



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PALIVOVÉ SYSTÉMY VZNĚTOVÝCH MOTORŮ

CI - ENGINES FUEL SYSTEMS

BAKALÁRSKA PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN DUDA

VEDÚCI PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2015

ANOTÁCIA BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Meno a priezvisko: Martin Duda

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Názov práce: Palivové systémy vznětových motorů

Vedúci práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Počet strán: 50

Počet příloh: 0

Počet titulov použitéj literatury: 36

Klíčové slová: vznětový motor, palivová soustava, vstrekovač, Common rail – prvky systému

Keywords: diesel engine, fuel system, injector, Common rail – parts of system

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zaoberá palivovými systémami, predovšetkým ale vstrekovacím systémom Common rail. Najpoužívanejší vstrekovací systém, ktorý je na trhu už takmer dvadsať rokov sa postupne inovuje a zdokonaľuje. Preto okrem popisu jednotlivých častí systému, sú v práci obsiahnuté aj novinky za posledných päť rokov a úvaha o budúcnosti systému.

ABSTRACT

This bachelor thesis is about fuel systems, especially is focused on the injection system Common rail. The most usable injection system at this time, which is almost twenty years at the market and during the time system is getting better and more innovative. In addition to description of main parts of the system, are at this thesis included innovations of last five years and reflection of future.

Bibliografická citácia

DUDA, M. *Palivové systémy vznětových motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 50 s. Vedúci bakalárskej práce Ing. Radim Dudálek, Ph.D..

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne, pod vedením vedúceho Ing. Radima Dundálka, Ph.D. a za pomoci uvedenej literatúry.

V Brne dňa 28.5.2015

.....

Martin Duda

PodĎakovanie

Rád by som týmto poďakoval Ing. Radimu Dundálkovi, Ph.D., za cenné rady a pripomienky pri vypracovávaní tejto bakalárskej práce.

V Brne dňa 28.5.2015

Ďakujem.

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Vývoj systému Common rail	10
2.1 Systém Common rail I. generácie	10
2.2 Systém Common rail II. generácie	11
2.3 Systém Common rail III. generácie	11
2.4 Systém Common rail IV. generácie	12
3 Emisné normy.....	15
3.1 Emisná norma Euro	15
3.1.1 Norma Euro 6	15
3.1.2 Budúcnosť sprísňovania Euro noriem.....	15
4 Palivová sústava	17
4.1 Palivový systém.....	17
4.2 Zásobovanie palivom, Nízkotlaková časť	18
4.2.1 Palivové potrubie.....	18
4.2.2 Palivový filter	18
4.2.3 Palivová nádrž	18
4.2.4 Palivové čerpadlo	18
4.2.4.1 Elektrické palivové čerpadlo	19
4.2.4.2 Zubové palivové čerpadlo	20
4.3 Vysokotlaková časť systému Common rail.....	21
4.3.1 Vysokotlakové čerpadlo	22
4.3.2 Vstrekovač.....	26
4.3.2.1 Vstrekovač s elektromagnetickým ventilom	26
4.3.2.2 Piezoelektrický vstrekovač inline	29
4.3.2.3 Najnovší vývoj vstrekovačov	30
4.3.3 Vysokotlakový zásobník (rail).....	30
4.3.3.1 Regulačný tlakový ventil.....	33

4.3.3.2 Vysokotlakové snímače	34
4.3.4 Vysokotlakové potrubia	34
4.3.4.1 Vysokotlakové palivové potrubia	34
4.3.4.2 Vysokotlakové přípojky	35
4.3.5 Vstrekovací trysky	35
4.3.5.1 Otvorové trysky	35
4.3.5.2 Budúci vývoj vstrekovacích trysiek	36
5 Elektronická regulácia vznětových motorů	38
5.1 Bloky elektronickej regulácie	38
5.2 Regulácia vstrekovaného paliva	38
6 Závady systému Common rail	41
6.1 Závada na vstrekovačoch	41
6.1.1 Kvalita nafty	41
6.2 Závada na čerpadle	41
7 Budúcnosť systému Common rail	45
8 Záver	47
9 Zdroje	48

