



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VSTŘIKOVAČE PRO SYSTÉM COMMON RAIL

COMMON RAIL SYSTEM INJECTORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Matej Martinček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Matej Martinček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Radim Dundálek, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vstřikovače pro systém common rail

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení základních pojmů zadané problematiky. Zamyšlení nad perspektivou budoucího vývoje vstřikovacích systémů s ohledem na zvyšování vstřikovacího tlaku a snižování škodlivin ve výfukových plynech.

Cíle bakalářské práce:

Uvedení přehledu jednotlivých druhů vstřikovačů, popis jejich funkce a způsobu ovládání. Výhody a nevýhody s ohledem na optimalizaci průběhu spalovacího procesu. Specifické součásti palivového systému. Příklady řešení systému u konkrétních pohonných jednotek.

Seznam doporučené literatury:

STONE, Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.

HEISLER, Heinz. Advanced Engine Technology. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. ISBN 1-56091-734-2.

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zaoberá vstrekovacími pre vstrekovací systém common rail. Práca popisuje funkciu vstrekováčov, ich prevádzkové parametre, typy a následne aj poruchy a diagnostiku.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

common rail, vstrekováč, piezoelektrický vstrekováč, elektromagnetický vstrekováč, tryska

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with injectors for common rail injection system. Thesis describes function, operation parameters, types, failures and diagnosis of injectors.

KEYWORDS

common rail, injector, piezo injector, solenoid injector, nozzle

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

MARTINČEK, Matej. *Vstřikovače pro systém common rail*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124549>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 38 s. Vedoucí práce Radim Dundálek.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojim pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením Ing. Radima Dundálka, Ph.D a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 16. júna 2020

.....

Matej Martinček

POĎAKOVANIE

Týmto by som rád poďakoval Ing. Radimovi Dundálkovi, Ph.D za cenné rady, ochotu a usmernenie pri tvorbe bakalárskej práce.

OBSAH

Úvod.....	9
1 Systém common rail vo vznetrových motoroch.....	10
1.1 Vysokotlakové čerpadlo	11
1.2 Vysokotlakový zásobník (rail)	12
2 Vstrekovač systému common rail	13
2.1 Prevádzkové parametre	14
2.2 Funkcia	15
2.3 Tryska.....	16
2.3.1 Rez trysky	16
2.3.2 Konštrukcia a rozhodujúce miesta geometrie trysky	17
3 Rozdelenie vstrekovačov common rail	19
3.1 Elektromagnetický vstrekovač	19
3.1.1 Rez elektromagnetickým vstrekovačom	20
3.1.2 Funkcia elektromagnetického vstrekovača	21
3.1.3 Fázy elektromagnetického ventilu vstrekovača	22
3.2 Piezoelektrický vstrekovač.....	23
3.2.1 Rez piezoelektrickým vstrekovačom	24
3.2.2 Funkcia servoventilu	25
3.2.3 Funkcia hydraulického väzobného prevodníku	25
3.2.4 Funkcia piezoelektrického vstrekovača	25
4 Poruchy vstrekovačov a ich typické prejavy.....	27
4.1 Mechanické poruchy vstrekovača	27
4.2 Poruchy zapríčinené nedostatočnou kvalitou paliva	30
5 Diagnostika vstrekovačov common rail.....	31
5.1 Diagnostické metódy moderných vstrekovačov.....	31
5.2 Diagnostika pomocou testera vstrekovačov	35
Záver	36

ÚVOD

Automobilový priemysel je odvetvie, ktoré sa každým dňom vyvíja viac a viac. Konštruktéri pohonných jednotiek stoja stále pred zložitejšími požiadavkami, čo sa týka spotreby, nižších emisií a v neposlednom rade výkonu. Vznetrové motory sú zatiaľ v dnešnej dobe nenahradiťelné či už v osobnej, alebo nákladnej doprave. Avšak ak sa chcú udržať na trhu, musia sa prispôbovať hlavne trendom znižovania emisií a spotreby pri zachovaní vysokého krútiaceho momentu a výkonu. Jednou zo základných častí motora, ktorá ovplyvňuje všetky tieto požiadavky sú vstrekovače.

Pri vstrekovacom systéme common rail oproti iným vstrekovacím systémom, sú na vstrekovače kladené obzvlášť vysoké nároky. Dosahujú sa v nich tlaky paliva takmer zhodné s tlakmi vo vysokotlakovom zásobníku a to až do hodnôt 250 MPa. Vysoký tlak paliva napomáha účinnému rozprášeniu paliva v spaľovacom priestore. Mieru rozprásenia paliva ovplyvňuje nielen hodnota tlaku vo vstrekovači, ale aj tryska na samom konci vstrekovača. Rozhodujúci je počet, veľkosť a tvar otvorov na tryske, ktoré dosahujú veľkosti 98-400µm a môže ich byť 5 až 10 na jednom vstrekovači.

Pre systém common rail poznáme dva druhy vstrekovačov a to sú vstrekovače piezoelektrické a elektromagnetické. Hlavný rozdiel je v systéme nadvihnutia ihly zo sedla. V piezoelektrickom vstrekovači sa ihla nadvihne vďaka piezoelektrickému javu, ktorého princíp spočíva v tom, že po privedení elektrického napätia na piezoelektrický člen, sa tento člen deformuje a mechanicky spôsobí otvorenie trysky. Činnosť elektromagnetického vstrekovača zabezpečuje elektromagnet. Ten pri napájaní elektrickým prúdom o približnej hodnote 20A nadvihne kotvu s guľčkou zo sedla a tým sa cyklus vstrekovania začína.

Čo sa týka životnosti, piezoelektrické vstrekovače ju dosahujú o niečo vyššiu ako elektromagnetické vstrekovače. Poruchy sa vo všeobecnosti delia na dve kategórie, a to na poruchy mechanické (spôsobené napríklad chybou materiálu) a poruchy zapríčinené zlou kvalitou paliva. Vstrekovač po vzniku týchto porúch môže vykazovať symptómy ako zvýšený alebo znížený prietok paliva, alebo môže prestať pracovať úplne, čo je najhorší prípad.

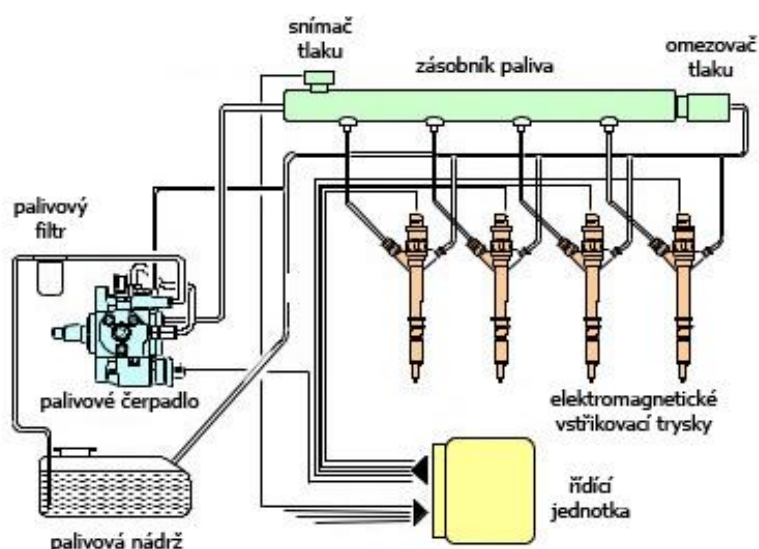
Pri včasnej diagnostike sa dá poruchám predísť. Tá sa vykonáva buď pomocou počítača, kde sa merajú prietoky vstrekovačmi, alebo manuálne pomocou takzvaného testera vstrekovačov, kde sa meria množstvo paliva, ktoré prúdi zo vstrekovača naspäť do nádrže.

1 SYSTÉM COMMON RAIL VO VZNETOVÝCH MOTOROCH

Systém common rail je systém priameho vstrekovania paliva pre naftové motory. Tento systém je pomenovaný podľa spoločného (common) tlakového zásobníku (rail), ktorý zásobuje všetky valce palivom. Na rozdiel od iných vstrekovacích systémov, pri ktorých musí byť tlak v palive generovaný individuálne pre každý vstrekovač, systém common rail má tvorbu tlaku a samotné vstrekovanie oddelené, čo znamená, že palivo je neustále k dispozícii pri požadovanom tlaku, keďže sa nachádza v spoločnom tlakovom zásobníku. Každý systém common rail musí pozostávať z týchto hlavných komponentov: vysokotlakové čerpadlo, spoločný tlakový zásobník, vstrekovače a riadiaca jednotka.

Medzi výhody takto vstrekovanej paliva patria najmä :

- čisté a vysokoeфекtívne spaľovanie pri krátkom a viacnásobnom vstreknutí paliva
- vysoký výkon a kultivovaný chod motora pri nízkej spotrebe a emisiách
- vďaka jednotnému dizajnu tohto systému (vysokotlakové čerpadlo, tlakový zásobník, vstrekovače a riadiaca jednotka) je použiteľný vo všetkých motoroch pre široké spektrum dopravných prostriedkov.



