. Následne je potrebné tlačidlom riadiaceho modulu označeného ako „DÝZA“ ovládať otváranie a zatváranie cievky elektromagnetického ventilu a akusticky určiť funkčnosť vstrekovača ako celku.



Obr. 28 Riadiaci modul kontroly vstrekovačov

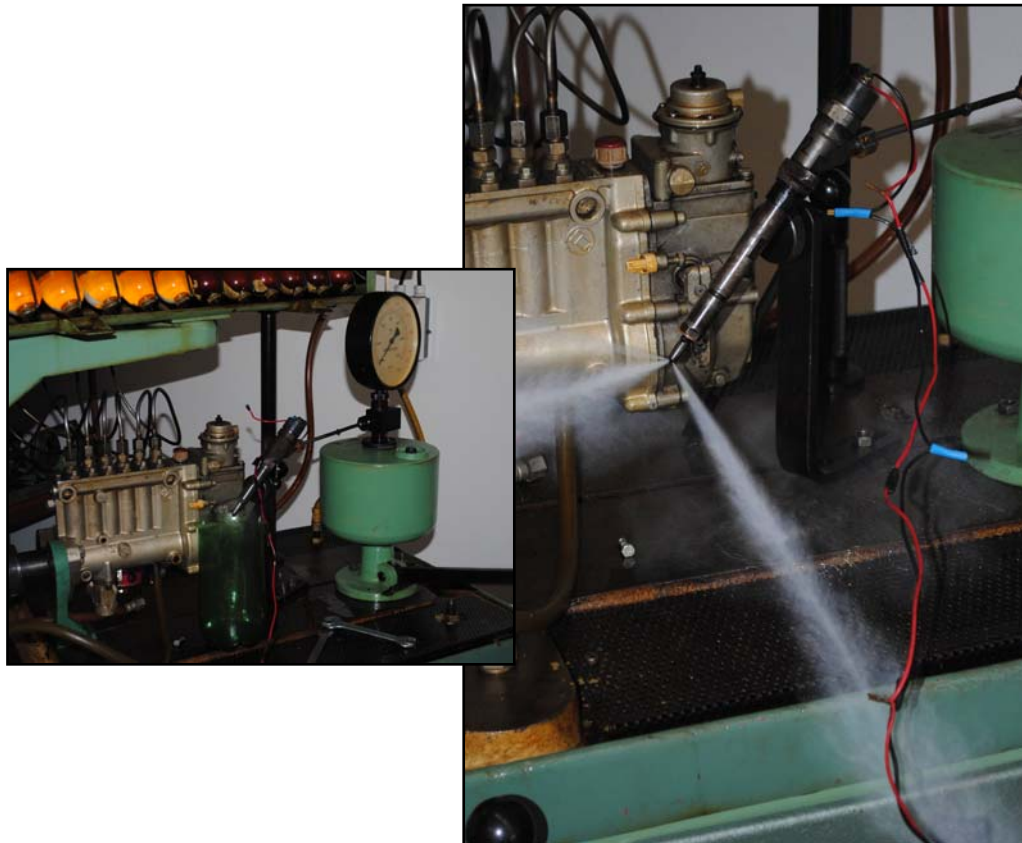
Pri zisťovaní funkčnosti vstrekovača je potrebné sledovať aj úbytok napätia na cievke vstrekovača a porovnať s hodnotami plne funkčného vstrekovača. Namerané výsledky je potrebné pre lepšie znázornenie spracovať graficky.

3.4.2 *Kontrola mechanických častí vstrekovačov*

3.4.2.1 **Kontrola vstrekovačov na skúšačke vstrekovačov**

Kontrolu mechanických častí vstrekovačov je potrebné uskutočniť po dôkladnom vyčistení vstrekovačov a vizuálnej kontrole jednotlivých častí vstrekovača. Ďalej je potrebné vstrekovače napojiť do obvodu ručného generátora tlaku NC 50 určeného na kontrolu vstrekovačov (obr. 29a) a napojiť elektrickú sústavu ovládania vstrekovačov, ktorá bola použitá v predchádzajúcej časti pri kontrole funkčnosti vstrekovačov. Pri kontrole vstrekovačov a samotnej skúške je potrebné palivový obvod skúšačky vstrekovačov NC 50 natlakovať na hodnotu 400 Bar, čo je postačujúca hodnota k zisteniu správnej funkcií vstrekovača.

Po uvedení vstrekovača do činnosti je potrebné vizuálne skontrolovať funkčnosť vstrekovača a priebeh rozprášeného paliva (obr. 29b), ktorý porovnáme s priebehom vstreknutého paliva plne funkčného vstrekovača.



a)

b)

Obr. 29 Kontrola vstrekovačov na skúšačke vstrekovačov: (a) zapojenie vstrekovača, (b) priebeh skúšky funkčnosti.

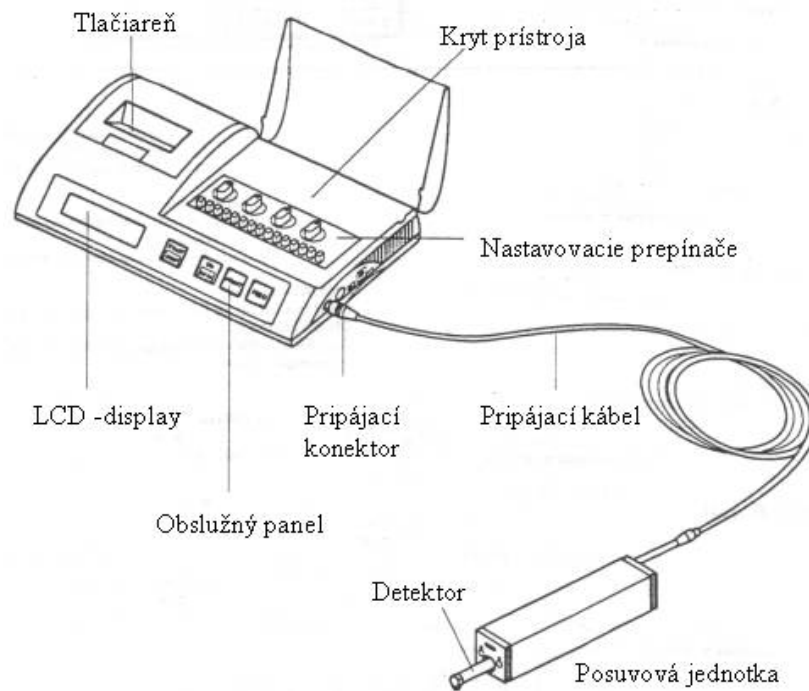
3.4.2.2 Kontrola kvality povrchu častí vstrekovacieho telieska a vstrekovacej ihly

Jednou zo základných veličín charakterizujúcich kvality povrchu je drsnosť. Drsnosť povrchu predstavuje odchýlky skutočnej plochy od plochy menovitej v oblasti mikrogeometrie povrchu. Posudzuje sa oblasť povrchov, a to v smere pohybu nástroja alebo v smere kolmom na tento pohyb. Pri väčšine obrábacích technológií je priečna drsnosť väčšia ako pozdĺžna, a preto sa berie za základ hodnotenia (BERNÁT, R. 2008).