1 Úvod

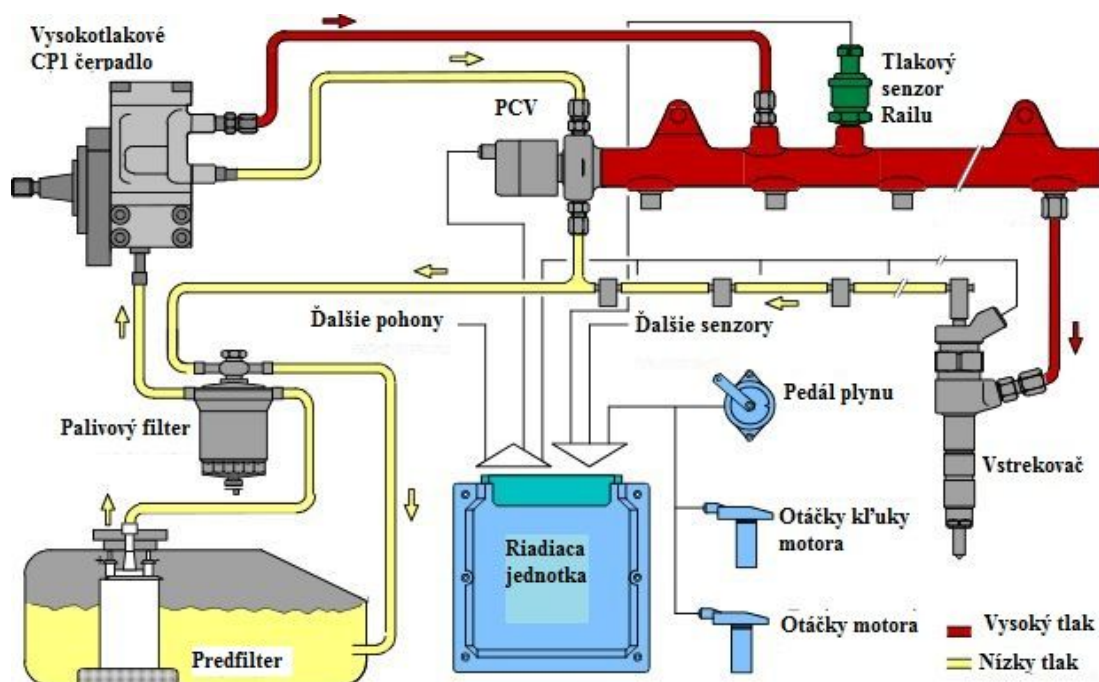
Žijeme v době, kedy je spaľovací motor súčasťou nášho každodenného života a nevieme si bez neho predstaviť naše životy. Využívame ho najmä v doprave. Najpopulárnejšou variantou je v našich končinách vznětový spaľovací motor, ktorým je poháňaná väčšina vozidiel v Európe. Ide o konštrukčne náročnejšiu, no celkovo účinnejšiu variantu spaľovacieho motora. Pri spaľovaní nafty vznikajú rôzne škodliviny, ktoré sa snažia výrobcovia eliminovať. Nároky na vznětové motory sú každým rokom vyššie a vyššie, keďže normy v oblasti ekológie sú z roka na rok prísnejšie a cena nafty má dlhodobý rastúci charakter. To sú fakty, ktoré burcujú konštruktérov k vylepšeniam, ktoré znižujú spotrebu aj emisie pri zachovávaní alebo zvyšovaní výkonu. Štandardom v dnešnej dobe je preplňovanie napríklad turbodúchadlom, to však kladie veľmi vysoké nároky na palivovú sústavu, ktorá tvorí jednu z kľúčových častí vznětových motorov nielen pri plnení noriem, no aj pri dosahovaní čo najnižších prevádzkových nákladov.

2 Vývoj systému Common rail

Prvý prototyp systému vznikol v 60. Rokoch vo Švajčiarsku, no komerčné využitie našiel až v 90. rokoch. Prv sa do vývoja zapojila firma Denso z Japonska v oblasti nákladných áut, neskôr sa masovejšie rozšíril aj do osobných automobilov. Systém Common rail sa počas osemnástich rokov, čo je komerčne na trhu, značne zdokonalil, zefektívnil a hlavne je viac ekonomickejší a ekologickejší, čo znamená, že vozidlá vybavené týmto systémom spĺňajú aj najprísnejšiu Euro normu. V súčasnej dobe je systém Common rail najpoužívanejším spomedzi systémov, ktoré sú používané v dieselových agregátoch. Svedčia o tom aj čísla keď v Januári 2013 spoločnosť Bosch oslavovala 10 milióny Common rail systém v úžitkovom aute a 74 milióny systém v osobnom aute. [17] V nasledujúcich podkapitolách by som rád priblížil akou evolúciou počas týchto rokov systém prešiel, pričom základným rozdielom medzi generáciami je hlavne použitý vstrekovač a použité vysokotlakové čerpadlo.