Obr. 1 Schéma vstrekovacieho systému common rail [11]

1.1 VYSOKOTLAKOVÉ ČERPADLO

Vysokotlakové čerpadlo sa používa na transport paliva (nízkotlaková časť) a dodávanie paliva do vysokotlakového zásobníka pre udržanie požadovaného tlaku. Väčšinou je rozdelené na vysokotlakovú a nízkotlakovú časť. [1]

Nízkotlaková časť (integrované ozubené čerpadlo) má za úlohu dopraviť palivo z nádrže k vysokotlakovému čerpadlu. Následne sa cez ďalšiu nízkotlakovú časť vracia nespotrebované palivo späť do nádrže. V prípade, že vysokotlakové čerpadlo neobsahuje nízkotlakovú časť (dopravné čerpadlo), je palivo dopravované z palivovej nádrže k vysokotlakovému čerpadlu elektrickým čerpadlom umiestneným väčšinou v palivovej nádrži. [1]

Z vysokotlakovkej časti prúdi palivo s požadovaným tlakom a v požadovanom množstve do tlakového zásobníka. [1]



Obr. 2 Vysokotlakové čerpadlo Bosch CP [1]

1.2 VYSOKOTLAKOVÝ ZÁSOBNÍK (RAIL)

Vysokotlakový zásobník, alebo aj rail, je neoddeliteľnou súčasťou každého common rail systému. Spája vysokotlakové čerpadlo a vstreky spolu ako centrálny hydraulický komponent. Uchováva palivo pod tlakom a následne ho distribuuje k vstrekováčom. Tlak v zásobníku dosahuje hodnoty v medziach od 1400 až 2700 barov. [2]



Obr. 3 Vysokotlakový zásobník pre 6 valcový motor [2]

V závislosti od konfigurácie každého CR systému sú na vysokotlakový zásobník, ktorý je vyrobený z kovanej ocelej trubky, namontované rôzne komponenty. V základe sa ale vždy na zásobníku nachádzajú dva ventily a jeden senzor RPS (rail pressure senzor), ktorý komunikuje s riadiacou jednotkou. Prenášané tlakové hodnoty nám slúžia hlavne ako informácie pre PCV (pressure control valve) ventil, ktorý slúži na reguláciu a zásobu tlaku v zásobníku. V neposlednom rade sa tam nachádza PLV (pressure limiting valve) ventil, ktorý redukuje tlak v systéme v prípade pretlakovania a tým chráni ostatné komponenty pred poškodením. [2]

2 VSTREKOVAČ SYSTÉMU COMMON RAIL

Vstrekovače pri systéme common rail sú pripojené k vysokotlakovému zásobníku krátkymi vysokotlakovými potrubiami. Ku každému vstrekovaču vedie jedno potrubie. Medzi spaľovacím priestorom a samotným vstrekovačom sa nachádza medená tesniaca podložka, ktorá slúži ako tesnenie. Vstrekovače sú upevnené k hlave valcov pomocou upínacích prvkov. Podľa prevedenia vstrekovacích trysiek sú vstrekovače následne vhodné pre priame, alebo šikmé uloženie do hlavy valcov vznetrových motorov. Vstrekované množstvo a počiatok vstreku sú riadené elektricky aktivovaným vstrekovačom. Okamžik vstreku riadi systém uholčas elektronickej regulácie vznetrového motoru. K tomu sú potrebné dva snímače otáčok. Prvý je umiestnený na kľukovom hriadelí a druhý sa nachádza na včkovom hriadelí (rozpoznanie fázy). Požiadavky na zníženie hlučnosti emisií a spotreby v moderných vznetrových motoroch vyžadujú optimálnu prípravu zmesi, pričom od vstrekovačov je vyžadované viacnásobne vstrekovanie počas jedného spaľovacieho cyklu a taktiež predvstrek s veľmi malým množstvom paliva. Predvstrek je dôležitý z hľadiska zníženia tlaku v spaľovacom priestore, čo má za následok zvýšenie kvality horenia. Taktiež malé predvstreknuté množstvo paliva je zapálené a ohrieva hornú časť valca a privádza ho do optimálneho pásma teploty. To spôsobuje zníženie hlučnosti spaľovania a zníženie oxidu dusíku vo výfukových plynch. [3]



Obr.4 Vstrekovač Bosch CRI2-25 [12]

2.1 PREVÁDZKOVÉ PARAMETRE

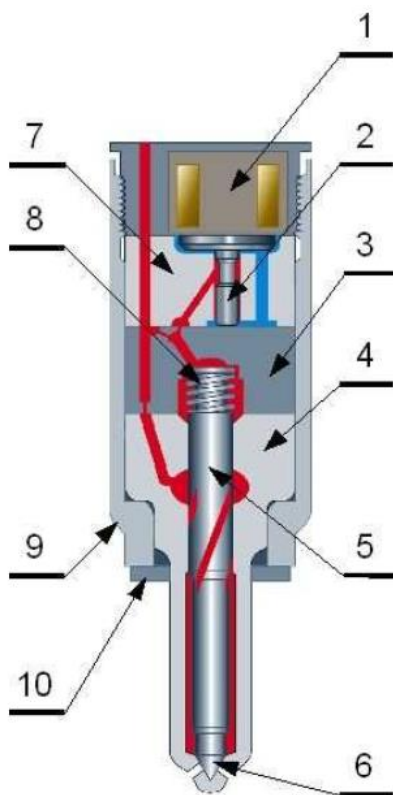
Systém common rail je v dnešnej dobe najrozsiahlejším systémom vstrekovania paliva pre vznietové motory. Neodmysliteľnou súčasťou tohoto systému sú vstrekovacie, ktoré sú zaujímavé nielen konštrukciou, ale aj prevádzkovými hodnotami ktoré dosahujú.

Tab. 1 Prevádzkové parametre vstrekováčov CR [4]

Vstrekovacie tlaky	135-250 MPa
Otváracie tlaky vstrekovacej dýzy	15-35 MPa
Zdvih ihly vstrekovacej dýzy	30-250 μm
Doba aktivácie vstrekováča	100-1600 μs
Veľkosť výstrekových otvorov dýzy	98-400 μm
Počet výstrekových otvorov dýzy	5-10 otvorov
Rýchlosť zdvihu ihly vstrekovacej dýzy	1-3 m/s
Počet vstrekov na jeden spaľovací cyklus	2-7 vstrekov
Výrobné tolerancie kľúčových dielov	0,5-4 μm
Priemer rozstreknutých kvapiek paliva	9-30 μm
Časové oneskorenie reakcie vstrekováča	80-260 μs

Pri porovnaní vstrekovacích tlakov s klasickými mechanickými vstrekováčmi používaných napr. vo vstrekovacom systéme čerpadlo dýza, ktoré pracujú s najvyššími vstrekovacími tlakmi v rozmedzí od 60 až 120 MPa, tak vstrekovacie common railu pracujú s tlakmi až 135-250 MPa. Pri takto vysokých hodnotách tlaku sa nafta stáva stlačiteľnou kvapalinou . [4]

2.2 FUNKCIA



Obr.5 Rez vstrekovačom [4]

Cyklus vstrekovania začína pri prepustení malého objemu paliva (riadiaci objem paliva) servoventilom vstrekovača (2) do nízkotlakového okruhu, ktorý sa nazýva prepad. Na obrázku č.5 je prepad vyznačený modrou farbou. Pri prepustení riadiaceho objemu paliva do prepadu dochádza k náhlemu poklesu tlaku v oblasti riadiacej komory dištančnej vložky (3), ktorá sa nachádza v priestore nad ihlou (5). Tento pokles tlaku tým pádom umožní otváraciemu tlaku, ktorý sa nachádza v dolnej časti telesa dýzy (4) zodvihnúť ihlu zo sedla proti tlaku pružiny (8) na jej hornom konci. [4]

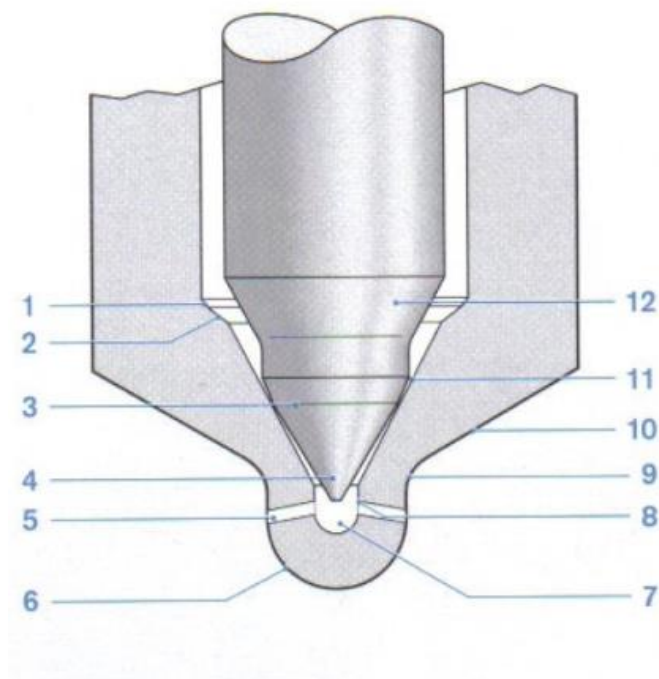
Pri mechanických vstrekovačoch nadvihnutie ihly zo sedla ventilu bolo podmienené hlavne otváracími tlakmi, ktoré sa pohybovali v rozmedzí 12-20 MPa. Pri vstrekovačoch common rail sa síce tento otvárací tlak pohybuje v rozmedzí 15-35 MPa, no nie je hlavným iniciátorom otvorenia dýzy. Otvárací tlak síce musí dosahovať také hodnoty, aby dokázal prekonať predpätie pružiny, avšak nemôže dôjsť k vstreknutiu paliva pokiaľ je riadiaci servoventil vstrekovača (2) zatvorený a to bez ohľadu veľkosti otváracieho tlaku. Môže nastať prípad, keď servoventil môže ostať polootevorený v dôsledku mechanického poškodenia, respektíve je natoľko opotrebovaný, že stráca svoju tesnosť. [4]

Následně palivo přetéká netesným ventilem do prepadu a tlak ve vstrekovači nemůže dosáhnout hodnoty otevíracího tlaku, takže ani v tomto případě nedojde k vstreknutí paliva. Sprievodným javom je prudký ohrev paliva, ktorý vzniká výsledkom premeny tlakovej energie kvapaliny na teplo a to na hodnoty 75-110 °C. [4]