Vybrané časti povrchu vstrekovacieho telieska a ihly vstrekovača budú overované na drsnosť povrchu prístrojom Surf test 301 od firmy Mitutoyo Kawasaki (obr. 30). Z nameraných hodnôt budú vyhodnotené parametre charakterizujúce kvalitu opracovania ako:

Ra – stredná aritmetická odchýlka, μm

Rz – výška nerovnosti profilu z desiatich bodov, μm (Mitutoyo, 1994)



Obr. 30 Popis prístroja SURFTEST 301 (Mitutoyo, 1994)

Na začiatku zisťovania drsnosti povrchu vstrekovacích častí je potrebné zariadenie SURFTEST 301 prekontrolovať podľa etalónu s hodnotou strednej drsnosti $R_a = 2,95 \mu\text{m}$

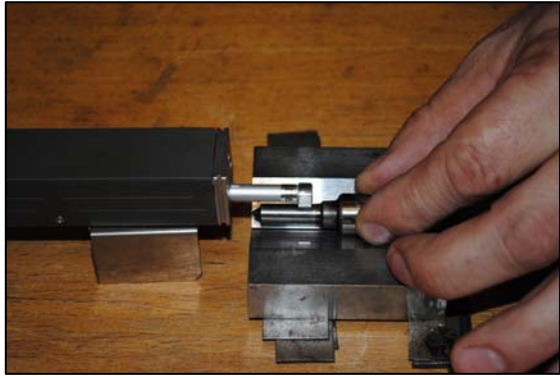
Pri kontrole kvality povrchu častí vstrekovačov určených na laboratórne skúšky je potrebné skontrolovať kvalitu povrchu funkčných dvojíc. V práci je potrebné sa zamerať na kvalitu povrchu vedenia ihly trysky, a jej drieku vzhľadom na neustály funkčný kontakt s tryskou a agresívnym prostredím paliva.



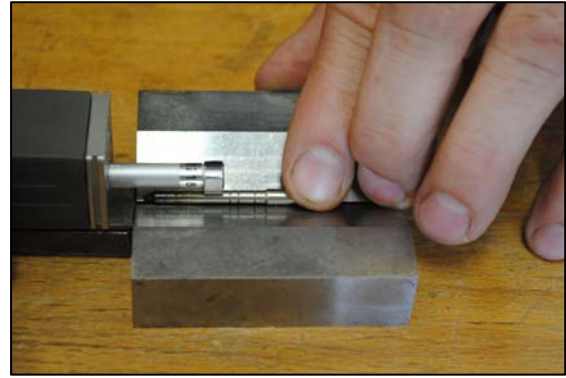
Obr. 31 Etalón Surftestu 301



Obr. 32 Detail kalibrácie prístroja



Obr. 33 Meranie drsnosti na drieku telesa trysky vstrekovala



Obr. 34 Meranie drsnosti ihly vstrekovala

4 VÝSLEDKY PRÁCE

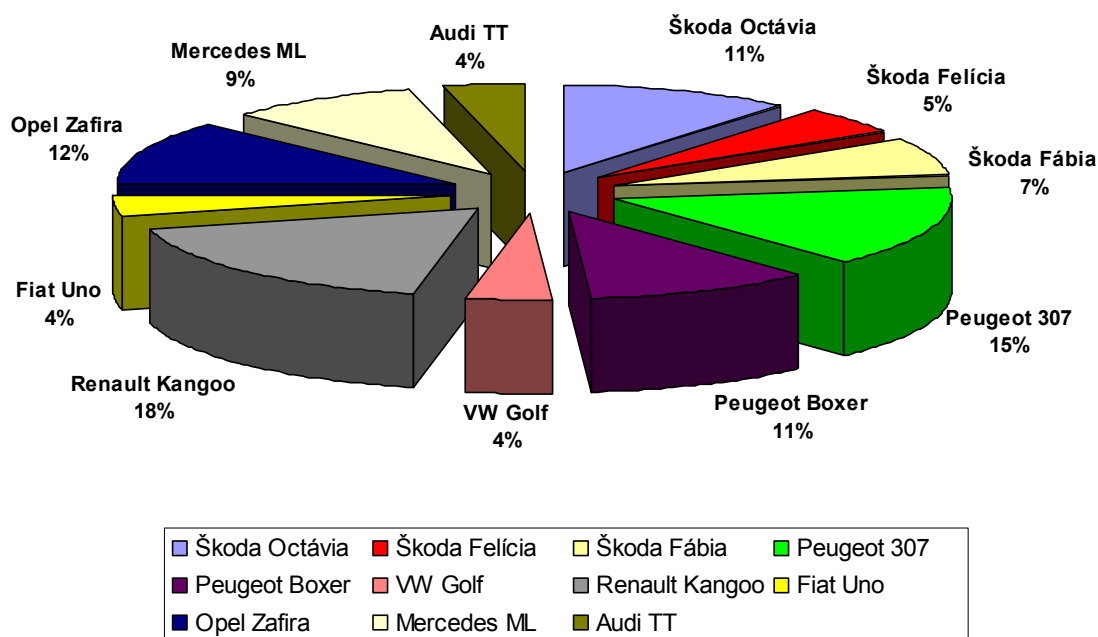
4.1 Vyhodnotenie dotazníka porúch vstrekačov

Na základe vytvoreného dotazníka som spracoval jednotlivé body tabuľkovo a vyhodnotil percentuálne poškodenie vstrekačov podľa značky vozidla, podľa druhu paliva a pod.