2.1 Systém Common rail I. generácie

Ide o systém predstavený priekopníkom Common railov, spoločnosťou Bosch v roku 1997 a prvé osobné vozidlá využívajúce tento systém boli Alfa Romeo 156 2.4 JTD a Mercedes Benz C 220 CDI. Vstrekovače v tejto generácii boli ovládané elektromagnetickým ventilom a boli schopné vyvinúť vstrekovací tlak 145 MPa. K neekonomickým riešeniam patrilo riadenie tlaku v raily pomocou regulačného ventilu na strane vysokého tlaku, pretože vysokotlakové čerpadlo bežalo na plný výkon pri všetkých pracovných režimoch motora, čo malo za dôsledok odoberanie zbytočne veľkého množstva energie pri nízkych otáčkach motora. Čerpadlo bývalo v mnohých prípadoch veľmi zahriate, preto sa často využíval chladič paliva. Samotné vstrekovanie prebiehalo v dvoch fázach, prvá fáza bola malý predvstrek, ktorý ohrieval spaľovací priestor, druhá fáza bola hlavný vstrek, to všetko sa dialo v rámci jedného cyklu. Používané boli čerpadlá typu CP1 prípadne CP2. [3][7]



Obr. 2.1 Schéma palivovéj sístavy prvej generácie Common railu [9]

2.2 Systém Common rail II. generácie

Ďalšia generácia systému prišla na trh v roku 2001, systém využíval elektromagnetické vstrekovače, no umožňovali tlak až do 160 MPa. Hlavným rozdielom od predošlej generácie je regulácia množstva paliva na strane prítoku s dvoma elektromagnetickými ventilmi, takže vysokotlakové čerpadlo už nepracovalo neustále na plný výkon ale dopravovalo do railu len také množstvo paliva, ktoré v danú chvíľu bolo potreba. To do značnej miery znížilo spotrebu aj emisie. Novinkou bol pridaný ďalší vstrek nazývaný dostrek. V tejto generácii sa používali vysokotlakové čerpadla typu CP1H a CP3. [3]

2.3 Systém Common rail III. generácie

Na trhu sa vyskytuje od roku 2003, dochádza k opätovnému navýšeniu vstrekovacieho tlaku do roku 2007 to bolo približne 180 MPa, no po roku 2007 sa vstrekovací tlak zvýšil až do 205 MPa. Základnou odlišnosťou od predchádzajúcej generácie je použitie piezoelektrických inline vstrekovačov, to umožnilo viac vstrekov počas jedného cyklu a taktiež vozidlá plnili vtedajšiu ekologickú normu Euro IV a to bez nutnosti použiť filter pevných častíc. Vysokotlakové čerpadla sa oproti predošlej generácii výraznejšie nezmenili. [3]

2.4 Systém Common rail IV. generácie

Zatiaľ posledná generácia systému, ktorá využíva lacnejšie a odolnejšie elektromagneticky ovládané vstrekovače, tentoraz sú už však vstrekovače vybavené hydraulickým zosilňovačom tlaku¹, takže umožňujú vstrekovacie tlaky až okolo 250 MPa. Toto riešenie znižuje energetické nároky vysokotlakového čerpadla, vedenia, pretože sa pracuje s nižším tlakom, ktorý je lepšie ovládateľný. Maximálny vstrekovací tlak sa tvorí vo vstrekovači. Palivo je vstrekané viacnásobne v rámci jedného cyklu, pri ktorom sa vstrekuje s postupne rastúcim tlakom. Toto riešenie umožňuje plniť najnovším vznetovým agregátom s touto technológiou emisnú normu Euro VI. [1]

Na základe rokov vývoja a zdokonaľovania, sa dajú formulovať výhody a nevýhody celého Common rail systému.