2.3 TRYSKA

Tryska sa nachádza na samom konci vstrekovača. Je to časť vstrekovača, cez ktorú sa palivo dostáva do valca motora. Konštrukcia tejto vstrekovacej trysky zohráva dôležitú úlohu čo sa týka spotreby, emisií a výkonu. Medzi dôležité konštrukčné prvky patrí počet, veľkosť a tvar otvorov na trysky, sedlo ihly. Všetky trysky musia byť navrhnuté tak, aby zabezpečovali dokonalé rozprášenie paliva, ktoré spĺňa požiadavky na výkon a emisné normy trhu bez ohľadu na konštrukciu palivového systému. Otvorové trysky sa delia na trysky so slepým vývrtom a s otvormi do sedla. Okrem toho sa delia aj na typ P s priemerom ihly 4mm a typ S s priemerom ihly 5 a 6 mm. [5]

2.3.1 REZ TRYSKY



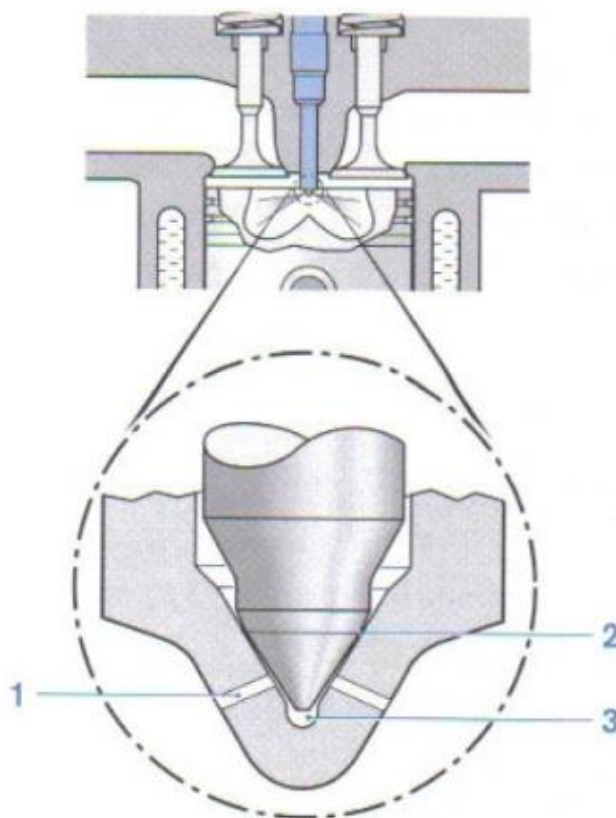
Obr.6 Rez vstrekovací tryskou [5]

1-odsadená hrana, 2- nábeh sedla, 3- sedlo ihly, 4- hrot ihly, 5- vstrekovací otvor, 6- zaoblený tvar, 7- valcový slepý vývrt, 8- nábeh vstrekovacieho otvoru, 9- polomer sedla, 10- kužeľ hrotu trysky 11- dosadacia plocha telesa ihly, 12- tlmiaci kužeľ [5]

2.3.2 KONŠTRUKCIA A ROZHODUJÚCE MIESTA GEOMETRIE TRYSKY

Priemer vstrekovacích otvorov vo vnútri je menší ako na vonkajšej strane. Tento rozdiel je definovaný ako rozdiel k. Nábehové hrany sa väčšinou zaoblujú pomocou hydroerozívneho obrábania. Na nábehu otvoru trysky, kde dochádza k vysokým rýchlostiam prúdenia, sa zaoblujú hrany pôsobením pevných častíc v hydroerozívnom médiu. Tento typ obrábania sa používa pre trysky so slepým vývrtom, tak aj pre trysky s otvormi do sedla. Cieľom je zúžiť tolerancie prietoku, zabrániť opotrebovaniu hrán a optimalizovanie súčiniteľa prúdenia. [5]

U otvorových trysiek leží horná hranica teploty asi na 300 °C. Pokiaľ tryska pracuje vo väčších motoroch respektíve odolnosť na hranici 300 °C nestačí, sú k dispozícii tepelné ochranné puzdra, prípadne sa používajú chladené vstrekovacie trysky. [5]



Obr.7 Rozhodujúce miesta geometrie trysky [5]

Geometria vstrekovacieho otvoru (obr.7, poz1) má veľký vplyv na emisie pevných častíc. Geometria sedla (obr.7, poz2) ovplyvňuje množstvo na počiatku vstreku a tým pádom aj hlučnosť motora. Cieľom optimalizácie geometrie vstrekovacieho otvoru je dosiahnutie robustného dizajnu a dosiahnutie čo najmenších tolerancií pri výrobnom postupe. Geometria slepého vývrtu (obr.7., poz3) ovplyvňuje emisie. Z modulov trysiek môže konštruktér voliť optimálnu variantu pre dané požiadavky vozidla. [5]

Pre zachovanie schopnosti trysky zabezpečiť čo najjemnejšie rozprášenie paliva, je nutné dopravenie väčšej dávky paliva do spaľovacieho priestoru zvýšeným počtom otvorov dýzy. Na vstrekovači systému common rail je týchto otvorov 5-10. Zvýšením počtu otvorov na dýze sa zvyšuje aj počet vstrekovacích lúčov, ktoré efektívnejšie využijú prítomný vzduch a palivo rovnomernejšie prehorí v celom objeme spaľovacieho priestoru. [5]

Pre čo najdokonalejšie rozprášenie paliva (atomizácie) sa otvory len nepridávajú, ale aj zmenšujú. Veľkosť týchto výstrekových otvorov dýzy sa pohybujú v rozmedzí 98-400 μm . Pri týchto rozmeroch otvorov nám cez ne pretekajú kvapky paliva o priemere 9-30 μm . Čím je tento priemer kvapiek paliva menší, tým lepšie sa premiešajú so vzduchom a zároveň sa rýchlejšie odparia, vďaka čomu sa skracuje prieťah. [5]



Obr.8 Tryska a ihla vstrekovača [13]

3 ROZDELENIE VSTREKOVAČOV COMMON RAIL

3.1 ELEKTROMAGNETICKÝ VSTREKOVAČ

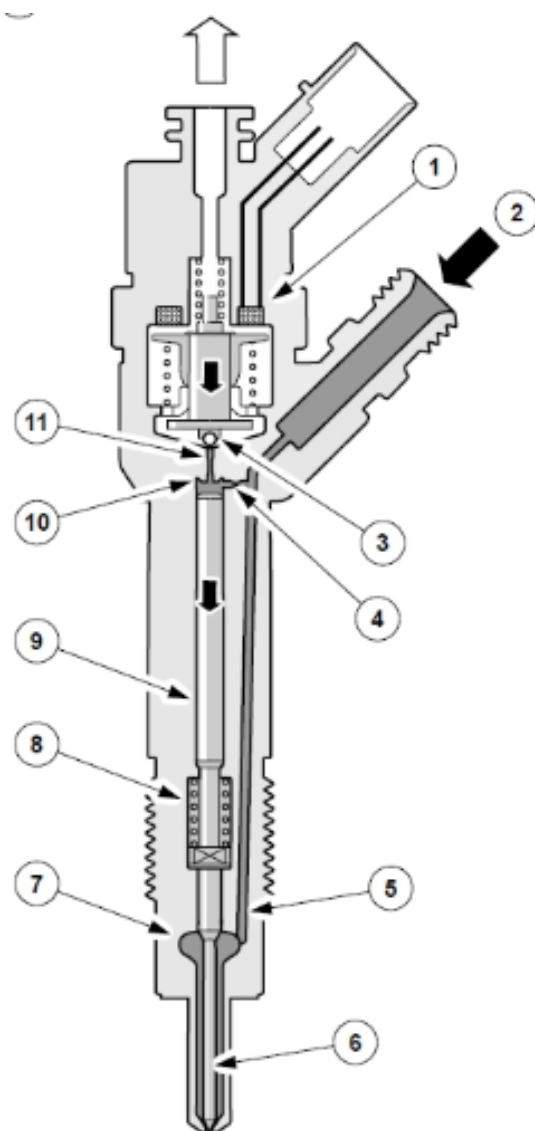
Elektromagnetické vstrekovače sú najrozšírenejšími vstrekovačmi v rámci systému common rail. Sú schopné pracovať s tlakmi v rozmedzí 160 až 250 MPa. Počas vstrekovacieho cyklu sú schopné vykonať až osem vstreknutí paliva. To má za následok hospodárnejšie spaľovanie, nižšiu spotrebu a nízke emisie. Taktiež je lacnejší a nie tak náchylný na kvalitu paliva ako piezoelektrický vstrekovač.