Otázka č. 1 Aké typy vozidiel s poruchou vstrekovacieho systému ste už opravovali?

Tab. 3 Značka poškodeného vozidla

Servis spolu	Škoda Octávia	Škoda Felícia	Škoda Fábria	Peugeot 307	Peugeot Boxer	VW Golf	Renault Kangoo	Fiat Uno	Opel Zafira	Mercedes ML	Audi TT
55	6	3	4	8	6	2	10	2	7	5	2

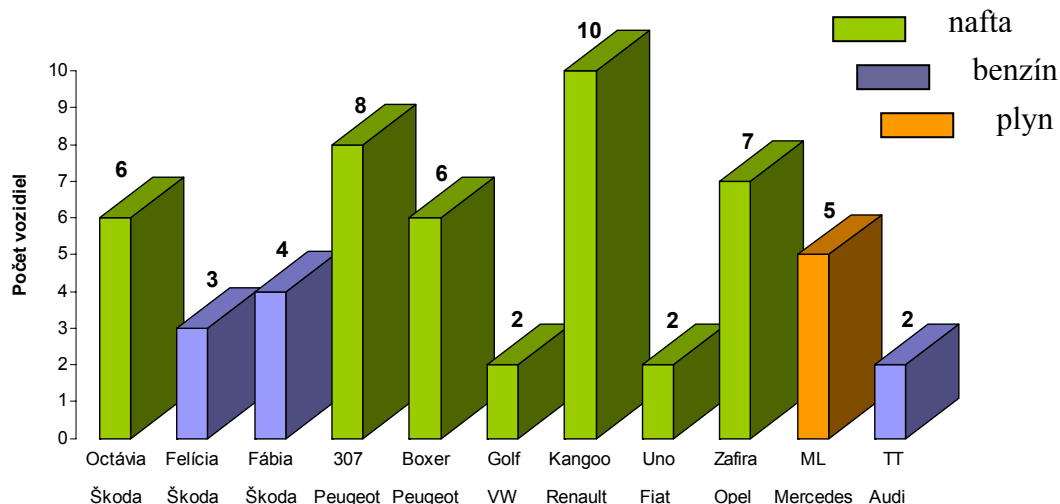


Obr. 35 Prehľad vozidiel s poškodenými vstrekačmi v % za sledované obdobie

Otázka č. 2 Podľa Vás sú viac poruchové vozidlá používajúce palivo benzín alebo naftu?

Tab. 4 Palivo vozidla: Benzín / Nafta (B / N)

Servis spolu	Škoda Octávia	Škoda Felícia	Škoda Fábria	Peugeot 307	Peugeot Boxer	VW Golf	Renault Kangoo	Fiat Uno	Opel Zafira	Mercedes ML	Audi TT
55	6	3	4	8	6	2	10	2	7	5	2
B / N	N	B	B	N	N	N	N	N	N	B - plyn	B



Obr. 36 Palivo poškodených vozidiel

Zo skúmanej vzorky 55 vozidiel bolo poškodených:

- 41 vozidiel s naftovým motorom,
- 9 vozidiel s benzínovým motorom,
- 5 vozidiel s pohonom benzín – plyn.

Otázka č. 3 Aký je rok výroby najčastejšie opravovaných vozidiel s poruchou vstrekovacieho systému?

Tab. 5 Rok výroby vozidla

Servis spolu	Škoda Octávia	Škoda Felícia	Škoda Fábia	Peugeot 307	Peugeot Boxer	VW Golf	Renault Kangoo	Fiat Uno	Opel Zafira	Mercedes ML	Audi TT
55	6	3	4	8	6	2	10	2	7	5	2
R.výr.	2000	2000	2005	2000-02	2005	2007	2005	1989	2001	2003	2003

Otázka č. 4 Ako sa prejavila porucha vstrekovacieho systému?

Tab. 6 Porucha vstrekovacieho systému

Typ vozidla	Poškodená súčiastka	Servis celkovo 55x vozidiel
Š-Octávia	upchatý plavákový systém + palivové čerpadlo	
Š-Felícia	vstrekovacie čerpadlo	
Š-Fábia	podpálené ventily-lambda sonda, EGER ventil	
Peugeot 307	vstrekovače + vysokotlakové čerpadlo.	
Peugeot Boxer	vstrekovače + vysokotlakové čerpadlo.	
VW-Golf	trysky + vysokotlakové čerpadlo	
Renault Kangoo	EGER - ventil	
Fiat Uno	palivové čerpadlo	
Opel Zafira	palivové čerpadlo	
Mercedes ML	palivové čerpadlo	
Audi TT	palivové čerpadlo	

Otázka č. 5 Aká súčiastka v palivovej sústave sa poškodila? (tab. 7)

Otázka č. 6 Podľa Vás bolo možné poškodenú súčiastku opraviť alebo sa musela vymeniť? (tab.7)

Tab. 7 Oprava / výmena poškodenej súčiastky

Typ vozidla	Poškodená súčiastka	Oprava / výmena	foto
Š-Octávia	upchatý plavákový systém + palivové čerpadlo	oprava 3x výmena 3x	nie
Š-Felícia	vstrekovacie čerpadlo	výmena 3x	nie
Š-Fábia	podpálené ventily-lambda sonda, EGER ventil	výmena 4x	nie
Peugeot 307	vstrekovače + vysokotl.čerpadlo.	výmena 8x	áno
Peugeot Boxer	vstrekovače + vysokotl.čerpadlo.	výmena 6x	nie
VW-Golf	trysky + vysokotl.čerpadlo	výmena 2x	nie
Renault Kangoo	EGER - ventil	oprava 3x výmena 7x	nie
Fiat Uno	palivové čerpadlo	výmena 2x	nie
Opel Zafira	palivové čerpadlo	výmena 7x	nie
Mercedes ML	palivové čerpadlo	výmena 5x	nie
Audi TT	palivové čerpadlo	výmena 2x	nie

Otázka č. 7 Môžete popísať prevenciu voči vzniku porúch vstrekovacieho systému na vozidle?