Výhody:

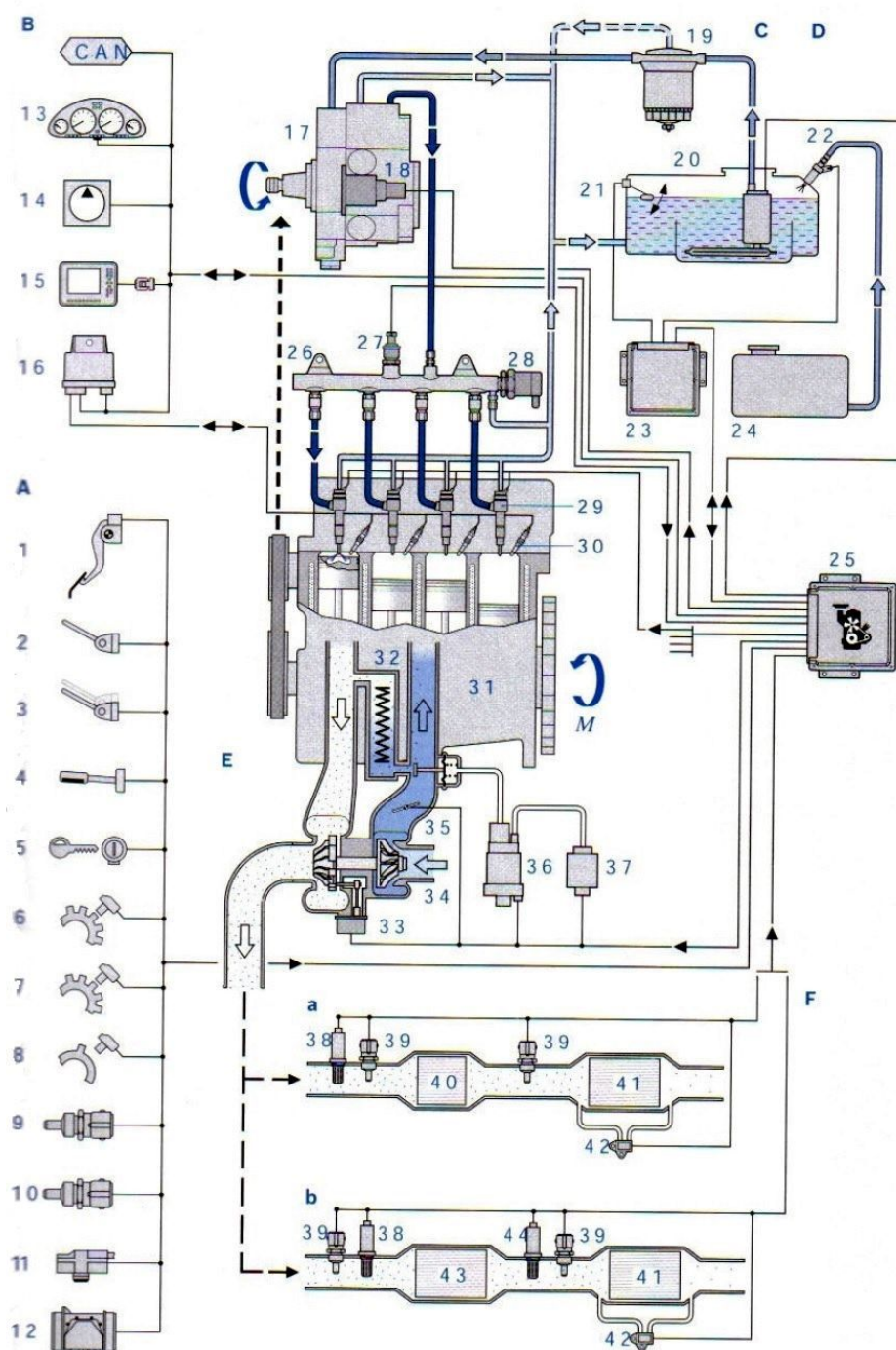
- Vyššie tlaky a teda lepšia atomizácia paliva
- Viac vstrekov pri jednom cykle
- Vysoký tlak je k dispozícii len ak ho je potreba

Z predchádzajúcich výhod pramenia klady ako nižšia spotreba paliva a z toho vyplývajúce nižšie prevádzkové náklady, vyššia účinnosť a redukcia emisií.

Nevýhody systému Common rail:

- Za najväčšie nevýhody systému považujem značnú finančnú náročnosť opravy a fakt, že pri poruche časti vstrekovacieho systému palivo neustále uniká do spaľovacieho priestoru motora, čo môže viesť až k zničeniu motora.