Z hľadiska konštrukcie ich rozdeľujeme na elektromagnetické vstrekovače s jednodielnou kotvou a dvojdielnou kotvou. Aby sa dosiahli čo najkratšie intervaly medzi jednotlivými vstrekmami je dôležité, aby sa kotva vrátila do svojej východzej polohy za čo najkratší čas. Najlepšie to je umožnené pri vstrekovači s dvojdielnou kotvou s dorazom proti prebehu. Doska kotvy sa pohybuje smerom dole cez tvarové vybranie. Prepruženie dosky kotvy je obmedzené dorazom, aby sa celá kotva vrátila čo najrýchlejšie do klúdovej polohy. Vďaka rozdeleniu hmoty kotvy a prispôbeniu nastavenia kotvy je odsakovanie pri zatváraní medzi dvomi vstrekmami ukončené rýchlejšie. Konceptia dvojdielnej kotvy umožňuje dosiahnutie kratších intervalov. [3]



Obr.9 Elektromagnetický vstrekovač Bosch CRI2-25 [12]

3.1.1 REZ ELEKTROMAGNETICKÝM VSTREKOVAČOM



Obr.10 Rez elektromagnetickým vstrekovačom [6]

1-cievka elektromagnetického ventilu, 2- prítok paliva, 3-guličkový ventil, 4-škrtenie na prívode, 5-prívodný kanál do predkomory trysky , 6- ihla vstrekovača, 7- predkomora trysky , 8- pružina ovládajúca zdvih ihly 9-piest ovládania ventilu, 10- komora ovládania ventilu, 11- ovládanie škrtenia, 12- spätné vedenie paliva, 13- elektrický konektor [6]

3.1.2 FUNKCIA ELEKTROMAGNETICKÉHO VSTREKOVAČA

Vstrekovač funguje z hľadiska prevádzkovej činnosti v štyroch režimoch a to:

- ako uzavretý
- keď sa otvára
- keď je otvorený
- keď sa zatvára

Pri otváraní vstrekovača je elektromagnetický ventil aktivovaný pritiahovacím prúdom, čo prispieva k rýchlemu otvoreniu elektromagnetického ventilu. Elektromagnetická sila aktivovaného elektromagnetu prevýši silu ventilovej pružiny. Kotva nadvihne guľičku zo sedla ventilu, čo spôsobí otvorenie škrtenia na odpadovom kanáliku. Po pritiahnutí kotvy spolu s otvoreným škrtением na odpadovom kanáliku môže palivo odtečť z riadiaceho priestoru ventilu do prázdneho priestoru, ktorý leží pod ním a ďalej spätným potrubím do nádrže. Škrtenie na prívode zabráňuje úplnému vyrovnaniu tlaku. V ovládacom priestore dochádza k znižovaniu tlaku, ktorý je spôsobený menším priemerom prívodnej škrtiacej trysky ako je priemer odtokovej škrtiacej trysky, ktorá je otvorená. Tým pádom do ovládacieho priestoru priteká oveľa menej paliva ako odteká spätným kanálikom. Sila pružiny spolu so silou pôsobiaceou na vrchnú plochu riadiaceho piestu nie je taká veľká, ako sila v tlačnom medzikruží vyvolaná tlakom paliva čo spôsobí otváranie ventilu. [5]

Rozdiel prietoku medzi škrtением na prívode a odpade definuje rýchlosť otvárania ihly trysky. Pri naplno otvorenom vstrekovači riadiaci piest dosiahne hornú polohu, pričom je zastavený takzvaným hydraulickým dorazom. Doraz vzniká v dôsledku prúdenia paliva medzi škrtением na odpade a škrtением na prívode. Tryska vstrekovača je plne otvorená a palivo prúdi do valcov pod takým istým tlakom, aký je na vysokotlakovom zásobníku. Vstreknuté množstvo paliva je pri danom tlaku úmerné dobe zapnutia elektromagnetického ventilu a nie je závislé na otáčkach motora respektíve čerpadla. [5]

Vstrekovanie končí prerušením prúdu v elektromagnetickom ventile. Kotva spolu s guľôčkovým ventilom sa pôsobením pružiny vracia do sedla a guľôčkový ventil následne uzavrie škrtenie na odpade. Dochádza k nárastu tlaku, ktorý dosahuje rovnakú hodnotu ako je hodnota tlaku v zásobníku. Tento nárast tlaku vyvoláva silu pôsobiacu na riadiaci piest, ktorá spolu so silou od pružiny prekročí silu na ihle trysky a následne sa táto ihla uzavrie. Prietok škrtением na prívode určuje rýchlosť zatvárania ihly trysky. Akonáhle sa ihla vráti naspäť do sedla, vstrekovacie otvory sa uzavru. [5]

Vstrekovač nie je aktivovaný pokiaľ sa nachádza v kľudovom stave. Guľôčkový ventil je pritláčaný do sedla škrtenia na odpade pružinou elektromagnetického ventilu. V riadiacom priestore ventilu sa tvorí vysoký tlak, ktorý taktiež pôsobí v objeme komory trysky. Sily pôsobiace v dôsledku tlaku na čelnú plochu riadiaceho piestu a sila pružiny trysky udržiavajú ihlu trysky uzatvorenú a to proti sile otvorenia, ktorá pôsobí na tlačné medzikružie. [5]

3.1.3 FÁZY ELEKTROMAGNETICKÉHO VENTILU VSTREKOVAČA

Vo fáze otvárania elektromagnetického ventilu musí prúd vzrásť s ostrým a presne definovaným impulzom na približne 20A, aby sa dosiahla vysoká reprodukovateľnosť vstrekaného množstva. Tento impulz je dosiahnutý vďaka takzvanému boosteru (zvyšovacie napätie) o hodnote až 50V. Toto napätie je tvorené v riadiacej jednotke a následne uskladnené v kondenzátore. Po pripojení tohto napätia z kondenzátora na elektromagnetický ventil prúd vzrastie oveľa rýchlejšie ako by bolo toto napätie privedené z akumulátora. [5]

Vo fáze počiatočného prúdu je elektromagnetický ventil napájaný napätím z akumulátoru. Počiatočný prúd je obmedzený na približne 20A, čo podporuje rýchle otvorenie elektromagnetického ventilu. [5]

Pri fáze udržiavacieho prúdu je tryska vstrekoča úplne otvorená a prúd je znížený na približne 13A, aby bol stratový výkon obmedzený v riadiacej jednotke a vo vstrekoči. Pri poklese z počiatočného prúdu na udržiavací prúd sa uvoľní energia a tá je následne privedená do kondenzátora. [5]

Pre zatvorenie elektromagnetického ventilu sa napájanie elektrickým prúdom preruší a uvoľnená energia je taktiež privedená do zvyšovacieho kondenzátora. [5]

Dobíjanie je zabezpečené pomocou zvyšovacieho prevodníku, ktorý je integrovaný v riadiacej jednotke. Ku dobíjaniu energií získaných vo fáze otvárania, dochádza už od počiatku fázy pritiahnutia. Dobíjanie bude prebiehať tak dlho, kým nie je dosiahnutá pôvodná úroveň energie potrebnej k otvoreniu elektromagnetického ventilu. [5]

3.2 PIEZOELEKTRICKÝ VSTREKOVAČ

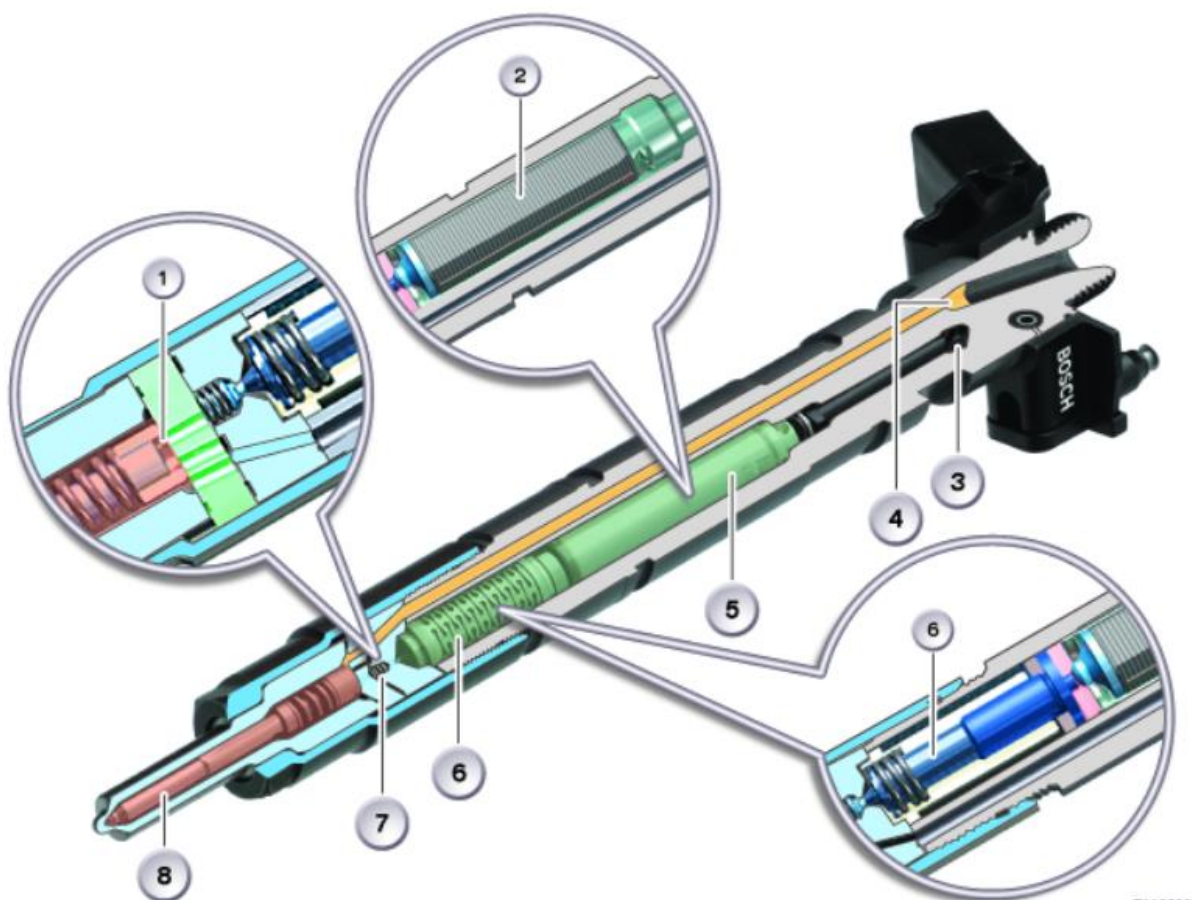
Piezoelektrické vstrekovače pracujú na základe piezoelektrického javu. Princíp piezoelektrického javu spočíva v tom, že po privedení elektrického napätia na piezoelektrický člen sa tento deformuje. Táto deformácia v prípade vstrekovača spôsobí predĺženie piezoelektrického člena približne o 0,04 mm. Toto predĺženie mechanicky spôsobí prostredníctvom piestov a pružiniek konečný zdvih 0,08-0,1mm. To postačuje na otvorenie ventilu na vrchu ihly. Piezoelektrický člen sa skladá z niekoľkých stoviek veľmi tenkých keramických fólii naskladaných do valca s výškou približne 25-30 mm. [3]