Otázka č. 8 Môžete priložiť fotodokumentáciu poškodenej súčiastky? (tab.7)

Prevencia voči vzniku porúch častí palivovej sústavy

a) Poškodenie súčiastky: trysky, vysokotlakové čerpadlo

Prejav poruchy:

- vozidlo zhasínalo pri štartovaní motora, trhanie motorom počas jazdy

Prevencia voči vzniku poruchy tohto typu:

- tankovanie kvalitnej nafty, nezamieňať druh paliva.

b) Poškodenie súčiastky: zadreté vysokotlakové čerpadlo, zadreté všetky vstrekovače

Prejav poruchy:

- znížený výkon motora, svietila kontrolka motora - emisií, náhradný režim motora, požila sa nekvalitná nafta (bola suchá – nemazala)

Prevencia voči vzniku poruchy tohto typu:

- pridávanie aditív do paliva.

c) Poškodenie súčiastky: vysokotlakového čerpadlo, poškodené vstrekovacie trysky

Prejav poruchy:

- znížený výkon motora, svietila kontrolka motora, náhradný režim motora, palivový filter nebol pravidelne menený

Prevenca voči vzniku poruchy tohto typu:

- pravidelne dodržať výmenu palivového filtra

d) Poškodenie súčiastky: poškodený EGER ventil

Prejav poruchy:

- znížený výkon motora, svietila kontrolka motora - emisií, náhradný režim motora, použila sa nekvalitná nafta

Prevenca voči vzniku poruchy tohto typu:

- preventívne vyčistenie príp. výmena, prečistenie palivovej sústavy, výmena palivového filtra, vyčistenie nádrže, prefúkание a prepláchnutie palivového systému, pridávanie aditív do paliva.

e) Poškodenie súčiastky: nefunkčné dopravné čerpadlo paliva v nádrži

Prejav poruchy:

- znížený výkon motora, svietila kontrolka motor - emisií

Prevenca voči vzniku poruchy tohto typu:

- výmena dopravného čerpadla.

f) Poškodenie súčiastky: upchatý plavákový systém

Prejav poruchy:

znížený výkon motora

Prevenca voči vzniku porúch tohto typu:

- rozobratie a výplach plavákového systému.

g) Poškodenie súčiastky: podpálené ventily, následne zlé spaľovanie, diagnostika vykazovala chybu Lambda sondy a EGER ventilu, boli poškodené sacie aj výfukové ventily motora

Prejav poruchy:

- znížený výkon motora, svietila kontrolka motora - emisií

Prevenca voči vzniku porúch tohto typu:

- tankovanie kvalitnej nafty, nezamieňať druh paliva, pridávanie aditív do paliva

h) Poškodenie súčiastky: palivové čerpadlo (spaliny sa dostali do vstrekovacích trysiek, čerpadlo nedávalo dostatočný tlak)

Prejav poruchy:

- znížený výkon motora, svietila kontrolka motora – emisii, náhradný režim motor

Prevenca voči vzniku porúch tohto typu:

- len výmena vstrekovacieho čerpadla.

ch) Poškodenie súčiastky: poškodené palivové čerpadlo v nádrži

Prejav poruchy:

- znížený výkon motora, náhradný režim motora

Prevenca voči vzniku porúch tohto typu:

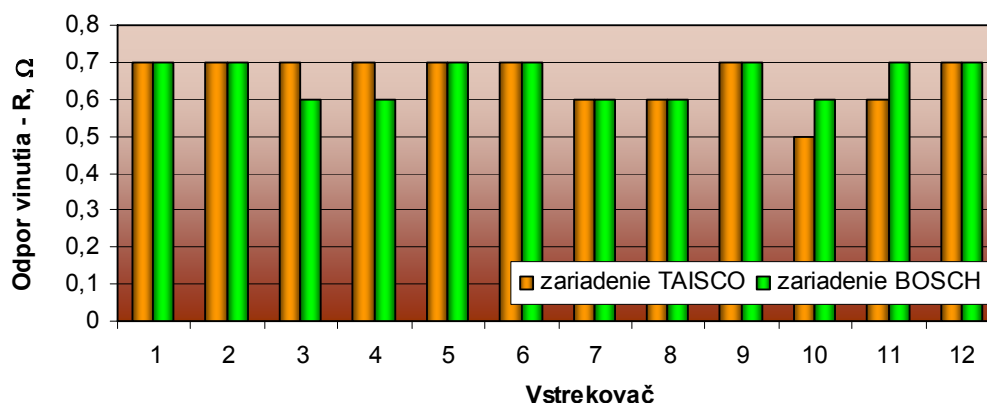
- štartovať na benzín a potom jazdiť na plyn

4.2 Analýza porúch vybraných vstrekočův

4.2.1 Kontrola vinutia cievky

Tab. 8 Zistené hodnoty pri kontrole vstrekočův

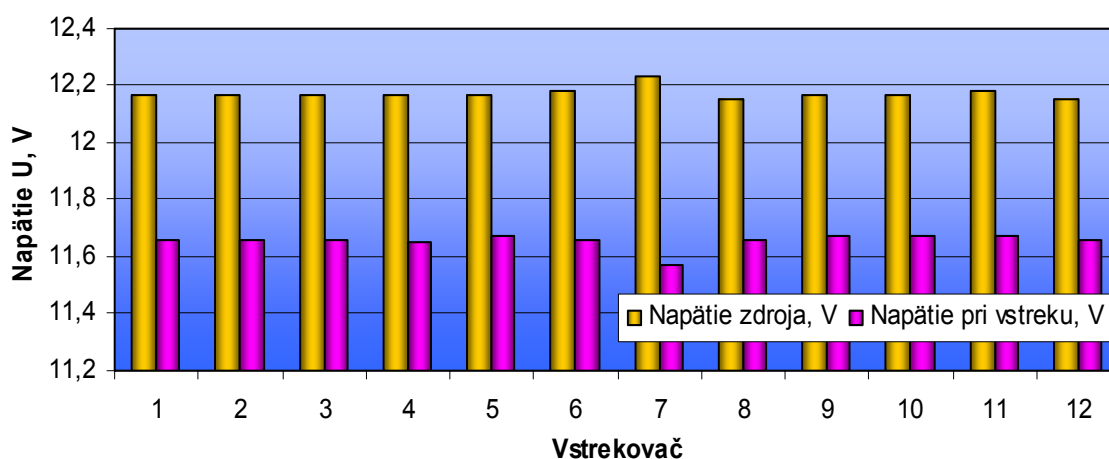
Vstrekočů číslo	Odpor vinutia cievky – TAISCO, Ω	Odpor vinutia cievky – BOSCH, Ω	Napätie zdroja pred vstrekom, V	Napätie zdroja pri vstreku, V	Pokles napätia pri vstreku, V	Akustická skůška funkčnosti	Možnosti dodávky paliva pri vstreku
1	0,7	0,7	12,17	11,66	0,51	nie	palivo do prepadu
2	0,7	0,7	12,17	11,66	0,51	ano	palivo do prepadu
3	0,7	0,6	12,17	11,66	0,51	ano	palivo do prepadu
4	0,7	0,6	12,17	11,65	0,52	ano	palivo do prepadu
5	0,7	0,7	12,17	11,67	0,5	ano	funkčnů
6	0,7	0,7	12,18	11,66	0,52	ano	funkčnů
7	0,6	0,6	12,23	11,57	0,66	ano	funkčnů
8	0,6	0,6	12,15	11,66	0,49	ano	funkčnů
9	0,7	0,7	12,17	11,67	0,5	ano	funkčnů
10	0,5	0,6	12,17	11,67	0,5	ano	nefunkčnů
11	0,6	0,7	12,18	11,67	0,51	ano	funkčnů
12	0,7	0,7	12,15	11,66	0,49	ano	funkčnů