¹ HADI – Hydraulically Amplified Diesel Injector, pracuje s prevodovým piestom, ktorý zvyšuje aktuálne používaný tlak v systéme. [1]



Obr. 2.2 Vstrekovací systém Common rail pro vznětový motor osobního auta [2]

Hlavné oblasti obrázka:

A – Oblasť snímačov a čidiel, B – Oblasť rozhrania, C – Nízkotlaková časť, D – Systém prísad, E- Zásobovanie vzduchom, F- Upravovanie výfukových plynov

Vysvetlivky:

- | | |
|--|--|
| 1 Snímač polohy plynového pedála | 20 Palivová nádrž s filtrom |
| 2 Spojkový spínač | 21 Senzor množstva paliva |
| 3 Kontakty na brzdách | 22 Dávkovacie zariadenie prísad |
| 4 Ovládanie tempomatu | 23 Riadiaca jednotka prísad |
| 5 Zapaľovacia skrinka (žhavenie) | 24 Nádrž s prísadami |
| 6 Snímač rýchlosti jazdy | 25 Riadiaca jednotka motoru |
| 7 Snímač otáčok kľukového hriadeľa | 26 Vysokotlakový rail zásobník |
| 8 Senzor otáčok vačkového hriadeľa | 27 Snímač tlaku v rail zásobníku |
| 9 Snímač teploty motora | 28 Regulačný tlakový ventil |
| 10 Merač teploty plniaceho vzduchu | 29 Vstrekovač |
| 11 Senzor plniaceho tlaku | 30 Žhaviaca sviečka |
| 12 Meranie hmotnosti nasávaného vzduchu | 31 Vznětový motor |
| 13 Prístrojová doska | 32 Chladič spätne vedených kvapalín |
| 14 Kompresor klimatizácie | 33 Regulátor plniaceho tlaku |
| 15 Diagnostické rozhranie | 34 Turbodúchadlo |
| 16 Riadiaca jednotka žhavenia CAN ² | 35 Regulačná klapka |
| 17 Vysokotlakové čerpadlo | 36 Regulátor recirkulácie spalín |
| 18 Škrtiaci ventil | 37 Podtlaková pumpa |
| 19 Palivový filter | 38 Lambda sonda |
| | 39 Snímač teploty výfukových plynov |
| | 40 Oxidačný katalyzátor |
| | 41 Filter pevných častíc |
| | 42 Snímač rozdielu tlaku |
| | 43 Zásobníkový katalyzátor NO _x |
| | 44 Doplnková výbava snímač NO _x |

² Skratka z anglických slov Controller area network, sériová dátová zbernica vo vozidle

3 Emisné normy

Jedným z hlavných dôvodov, prečo sa systém Common rail vyvíjal, boli sprísňujúce sa emisné normy vo všetkých častiach sveta. Tieto normy motivovali konštruktérov, ktorí sa snažili tvoriť konkurencie schopné vznětové motory za súčasného plnenia sprísňujúcich sa emisných noriem. Proces znižujúcich sa exhalátov z vozidiel je veľmi dlhodobá záležitosť, preto aj výsledky v podobe čistejšieho ovzdušia pocítíme až neskôr.

3.1 Emisná norma Euro

Ide o záväznú normu Európskej únie, ktorá pojednáva o limitných hodnotách škodlivín vychádzajúcich z výfukových plynov motorových vozidiel v závislosti na prejdenej kilometre. Norma sa delí do viacerých kategórií a to na normy pre osobné a ľahké úžitkové automobily, značí sa arabskými číslicami, ďalej na normy pre nákladné automobily a autobusy, značí sa rímskymi číslicami. Hlavným zameraním Euro noriem sú limitné hodnoty oxidu uhoľnatého³, uhl'ovodíkov⁴, oxidov dusíka⁵ a pevných častíc⁶. Hraničné hodnoty vymenovaných plynov a častíc platia pre nové vozidlá uvádzané na trh. Emisná norma Euro je platná od roku 1992 kedy bola schválená jej prvá etapa s označením Euro 1 a do platnosti vstúpila od 1.1.1993. Od tej doby ubehlo takmer 23 rokov a norma prešla istým vývojom. Je dôležité dodať, že emisie CO₂, ktoré taktiež vznikajú pri spaľovaní sa nekorigujú Euro normou.