Piezoelektrický vstrekovač vďaka rýchlej reakčnej dobe aktivácie piezoelektrického člena, ktorá zaberie približne 150 μ s spolu s reakciou ihly umožňuje až 8 vstreknutí počas jedného spaľovacieho cyklu. Nízka doba aktivácie má priaznivý vplyv na zvýšenie efektivity spaľovania, výkon a v neposlednom rade znižuje emisie, spotrebu, tvrdosť chodu motora a mechanické zaťaženie. Tieto reakčné doby aktivácie v porovnaní s elektromagnetickým vstrekovačom sú až 4 krát kratšie. Vďaka jednoduchšej konštrukcii sú piezoelektrické vstrekovače spoľahlivejšie, čím sa zvyšuje ich životnosť. Čo sa týka ceny, tak sú drahšie ako elektromagnetické vstrekovače, preto sa montujú väčšinou do značiek prémiového segmentu a taktiež pre zachovanie správnej funkcie je nevyhnutná kvalitná nafta. [3]



Obr.11 Piezoelektrický vstrekovač CRI3-27 [14]

3.2.1 REZ PIEZOELEKTRICKÝM VSTREKOVAČOM



Obr.12 Rez piezoelektrickým vstrekovačom [7]

1-priestor kontrolného objemu, 2-piezoelektrický regulačný modul, 3- spätné palivové potrubie, 4- vysokotlaková prípojka, 5- akčný člen , 6- hydraulický prevodník , 7- servoventil, 8- ihla vstrekovača [7]

3.2.2 FUNKCIA SERVOVENTILU

Zdvih ihly trysky je nepriamo aktivovaný servoventilom, pretože potrebné vstrekovacie množstvo je regulované dobou aktivácie ventilu. Pri zatvorenom servoventile je oddelená vysokotlaková časť od nízkotlakovej. Pri aktivácii piezoelektrického akčného člena sa otvorí servoventil, ktorý uzavrie otvor obtoku, čo spôsobí rozdiel prietoku medzi škrténím na výstupe a prívide. V dôsledku tohto rozdielu prietokov tlak v riadiacom priestore poklesne a tryska sa otvorí. S tým spojený riadiaci objem odteká cez servoventil do nízkotlakovej časti okruhu. Pri zahájení zatvárania trysky je nutné, aby sa akčný člen vybil a servoventil opäť uvoľnil obtok. Riadiaci priestor sa prostredníctvom škrténia na prívide znovu naplní a tlak v riadiacom priestore sa zvýši. V momente, keď je dosiahnutá požadovaná hodnota tlaku, ihla trysky sa dá do pohybu a ukončuje sa proces vstrekovania. Vďaka vysokej dynamike regulačnej sústavy a konštrukcie piezoelektrického vstrekovávača v porovnaní s konvenčným vstrekováčom s tlačnou tyčou a 2/2 tlačným ventilom, je docielená výrazne kratšia doba vstrelu, čo sa priaznivo prejaví na emisiách a výkone motora. [5]

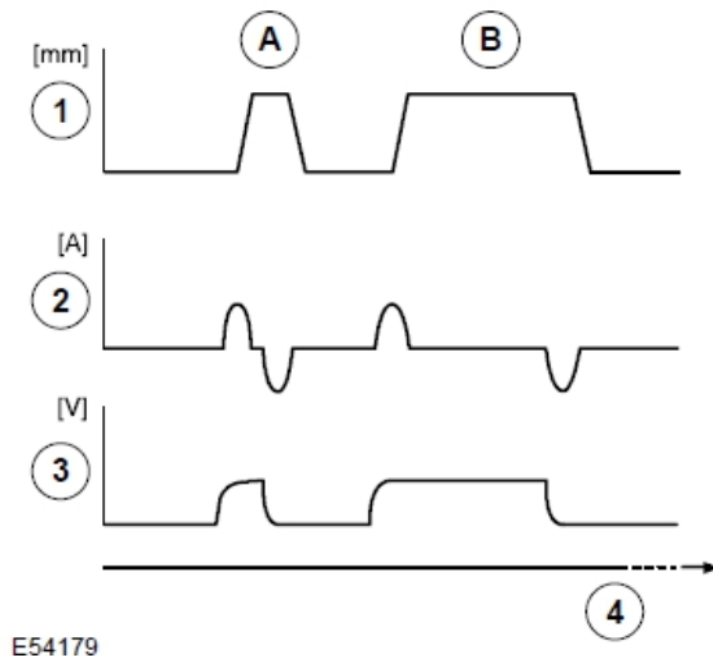
3.2.3 FUNKCIA HYDRAULICKÉHO VÄZOBNÉHO PREVODNÍKU

Hydraulický väzobný člen má za úlohu prevod a zosilnenie zdvihu akčného člena, kompenzáciu prípadnej vôle medzi akčným členom a servoventilom a samočinné vypnutie vstrekovávača v dôsledku straty elektrického kontaktu. Hydraulický väzobný prevodník a modul akčného člena sú obklopené palivom, ktoré je pod tlakom cca 10 bar. V stave, keď akčné členy sú deaktivované, je tlak v hydraulickom väzobnom prevodníku v rovnováhe s jeho okolím. Aby došlo k vstreknutiu paliva je akčný člen tak dlho pod napätím, až dôjde k porušeniu rovnováhy medzi spínacím ventilom a akčným členom. V dôsledku toho sa tlak vo väzobnom prevodníku zvýši a malé množstvo paliva unikne cez vôľu vo vedení piestu vo väzobnom člene, ktorý je umiestnený v nízkotlakovej časti vstrekovávača. Po tom, čo je vstupný krok vstrekovania dokončený, hydraulický väzobný člen musí byť znovu doplnený palivom. K tomu dochádza v opačnom smere prostredníctvom vôle vo vedení piestu v dôsledku rozdielu tlakov medzi nízkotlakovým okruhom vstrekovávača a hydraulickým väzobným prevodníkom. Vôľa vo vedení piestu a úroveň nízkeho tlaku je zvolená tak, aby pred nasledovným vstrekovacím cyklom bol hydraulický väzobný prevodník naplnený. [5]

3.2.4 FUNKCIA PIEZOELEKTRICKÉHO VSTREKOVAČA

Palivo vedené z vysokotlakového zásobníka je vedené pod vysokým tlakom priamo na špičku ihly, ktorá bráni palivu, aby bolo vstreknuté. Palivo pod vysokým tlakom je tiež vedené na vrch ihly, kde vyvoláva silu, ktorá pôsobí na ihlu a udržiava ju nenadvihnutú. Následne sa privedie na piezoelektrický akčný člen napätie vo forme impulzov o veľkosti 110-150 V. Vďaka krátkemu reakčnému času sa piezoelektrický člen ihneď začne deformovať. Vďaka tejto deformácii sa otvára ventil na vrchu ihly, ktorý umožňuje natlakovanému palivu v hornej časti ihly aby sa vrátilo cez prepád naspäť do nádrže. Vo vrchnej časti ihly prestáva pôsobiť tlaková sila od paliva potrebná na udržanie ihly vo svojej východiskovej polohe, čo spolu so silou od pružiny umožňuje nadvihnutie ihly zo sedla a následné vstreknutie paliva do valca. Vstrekovací cyklus sa končí prerušením dodávky napätia. Piezoelektrický člen sa deformuje naspäť do východiskovej polohy a ventil, ktorý umožňoval palivu vrátenie cez prepád do nádrže sa zatvára. Tlaková sila vyvolaná palivom v hornej časti ihly pôsobí na ihlu a zatvára ju. [5]

Vďaka napätiu, ktoré je na piezoelektrický člen dodávané v impulzoch a takmer okamžitej deformácii tohto člena vstrekovač dokáže vstreknúť palivo do valca až 8 krát na jeden spaľovací cyklus. Zvýšeným počtom vstrekov počas jedného spaľovacieho cyklu je dokázané, že piezoelektrické vstrekovače sú až 4 krát rýchlejšie ako elektromagnetické vstrekovače. [5]



Obr.13 Pracovný cyklus piezoelektrického vstrekovača [8]