Obr. 37 Kontrola vinutia vstrekovača prostredníctvom odporu

Kontrolu vinutia cievky vstrekovača sme uskutočnili dvomi spôsobmi a to digitálnym multimetrom TAISCO a prístrojom BOSCH pre eliminovanie chýb meradla prípadne procesu merania. Na vybraných vstrekovačoch sme v 8-mich prípadoch zistili totožné hodnoty odporu vinutia a v 4-och prípadoch pri vstrekovači č.3, č.4, č.10 a č.11 sme zistili minimálne rozdiely, ktoré mohli byť dôsledkom napojenia kontaktov meracieho prístroja na svorky vstrekovača, prípadne poškodením vinutia cievky vstrekovača.

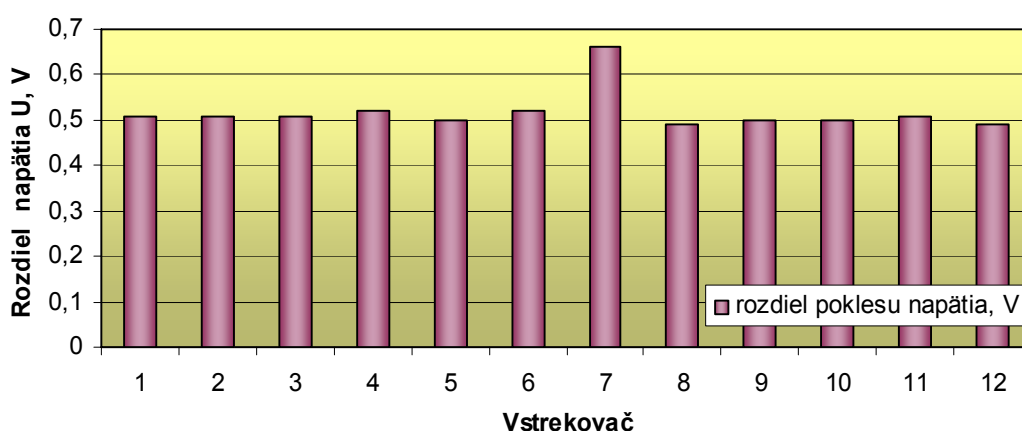
Hodnoty odporu v 6-tich prípadoch sa zhodujú s hodnotami nového vstrekovača a vykazujú plne funkčnú elektrickú časť vstrekovača. Pri vstrekovači č.7 a č. 8 sme zistili menšie hodnoty odporu cievky v oboch prípadoch, čo môže byť dôsledkom samotnej výroby.



Obr. 38 Vyhodnotenie priebehu napätí pri skúške vinutia vstrekovačov

Pri skúške funkčnosti vstrekočavčov na skúšajúcom zariadení sme súčasne sledovali priebeh napätia na vstrekočavči. Jednotlivé hodnoty sme znázornili graficky (obr. 38) a vyhodnotili sme úbytky napätí na jednotlivých vstrekočavčoch. Veľkosť počiatočného stavu napätia sa priebežne menil v závislosti od samotných skúšok ich opakovanosti a odstupu medzi nimi. Veľkosť napätia počas vstreku bola závislá na funkčnosti vstrekočavča (jeho funkčných častí) a presnej hodnote tlaku paliva v palivovom systéme.

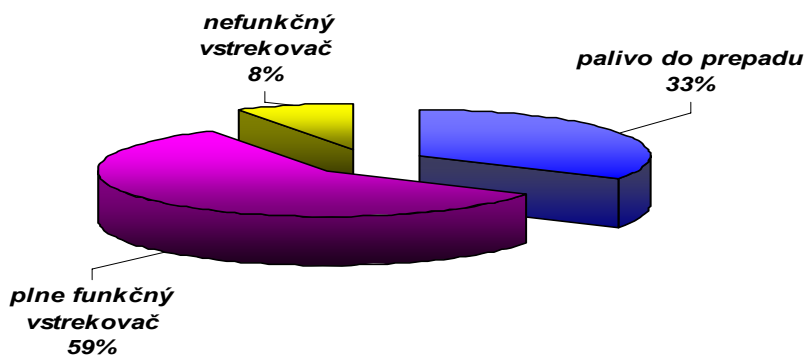
Najmenší úbytok napätia bol zaznamenaný pri vstrekočavči č.8 a č.12 kde úbytok napätia dosiahol hodnotu 0,49 V. Najväčší úbytok napätia bol pri vstrekočavči č.7, kde hodnota úbytku napätia pri vstreku bola 0,66V (obr.39).