3.1.1 Norma Euro 6

Najaktuálnejšia etapa normy, ktorá je v platnosti od septembra 2014 pre schvaľovanie nových automobilov, no do platnosti pre registráciu a predaj nových vozidiel vojde až v septembri 2015. V tejto norme sa očakáva častejšie využívanie SCR⁷ katalyzátorov vo vznětových motoroch osobných automobilov.

3.1.2 Budúcnosť sprísňovania Euro noriem

Počet škodlivín vo výfukových plynoch sa bude aj na ďalej znižovať. Do roku 2020 vojde do platnosti siedma etapa Euro normy.

Mimo Euro noriem sa budú sprísňovať aj hodnoty CO₂, do roku 2025 majú klesnúť až na 68 gramov na kilometer . [20]

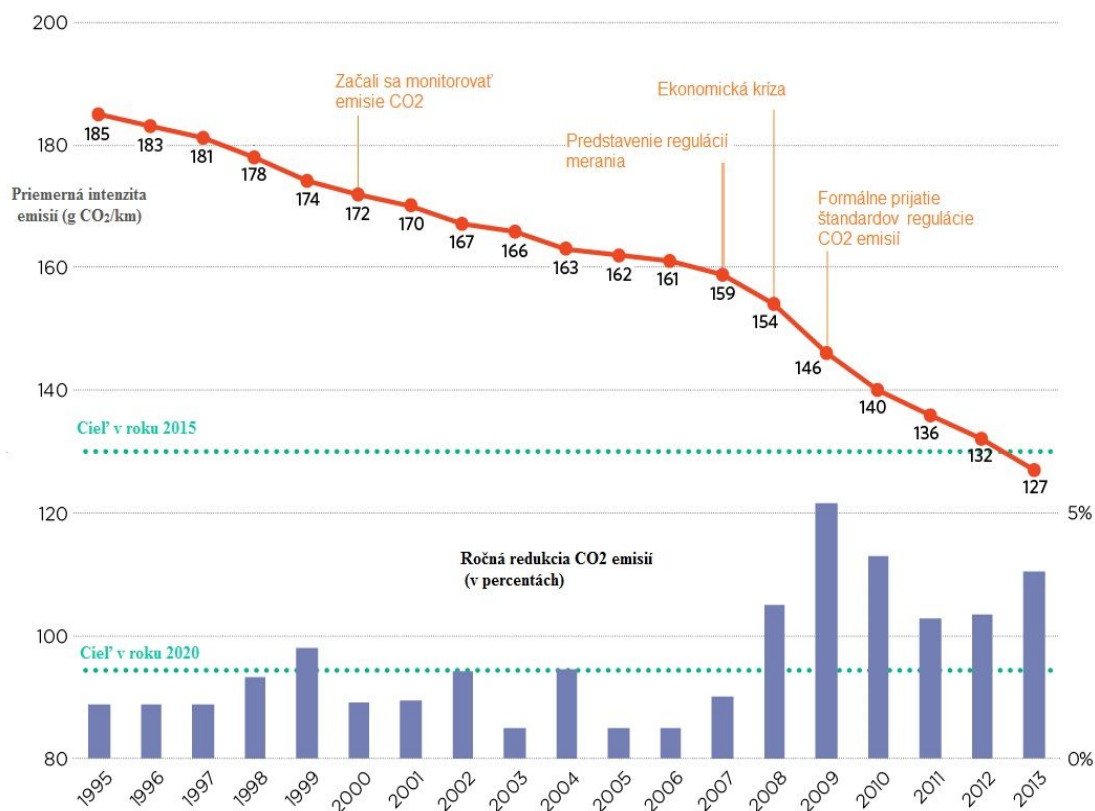
³ Chemická značka CO, silno jedovatý plyn, ktorý sa viaže na červené farbivo hemoglobín, zabraňuje krvi viazať kyslík, v krajnom prípade môže spôsobiť smrť.

⁴ Označenie HC.

⁵ Značka NO_x.

⁶ V tabuľkách značené ako PM.

⁷ Skratka znamená selektívna katalytická redukcia, kedy sa znižujú redukujú škodlivé oxidy dusíka na vodu a molekulárny dusík za použitia amoniaku alebo močoviny.