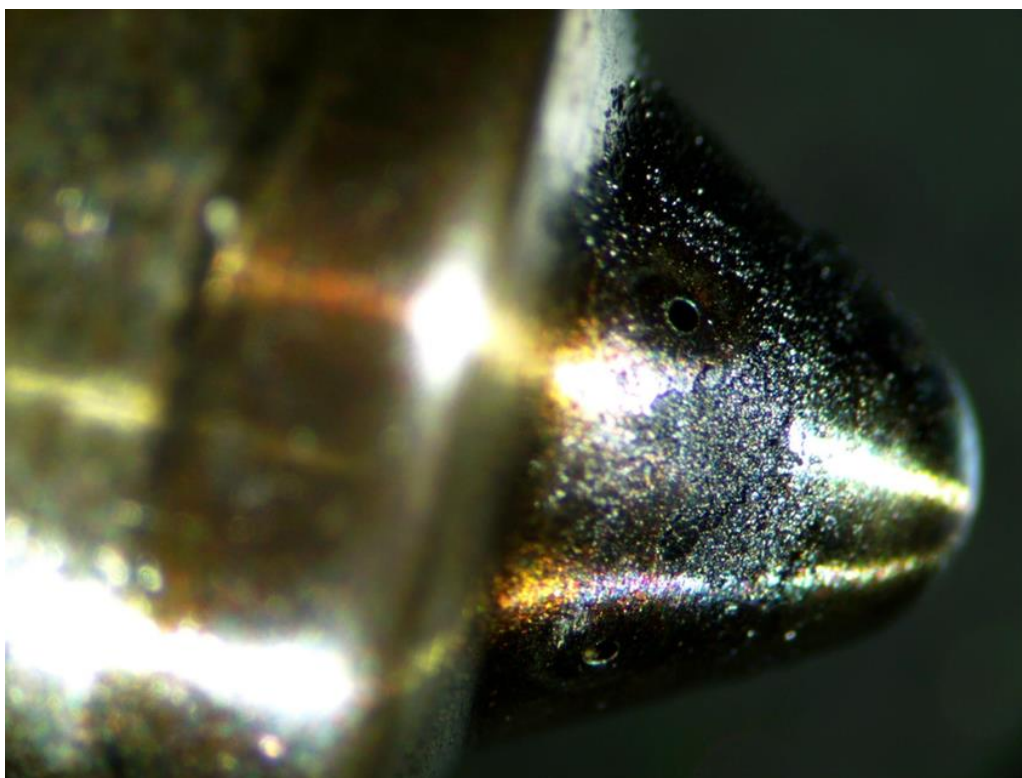
- A- Vstreknuté množstvo paliva pri predvstreku
- B- Vstreknuté množstvo paliva pri hlavnom vstreku
- 1- Zdvih ihly vstrekovača v mm
- 2- Hodnota prúdu [A]
- 3- Hodnota napätia [V]
- 4- Uhol natočenia kľukového hriadeľa [°] [8]

4 PORUCHY VSTREKOVAČOV A ICH TYPICKÉ PREJAVY

Poruchy vstrekovačov systému common rail sa môžu rozdeliť na dve kategórie. Prvá kategória je zlyhanie kvôli nedostatku mechanickej pevnosti v konštrukcii vstrekovača a druhá kategória je zlyhanie v dôsledku nízkej kvality paliva, ktoré prúdi cez vstrekovač. Pri dodržaní pravidiel údržby a tankovaní kvalitného paliva je možné viacerým z porúch predísť a tým zvýšiť životnosť vstrekovačov

4.1 MECHANICKÉ PORUCHY VSTREKOVAČA

Pokiaľ tok vstrekovačom nie je rovnomerný oproti ostatným vstrekovačom, alebo nedosahuje požadované hodnoty, objavia sa symptómy ako balance rates nadobúdajúce kladné hodnoty, čo znamená, že riadiaca jednotka posiela do valca viac paliva, pretože dané hodnoty vyhodnotí ako nedostatočný prietok paliva. V kritickom prípade, keď je už prietok daným vstrekovačom malý sa rozsvieti kontrolka motora a riadiaca jednotka motor prepne do takzvaného núdzového režimu. Vo väčšine prípadov je to zapríčinené koróziou respektíve nečistotami, ktoré upchávajú trysku, stratou kompresie valca, zaseknutá ihla a v ojedinelých prípadoch aj nedostatočné napájanie cievky respektíve piezoelektrického členu. Predísť sa tomu dá hlavne pravidelnou výmenou palivového filtra a čistotou palivového systému. [9]



Obr.14 Poškodenie vstrekovača koróziou [17]

Opakom malého prietoku vstrekočom je, keď vstrekoč dodáva až príliš veľa paliva do valca. Pomer hmotnosti paliva a vzduchu je následne vyšší ako je potrebný na vznietenie a vzniká nedokonalé spaľovanie. Táto porucha spôsobuje zvýšenú dymivosť, zvýšenú teplotu výfukových plynov, vysokú hodnotu balance rates, čo môže viesť až k poškodeniu motora. Príčinou môžu byť malé kovové čiastočky, ktoré sa usadia v sedle ihly a držia ju otvorenú. Taktiež môže byť poškodená ihla vďaka vysokému tlaku, prípadne poškodenie nastane prehrievaním (čo je zvyčajne spôsobené neodbornou inštaláciou). Opotrebovať sa môže taktiež aj sedlo guľôčkového ventilu čo zapríčini neúplné dosadnutie ihly. Pokiaľ sú trysky vstrekočov poškodené nadmerne, je potrebné ich vymeniť alebo repasovať. Vyhnúť sa tomuto problému je možné pravidelnou údržbou palivového systému. [9]



Obr.15 Poškodená tryska vstrekoča [16]

Nesprávne časovanie vstrekočov spôsobuje nepravidelný chod motora, teplota výfukových plynov z valca s poškodeným vstrekočom sa líši v porovnaní s ostatnými valcami a chod valcov medzi sebou je nerovnomerný. Príčinou je v prvom rade nesprávne skompletovaný vstrekoč, ale taktiež opotrebované sedlo guľôčkového ventilu. Najjednoduchšou cestou k náprave je vstrekoče repasovať. [9]

V prípade vysokého interného úniku, alebo vysokého množstva paliva, ktoré sa dostáva cez prepád naspäť do nádrže motor naštartuje s veľkými ťažkosťami a riadiaca jednotka signalizuje problém s nízkym tlakom na vstrekovači. Tento jav sa prejavuje pri poškodenom tele vstrekovača alebo trysky, poškodenom vysokotlakovom tesnení, sedle guľôčkového ventilu a pre neprimeranú vôľu ihly v tryske. Jediné možné riešenie tohto problému je buď repasovanie starých vstrekovačov, respektíve kúpa nových, samozrejme certifikovaných a značkových vstrekovačov. Predísť sa tomu samozrejme dá, podobne ako v predchádzajúcich prípadoch správnou údržbou palivového systému. [9]



Obr.16 Prasknutá tryska vstrekovača [15]

Poslednou z hlavných porúch vstrekovača zapríčinených mechanickou vadou je nesprávna miera vstrekovania paliva. Táto porucha sa prejavuje v nekultivovanom chode motora a rôznymi teplotami výfukových plynov z jednotlivých valcov. Neskoré diagnostikovanie tejto poruchy môže viesť až k poškodeniu respektíve prepáleniu piesta. V tomto prípade je táto porucha zapríčinená tryskou. Tá môže byť zanesená, tým pádom stráca ťah. Taktiež to závisí na správnom zdvihu ihly trysky. Pri kúpe neznačkových vstrekovačov je tento zdvih väčšinou nepresný. Predísť sa tomu dá kúpou certifikovaných originálnych vstrekovačov, nečistiť trysku drôteným kartáčom, ale najlepšie ultrazvukom a dodržiavať údržbu palivového systému. [9]

4.2 PORUCHY ZAPRÍČINENÉ NEDOSTATOČNOU KVALITOU PALIVA

Nadmerné opotrebovanie môže postihnúť každý vstrekovač počas dlhého času, čo je v prevádzke, avšak kvalita paliva má rozhodujúci dopad na rozsah opotrebovania. Spočiatku sa ako prírodné mazivo v naftě používala síra, ale neskôr sa ukázalo, že upcháva filtre pevných častíc. Výrobcovia nafty tak postupom času začali síru nahradzovať aditívami, aby vrátili mazacie schopnosti nafty. Používaním nafty s ultra nízkym obsahom síry je teda možné zabrániť rýchlemu opotrebovaniu vstrekovača. [9]

Abrázívne opotrebovanie je väčšinou zapríčinené nečistotami v palivách a môže viesť k silno nedokonalému spaľovaniu. Tieto nečistoty sa môžu nachádzať aj v tých najkvalitnejších palivách a sú schopné prejsť cez palivový filter. [9]



Obr.17 Tryska poškodená nízkou kvalitou paliva [19]

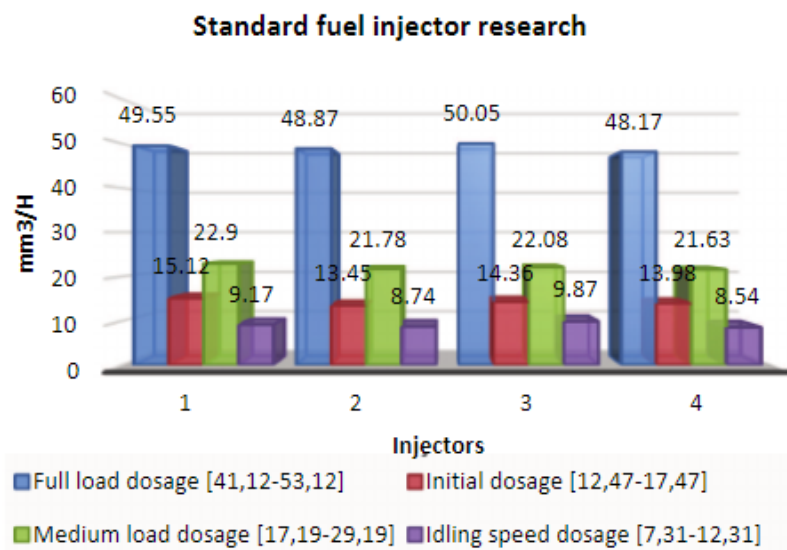
5 DIAGNOSTIKA VSTREKOVAČOV COMMON RAIL

Z hľadiska výskumu diagnostiky a možnosti opravy môžeme vstrekovalče moderného systému common rail rozdeliť na opraviteľné a neopraviteľné. Každý vstrekovalč môže byť diagnostikovateľný, ale kvôli rozdielnym technológiám a originálnym súčiastkam, nie každý môže byť opraviteľný. Platí to aj na výrobky renomovaných výrobcov ako Bosch, Delphi, Denso a Continental. Bosch Denso a Delphi vyrábajú elektromagnetické a piezoelektrické vstrekovalče a spoločnosť Continental výhradne piezoelektrické vstrekovalče.