Obr. 39 Znáozornenie rozdielu napätia pri skúške vinutia vstrekočavčov

4.2.2 Kontrola vstrekočavčov na skúšačke vstrekočavčov

Kontrolu funkčnosti vstrekočavčov sme riešili prostredníctvom ručného generátora tlaku NC 50 pri tlaku 400 Barov. Po odskúšaní všetkých vstrekočavčov určených na laboratórnu analýzu poruchy sme zistili, že 8% z celkového počtu sa javí ako nefunkčných, tj. nereagovali pri natlakovanej sústave na ovládanie vstrekočavča. Pri 33% vstrekočavčoch sme zistili, že časť paliva sa dostala do spaľovacieho priestoru a značná časť paliva prechádzala do prepadu. Dôsledok takejto zníženej dodávky paliva spôsobuje znížený výkon motora a problémy pri štartovaní vozidla (obr. 40). Zvyšné vstrekočavče, tj. 59% zo sledovaných sa po vyčistení a kontrole správali ako plne funkčné.



Obr. 40 Výsledok funkčnosti sledovaných vstrekovačov

4.2.3 Kontrola kvality povrchu ihly vstrekovača

Kvalita povrchu funkčných dvojíc súčiastok zohráva dôležitú úlohu pri plnení správnej funkcie zariadenia, prípadne jeho prevádzkyschopnosti. V mojej práci som sa na základe protokolov o poruche a záveroch servisných stredísk o používaní nekvalitného paliva zamerlal aj na povrch takejto funkčnej dvojice pri vstrekovaní paliva priamo do spaľovacieho priestoru. Vyhodnocoval som funkčné časti ihly vstrekovača v mieste vodiacej časti (Plocha A – obr. 41) a v mieste samotného pôsobenia agresivity paliva (plocha B – obr. 41). Jednotlivé informácie o drsnosti sú zaznamenané v tabuľkách a hodnoty drsností sú znázornené na obrázkoch č. 42 až č.45.



Obr. 41 Znážornenie plôch ihly vstrekovača

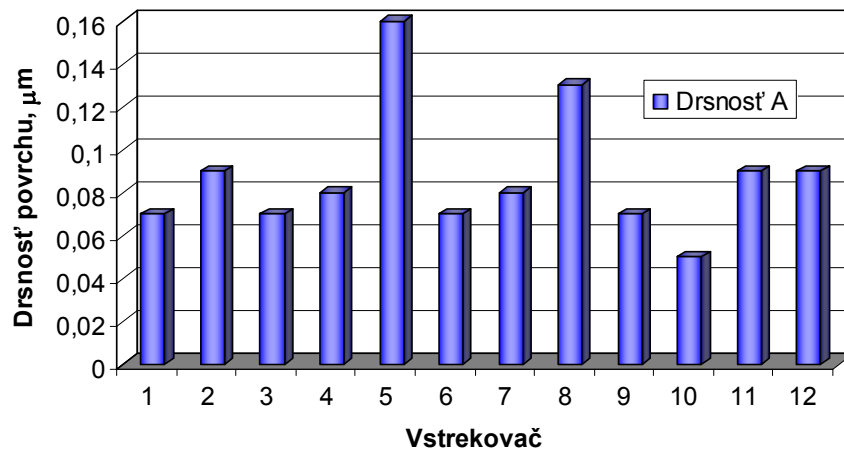
Tab. 9 Hodnoty drsností Ra – ihla vstrekovača

Meranie drsnosti Ra na vybratej vzorke ihly vstrekovača												
Vzorka číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Drsnosť A	0,07	0,09	0,07	0,08	0,16	0,07	0,08	0,13	0,07	0,05	0,09	0,09
Drsnosť B	0,47	0,07	0,21	0,15	0,16	0,17	0,08	0,41	0,08	0,14	0,17	0,07

Tab. 10 Hodnoty drsností Rz – ihla vstrekočača

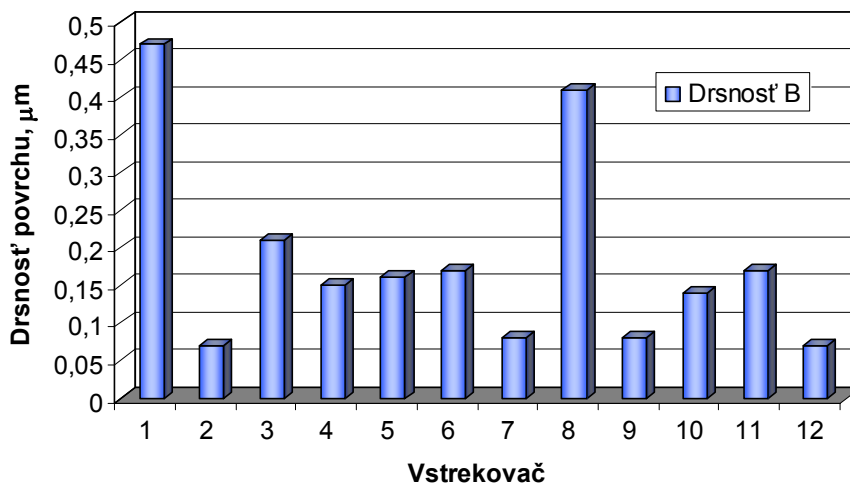
Meranie drsnosti Ra na vybratej vzorke ihly vstrekočača												
Vzorka číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Drsnosť A	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4
Drsnosť B	1,2	0,3	0,8	0,5	0,5	0,7	0,3	1,9	0,3	0,4	0,5	0,3

Drsnosť povrchu ihly vstrekočača Ra - časť A



Obr. 42 Vyhodnotenie kvality ihly vstrekočača prostredníctvom Ra na ploche „A“

Drsnosť povrchu ihly vstrekočača Ra - časť B

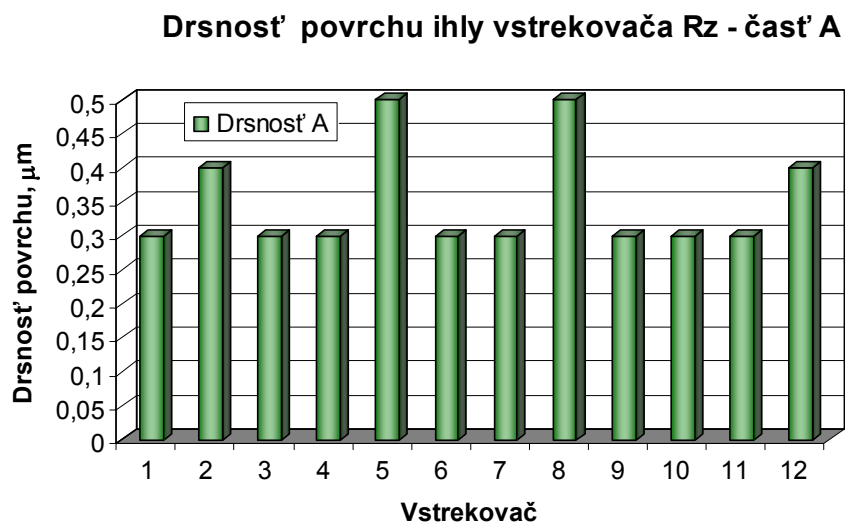


Obr. 43 Vyhodnotenie kvality ihly vstrekočača prostredníctvom Ra na ploche „B“

Z výsledkov strednej aritmetickej hodnoty drsnosti Ra (μm) možno konštatovať, že v 10-tich prípadoch drsnosti vodiacej plochy ihly trysky sa drsnosť pohybuje pri strednej hodnote $Ra = 0,087 \mu\text{m}$, ktorú možno považovať aj ako hodnotu drsnosti nového

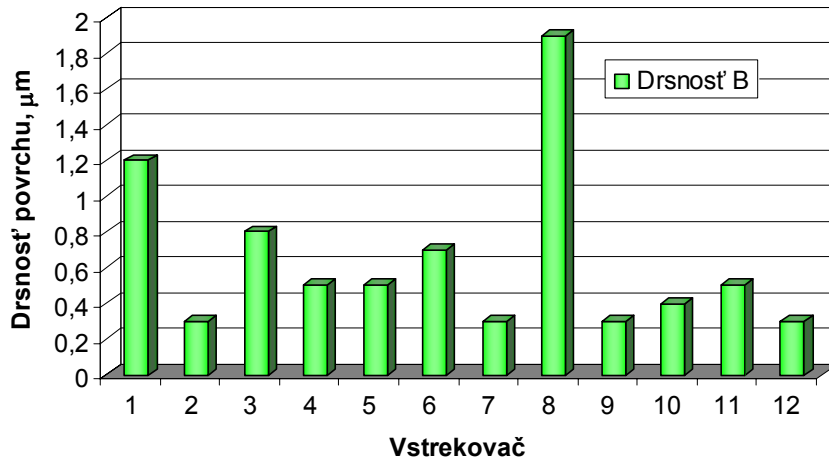
vstrekovača. Pri vstrekovači č.5 a č.8 sa drsnosť vodiacej časti ihly (plocha A – obr. 41) pohybovala v extrémnych hodnotách, ktoré možno považovať za chybu merania, prípadne pri vstrekovači č.8 možno túto hodnotu vyhodnotiť ako výrobnú chybu opracovania čo dokazuje aj zvýšená hodnota drsnosti ihly trysky (plocha B) toho istého vstrekovača. Hodnota strednej aritmetickej drsnosti ihly trysky R_a dosiahla hodnotu $0,181 \mu\text{m}$ a je výrazne väčšia ako drsnosť vodiacej časti. Zväčšenie drsnosti telesa ihly môže spôsobovať voľne obtekajúce palivo, ktoré má výrazne agresívne účinky.

Pri hodnotení výšky nerovnosti profilu z desiatich bodov R_z (μm) možno konštatovať zhoršenú drsnosť povrchu ihly trysky č.5 a č.8, čo dokazuje predchádzajúcu teóriu výrobných chýb jednotlivých vstrekovačov. Stredná hodnota R_z vodiacej časti ihly trysky (plocha A) dosahuje hodnotu $0,35 \mu\text{m}$ (obr. 44) pričom stredná hodnota R_z drieku ihly dosahuje hodnotu $0,64 \mu\text{m}$ (obr. 45), čo môže byť dôsledkom agresivity paliva počas prevádzky.



Obr. 44 Vyhodnotenie kvality ihly vstrekovača prostredníctvom R_z na ploche „A“

Drsnosť povrchu ihly vstrekočača Rz - časť B



Obr. 45 Vyhodnotenie kvality ihly vstrekočača prostredníctvom Rz na ploche „B“

5 NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV A DISKUSIA

Dieselové vstrekovacie systémy v súčasnosti výrazne prispievajú k znižovaniu spotreby paliva a znižovaniu emisií. Rapídne rastúci vývoj vstrekovacích systémov smeruje k tomu, aby dieselové motory spĺňali ešte prísnejšie budúce emisné predpisy. K celému procesu šetrenia životného prostredia napomáha používanie čoraz kvalitnejších a rýchlejších elektromagnetických vstrekovačov prostredníctvom ktorých, systém vstrekovania otvára nové možnosti pre viacvalcové motory. Dokonalá konštrukcia nových elektromagnetických vstrekovačov je zastúpená ventilom pre vyrovnávanie tlaku, ktorý umožňuje viac samostatných vstrekov behom kratšieho časového intervalu. Ďalej funkcia predvstrekú znižuje hlučnosť spaľovacieho procesu a emisií NO_x a dodatočné vstreky výrazne znižujú emisie pevných častíc a uľahčujú plnenie emisnej normy Euro 6 plánovanej na rok 2014.

V práci sa zaoberám sledovaním poruchovosti vstrekovačov u rôznych typoch vozidiel vyhodnotením príčiny poruchy, samotnou analýzou a overením vstrekovačov v laboratórnych podmienkach. Výsledky mojej práce rozširujú poznatky pri diagnostike vstrekovačov, definovaní ich poruchy a možnostiach predchádzania vzniku porúch.

Na splnenie cieľa a overenie jednotlivých prognóz príčin porúch vstrekovačov dieselových motorov som podrobne analyzoval elektrickú časť vstrekovača, mechanickú časť vstrekovača a samotnú kvalitu povrchu ihly trysky vstrekovača.

Zo zistených skutočností som dospel k preventívnym opatreniam, ktoré môžu značne znížiť poruchovosť vstrekovačov a celkové náklady na údržbu spaľovacieho motora.

Na základe dosiahnutých výsledkov analýzy vstrekovačov je dôležité dodržanie nasledovných odporúčaní:

- dodržiavať pravidelný odborný servis v určených lehotách odporučený výrobcom vozidla,
- vyvarovať sa zámene predpísaného paliva,
- tankovanie kvalitného paliva,
- pridávanie aditív do paliva hlavne v zimnom období.