5.1 DIAGNOSTICKÉ METÓDY MODERNÝCH VSTREKOVAČOV

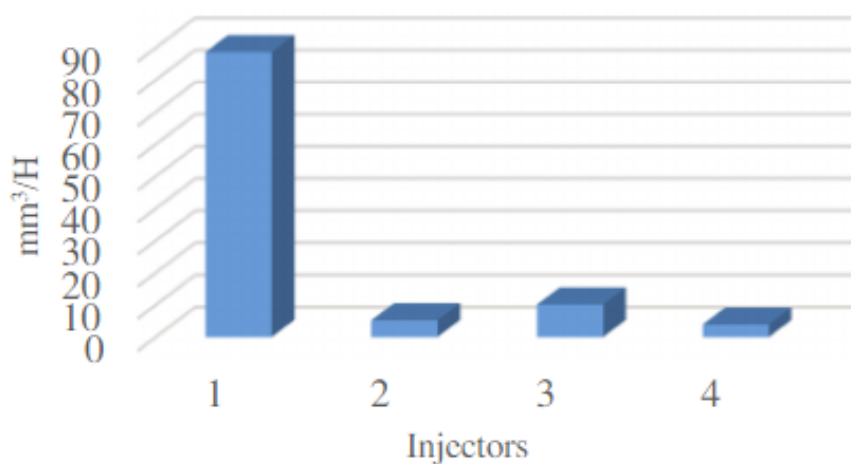
Diagnostika vstrekovalčov prebieha z dvoch hľadísk. Prvé je, keď motor nejde naštartovať a druhé hľadisko je, keď motor je v činnosti. Pokiaľ je možné motor naštartovať, zisťujú sa dávky paliva, ktoré idú cez prepád naspäť do nádrže a aktuálne parametre motora použitím diagnostického prístroja. Pokiaľ tieto parametre signalizujú nesprávnu funkciu vstrekovalčov, je nevyhnutné vstrekovalče vymontovať a otestovať na testovacej stolici. Ak nastane situácia že motor nejde naštartovať, tak sa pomocou diagnostického prístroja prečítajú chybové hlášky, vstrekovalče sa demontujú a otestujú na testovacej stolici. Je veľmi dôležité, aby sa pri diagnostike venovala pozornosť ku každému vstrekovalču zvlášť a hlavne objemu paliva, ktoré sa za hodinu cez prepád vráti naspäť do nádrže. Vo veľa prípadoch sa stáva, že celková diagnostika motora nevypíše žiadne chybové hlášky aj napriek tomu, že motor nejde hladko, má zvýšenú spotrebu a iné ďalšie ukazatele. Vtedy sa robí detailná diagnostika vstrekovalčov takzvanou pracovnou charakteristikou vstrekovalčov. Existujú analytické metódy založené na počte a rozsahu vstrekovacích dávok. Tieto metódy však nie sú najpresnejšie, pretože je nemožné vypočítať a predpovedať pracovné parametre vstrekovalča, ktorý je zložený z viacerých komponentov a pracuje vo veľkom rozmedzí tlakov a vstrekovacích časov. Preto je pri diagnostike potrebné sa zamerať nie na vstrekovalč ako celok ale na jednotlivé časti a fázy vstrekovania. [10]

Ako príklad poslúžia piezoelektrické vstrekovalče od firmy Continental. Problém bol v nepravidelnom chode motora v rozmedzí otáčok od 1300 do 1800 ot/min. Diagnostika motora vypísala chybu v vstrekovalčoch. Štandardný test bol prvým štádiom diagnostiky. Ten ukázal, že vstrekovalče pracujú s malými odchýlkami, ktoré však sú v norme, preto bolo treba sa zamerať na určitú oblasť a v tomto prípade to boli počiatočné dávky. [10]



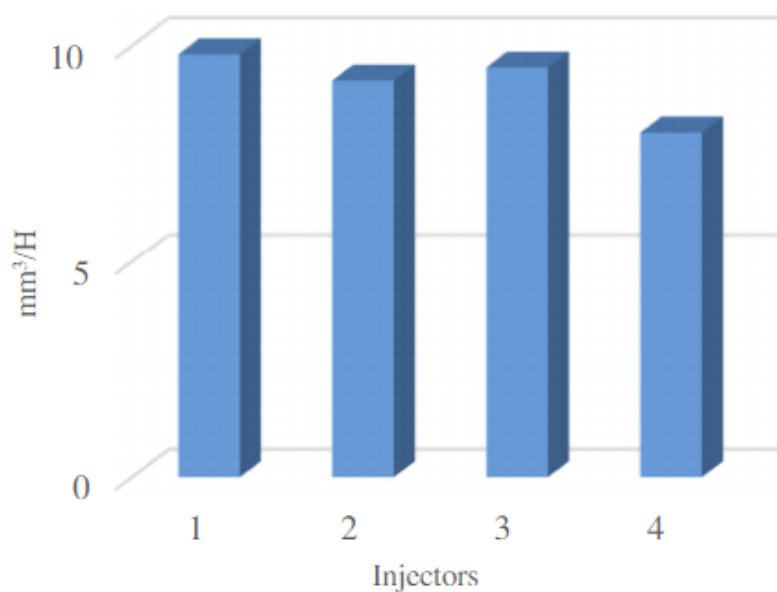
Obr.18 Štandardný test vstrekočav [10]

Počiatková dávka trvá v priemere približne 200 μ s pre rôzne otáčky motora. Nesprávna dávka následne môže spôsobiť zlý chod motora. Grafy následne ukazujú, že prvý vstrekočav má oveľa väčšiu hodnotu objemu paliva, ktoré sa vracia naspäť do prepadu. Test prebiehal pri rôznych podmienkach. Najväčšia odchýlka je zaznamenaná pri tlaku 50 MPa vstrekovacieho času 200 μ s a frekvencii 20 Hz. [10]



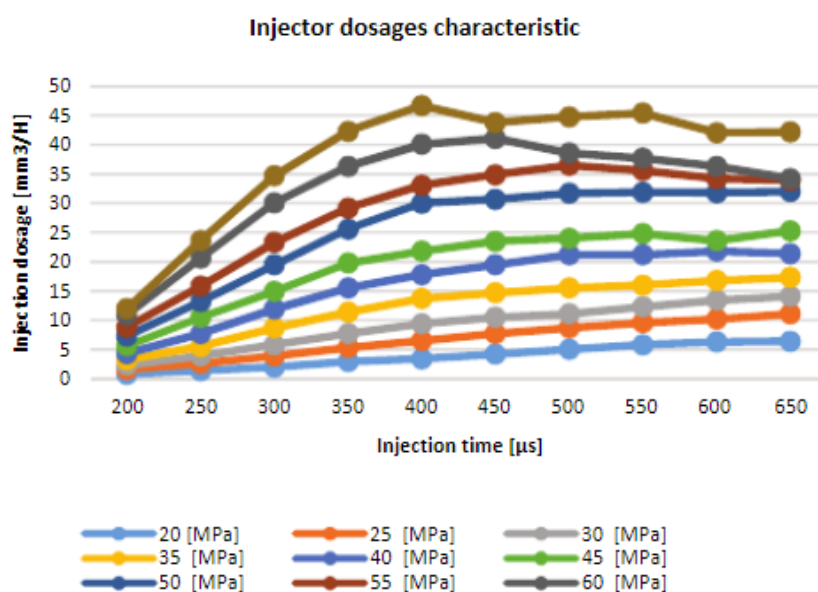
Obr.19 Hodnota počiatkovej dávky pri tlaku 50Mpa [10]

Testovanie prebiehalo pridávaním 10 MPa kým sa vstrekočav v rámci normy nezrovnajú. To nastalo až pri tlaku 120 MPa vstrekovacom čase 200 μ s a frekvencií 20 Hz. [10]

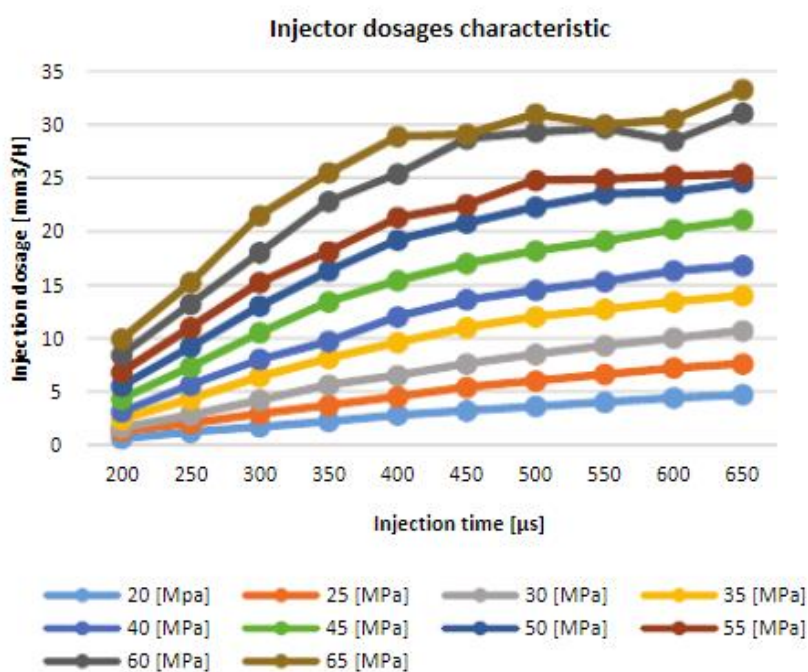


Obr.20 Hodnota počiatkovej dávky pri tlaku 120Mpa [10]

Test ukázal, že nepravidelný chod motora bol spôsobený veľkou počiatkovou dávkou na prvom vstrekovači pri tlakoch v rozmedzí 40-110 MPa. Porucha nastala v piezoelektrickom module. Štandardný a elektrický test túto chybu neodhalil, muselo sa pristúpiť až k analytickej metóde. Podstatou bol výber jednotlivých častí vstrekovacieho cyklu a následným rozborom tejto časti. [10]



Obr.21 Pracovní charakteristika vadného vstrekovača [10]



Obr.22 Pracovní charakteristika funkčního vstrekovača [10]

5.2 DIAGNOSTIKA POMOCOU TESTERA VSTREKOVAČOV

Pokiaľ nie je k dispozícii diagnostická stolica pre vstrekovače, je možné vykonať rýchlu základnú diagnostiku takzvaným testerom vstrekovačov Common Rail. Je k tomu potrebná sada s rôznymi adaptérmí pre rôzne značky vstrekovačov, fľaštičky do ktorých bude palivo prúdiť a hadice. Existujú dva spôsoby testovania. Prvý je keď sa motor spúšťa, druhý spôsob je pri chode motora. Testovanie spočíva v odmeraní množstva paliva vráteného cez prepád naspäť do nádrže. V prvom kroku je potrebné odpojiť hadičky, ktoré vedú do prepadu. Následne je potrebné pripojiť na každý jeden vstrek hadičku na ktorej druhej konci je nádobka so stupnicou. Motor sa naštartuje a nechá sa zapnutý po určitú dobu. Musí sa dbať na to aby bol zohriaty na prevádzkovú teplotu. Meranie prebieha buď pri voľnobehu alebo pri zvýšených otáčkach. Pri meraní na voľnobehu sa merajú takzvané korekčné dávky, ktoré zabezpečujú kultivovaný chod motora pri voľnobehu. Následne sa motor vypne a v nádobkách je vidieť koľko paliva každý jeden vstrek prepúšťal späť do nádrže. Na základe toho je možné zistiť, ktorý vstrekovač vstrekuje malú alebo, ktorý vstrekuje veľmi veľkú dávku paliva. Rozdiel s odchýlkou 20-30 % je stále v norme. Je to relatívne jednoduchý a pomerne lacný test, ktorým môžeme zistiť chybu na vstrekovači.



Obr.23 Test vstrekovačov pomocou merania množstva paliva [18]

ZÁVER

Vznetové motory jedným z najrozšírenejších agregátov. Výhodou je nízka spotreba paliva a hlavne široká škála použiteľnosti. Nachádzajú sa v osobných automobiloch, v lodnej a nákladnej doprave. Avšak v dnešnej dobe, keď sa pri vznetových motoroch upriamuje pozornosť hlavne na produkovanie emisie, je ťažké ich udržať na trhu. Sprísňujúce emisné normy sú neľahkou prekážkou ale zároveň aj výzvou pre konštruktérov. Hlavnou časťou motora, ktorá dokáže ovplyvniť produkovanie emisie, okrem externých zariadení ako je EGR ventil, alebo filter pevných častíc, sú vstrekovacie. Práve spôsob vstreknutia paliva rozhoduje o množstve emisií, kvalite spaľovania a spotrebe. Pre systém common rail existujú v podstate dva typy vstrekováčov a to elektromagnetický a piezoelektrický vstrekováč.

Hlavnou výhodou elektromagnetického vstrekováča je podľa môjho názoru široký záber použiteľnosti. Keďže si nepotrpí len na výhradne kvalitnú naftu, je možné tieto vstrekovacie inštalovať do lodnej, nákladnej a v neposlednom rade osobnej dopravy. Taktiež je veľkou výhodou nižšia výrobná cena týchto vstrekováčov v porovnaní s piezoelektrickými vstrekováčmi.

Druhý typ vstrekováča je piezoelektrický vstrekováč. Ten je v priemere 4 krát rýchlejší ako konvenčný solenoid a dokáže vstreknúť dávku o veľkosti ktorá je menšia ako 1 mm^3 , čo spôsobí oveľa lepšie rozprášenie paliva ako pri konvekčnom solenoide. Taktiež dokáže vykonať až 8 vstrekov vrátane predvstrekov počas jedného vstrekovacieho cyklu. Tieto všetky faktory vplývajú na emisie. Jeho životnosť vďaka jednoduchšej konštrukcii je tiež väčšia, ako pri elektromagnetickom vstrekováči. Jeho nevýhody sú napríklad vysoká cena a citlivosť na kvalitu paliva.

Na základe získaných znalostí by som si zvolil piezoelektrický vstrekováč, a to hlavne z dôvodu vyššej životnosti, menším vstrekovacím dávkam a dokonalejšiemu spaľovaniu. Tieto faktory súvisia hlavne s nižšími emisiami CO_2 , a tie rozhodujú o budúcom osude vznetových motorov. Pokiaľ sa nepríde v najbližšej budúcnosti s nejakou lepšou alternatívou, tak vznetové motory sú v dnešnej dobe nenahraditeľnými. Podľa môjho názoru, ak si vybrať vznetový motor v dnešnej dobe, tak jedine s piezoelektrickými vstrekováčmi.

POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] High-pressure pump CP4/CP4N. *Www.bosch-mobility-solutions.com* [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/powertrain-systems/common-rail-system-piezo/high-pressure-pump-cp4/>
- [2] High-pressure rail *for common-rail systems*. *Www.bosch-mobility-solutions.com* [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/powertrain-systems/common-rail-system-piezo/high-pressure-rail/>
- [3] Vstrekovače systému common rail. *Http://www.autorubik.sk* [online]. 2012 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/vstrekovace-systemu-common-rail/#prettyPhoto>
- [4] Vstrekovače Common rail: „šmejdy“ alebo „high-tech“ produkty?. *Vstrekovače Common rail: „šmejdy“ alebo „high-tech“ produkty?* [online]. Pezinok: Agát Diesel, 2010 [cit. 2020-03-05]. Dostupné z: <https://www.asttools.co.uk/diesel-injector-back-leakage-test-kit-common-rail-engines-ast6070>
- [5] LANDHÄÜBER, Felix. *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. 1. české vyd. Přeložil Stanislav HANÁK. Praha: Robert Bosch, 2005. Technické vzdělávání. ISBN isbn-80-903132-7-2.
- [6] Bosch-Common Rail System – Operating principle of the fuel injectors. *Www.dieselmehanic.info* [online]. 2018 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: http://www.dieselmehanic.info/common-rail/bosch-common-rail-system-operating-principle-of-the-fuel-injectors.html?fbclid=IwAR3H1Kici00bV4-g36VVKNIJa2yrd1ONE8oJ9XWhb_sJB6XqHo7LJHB5-C0
- [7] SBT enclosure M57TU, M67TU: Piezo injector: *Construction*. *Www.newtis.info* [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.newtis.info/tisv2/a/en/e39-530d-lim/repair-manuals/12-engine-electrical-system/29ijvf>
- [8] Siemens-Common Rail System – *Piezo-electric* control of fuel injectors. In: *Www.dieselmehanic.info* [online]. 2018 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <http://www.dieselmehanic.info/common-rail/siemens-common-rail-system-piezo-electric-control-of-fuel-injectors.html>
- [9] Why Diesel Fuel Injectors Fail. *Www.trucktrend.com* [online]. 2012 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <http://www.trucktrend.com/how-to/expert-advice/1211dp-why-diesel-fuel-injectors-fail/>

- [10] Diagnosing methods common rail fuel injectors. <https://www.researchgate.net/> [online]. 2017 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/317934880_Diagnosing_methods_common_rail_fuel_injectors
- [11] Common Rail. [Www.autolexicon.net](http://www.autolexicon.net) [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/common-rail/>
- [12] Solenoid valve injector for common-rail systems. In: [Www.bosch-mobility-solutions.com](http://www.bosch-mobility-solutions.com) [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/powertrain-systems/common-rail-system-solenoid/solenoid-valve-injector-cri2/>
- [13] DSLA145P604 Bosch Diesel Injector Nozzle Common Rail Injector Nozzle. In: [Www.phillyfirenews.com](http://www.phillyfirenews.com) [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.phillyfirenews.com/fear-63854813-dsla145p604-bosch-diesel-injector-nozzle-common-rail-injector-nozzle.html>
- [14] Piezo injector for common-rail systems. [Www.bosch-mobility-solutions.com](http://www.bosch-mobility-solutions.com) [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/powertrain-systems/common-rail-system-piezo/piezo-injector-cri3/>
- [15] Application of Subversion Analysis in the Search for the Causes of Cracking in a Marine Engine Injector Nozzle. In: [Www.researchgate.net](http://www.researchgate.net) [online]. 2018-03 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/A-cracked-tip-of-a-nozzle-body-in-the-fuel-injector-of-a-diesel-engine-26_fig2_323656677
- [16] Diesel Service. In: [Http://experteccostamesa.com/](http://experteccostamesa.com/) [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <http://experteccostamesa.com/index.php/diesel-service-and-repair>
- [17] Statistical Evaluation of the Corrosive Wear of Fuel Injector Elements Used in Common Rail Systems. In: [Www.researchgate.net](http://www.researchgate.net) [online]. 2015 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/A-cracked-tip-of-a-nozzle-body-in-the-fuel-injector-of-a-diesel-engine-26_fig2_323656677
- [18] Diesel Injector Back Leakage Test Kit - Common Rail Engines. [Www.asttools.co.uk](http://www.asttools.co.uk) [online]. [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://www.asttools.co.uk/diesel-injector-back-leakage-test-kit-common-rail-engines-ast6070>
- [19] Advanced fuel additives for modern internal combustion engines. In: <https://www.sciencedirect.com/> [online]. 2014 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857095220500078>