6 ZÁVER

Vývoj automobilov si v súčasnosti ťažko predstaviť bez ďalšieho rozširovania elektronických systémov v oblasti palivovej sústavy, spaľovania, pri znižovaní emisií ako aj pri bezpečnosti a komforte jazdy. Všetky elementy vozidlových systémov si vyžadujú dokonalú a koordinovanú spoluprácu. Napriek dokonalejším motorom je jasné, že ich pôsobenie je stále obmedzené a prechádza neustálym zdokonaľovaním. Trend v znižovaní spotreby paliva je už rozbehnutý a konkurenčný boj automobiliek o zákazníka je čoraz väčší, čo vedie k zvyšovaniu kvality a spoľahlivosti pohonných jednotiek a zdokonaľovaniu ich vstrekovacích systémov.

V diplomovej práci sa venujem popisu vstrekovacích systémov dieselových motorov, poruchovosti vstrekovacích systémov a hodnoteniu poruchovosti z pohľadu užívateľa. Ďalej v práci skúmam príčiny vzniku porúch, ich prejavov počas prevádzky motora, ako aj opatrení k predchádzaniu poruchového stavu.

Jednotlivé laboratórne skúšky som realizoval na vstrekovačoch získaných so servisných stredísk a opravovní, ktoré boli vyhodnotené ako poruchové. Skúšky v laboratórnych podmienkach pozostávali z kontroly vinutia cievky vstrekovača, z kontroly funkčnosti vstrekovača na ručnom generátore tlaku NC 50 a z kontroly kvality povrchu funkčných častí vstrekovača prostredníctvom zisťovania drsnosti Ra a Rz na zariadení SURFTEST 301.

Po príprave vstrekovačov k meraniam a absolvovaní skúšok v laboratórnych podmienkach podľa metodiky práce som zistil, že takmer 50 % vstrekovačov je schopná ďalšej prevádzky a na základe opatrení spomenutých v kapitole 5 je možné včas predchádzať poruchovému stavu, predĺžiť životnosť vstrekovačov ako aj výrazne znížiť náklady na opravu motora.

7 POUŽITÁ LITERATÚRA

1. BOSCH, R. 2004. Systémy vstříkovaní s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory BOSCH, dílenská příručka, vydavatel GmbH, 2004, odbytová spol. s.r.o. Automobilová technika, 140 00 Praha 4, Pod Višňovkou 35/1661
2. BOSCH, R. 1997. Systém vstříkovaní KE-Jetronic, technická příručka, vydavatel GmbH, 1997, Automobilová diagnostika, Praha 4, Pod Višňovkou 25/1661, ISBN 80-902585-1-4
3. BOSCH, R. 1997. Systém vstříkovaní L-Jetronic, technická příručka, vydavatel GmbH, 1997, Automobilová diagnostika, Praha, Pod Višňovkou 25/1661, ISBN 80-902585-2-2
4. BOSCH, R. 1998. Elektronické vstříkovaní vznětových motorů EDC 1.3.3 - dílenská příručka, vydavatel GmbH, odbytová spol. s.r.o. Divize automobilové diagnostiky, 140 00 Praha 4, Pod Višňovkou 35/1661, 1. vydání, leden 1998
5. BOSCH, R. 1999. Kraftfahrtechnisches Taschenbuch. 23. Auflage – Viewg Varlog, Braunschweig/Wiesbaden 1999.
6. FERENC, B. 2009. Spalovací motory. Praha: Nakladatelství Computer Press, 2009, ISBN 978-80-251-2545-8
7. TRNKA, J. – URBAN, J. 1992. Spaľovacie motory. Bratislava: Alfa, 1992, ISBN 80-03-00166-8
8. GSCHEIDLE, R. a kol. 2002. Příručka pro automechanika, vydalo nakladatelství Sobotáles, Mostecká 9, Praha: 2002, ISBN 80-85920-83-2
9. POŠTA, J. a kol. 2003. Oparavárenství a diagnostika. II. Praha: Informatorium 2003, ISBN 80-7333-017-2
10. ŽARNOVSKÝ, J. et al. 2009.: Diagnostika strojov a zariadení, SPU Nitra 2009, ISBN 978-80-552-0300-3
11. FREIWALD, A. 2005. Diagnostika a opravy automobilov II, Vydalo: EDIS, vydavateľstvo Žilinskej univerzity, Hurbanova 15, Žilina, 2005, ISBN 80-8070-423-6
12. VLK, F. 2006. Paliva a maziva motorových vozidiel, 1. vydání, Brno, Mokrohorská 34, 2006, ISBN 80-239-6461-5
13. VLK, F. 2003. Vozidlové spaľovacie motory, 1. vydání, Brno, Mokrohorská 34, 2003, ISBN 80-238-8756-4
14. Vstříkovací systémy HDi BOSCH EDC 16C3, školicí příručka
15. <http://bcs.bosch.sk/download/brozura.pdf>
16. http://www.dieselservis.sk/trocha_theorie.html

17. <http://www.meteor.sk/noviny/0810p.pdf>
18. <http://www.ford-focus.cz/forum/viewtopic.php?t=5873&p=>
19. <http://www.nahradnediely.sk/index.asp?co=230>

8 PRÍLOHY

Dotazník

Cieľom dotazníka bolo oslovenie odborných (vyškolených) pracovníkov v servisoch a dielňach na tému „Zhodnotenie poruchovosti vstrekovacích systémov motorov“, ktorý má poslúžiť pri vypracovaní diplomovej práce. Dotazník je dobrovoľný a anonymný. Za jeho vypracovanie Vám vopred ďakujem.

Názov a sídlo servisu prípadne dielne:

Dotazník vyplňa:

1. Aké typy vozidiel s poruchou vstrekovacieho systému ste už opravovali
2. Podľa Vás sú viac poruchové vozidlá používané ako palivo benzín alebo naftu
3. V akom roku výroby boli najčastejšie Vami opravované vozidlá
4. Ako sa prejavila porucha
5. Aká súčiastka sa poškodila
6. Podľa Vás bolo možné poškodenú súčiastku opraviť alebo sa musela vymeniť ?
7. Môžete popísať prevencia vzniku porúch tohto typu?
8. Môžete priložiť fotodokumentáciu poškodenej súčiastky?
 - a) áno
 - b) nie



a)



b)



c)



d)

Obr. 46 Poškodené vstrekovače z vozidla Peugeot 307