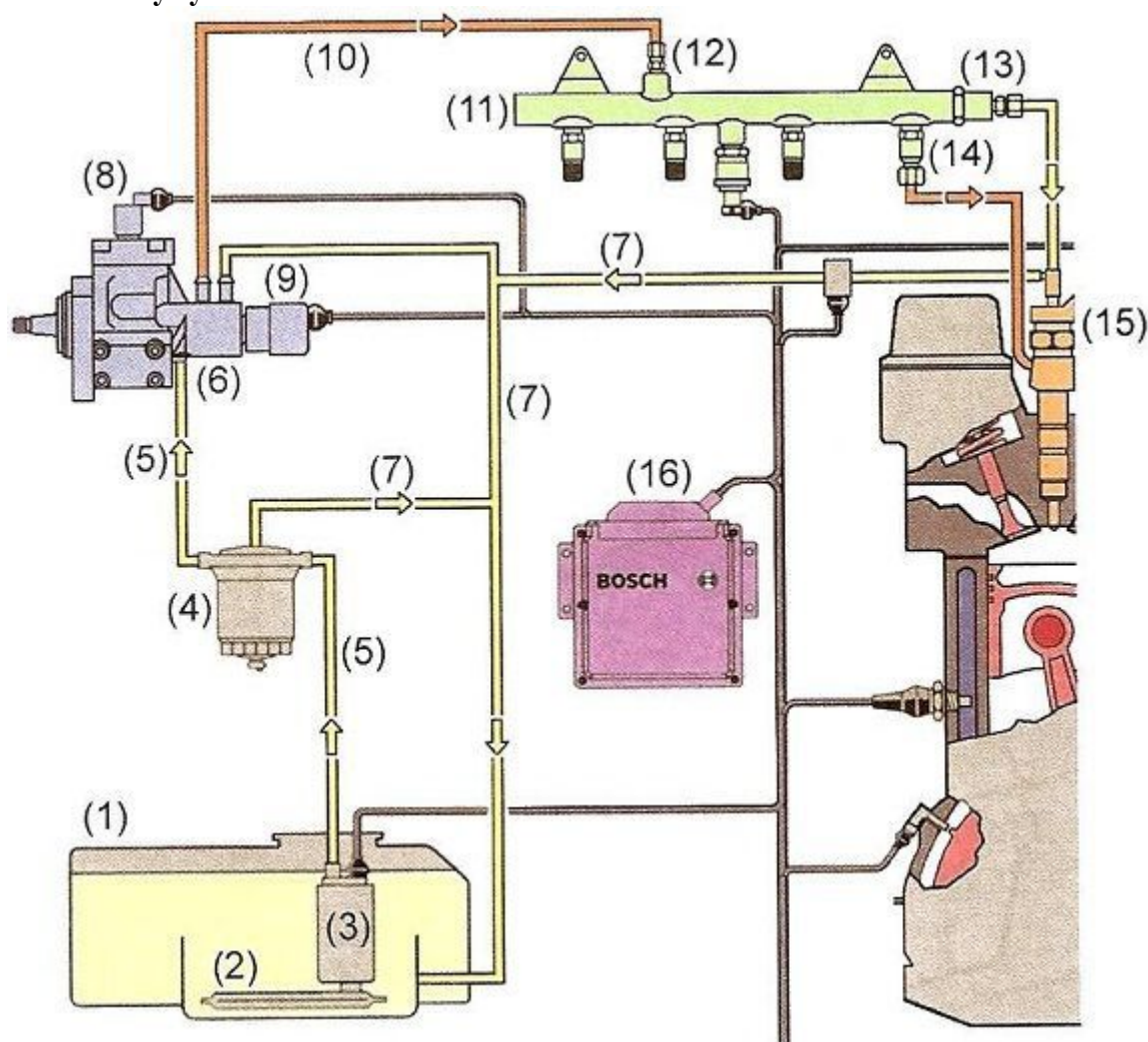
Obr. 3.1 Produkcia emisií CO₂ u osobných automobilov v Európe [10]

Etapa	Dátum	CO	HC	HC+NOx	NOx	pevné časti- ce
		g/km				
Vznetové motory						
Euro 1	07/1992	2,72	-	0,97	-	0,14
Euro 2	01/1996	1,0	-	0,7	-	0,08
Euro 3	01/2000	0,64	-	0,56	0,50	0,05
Euro 4	01/2005	0,50	-	0,30	0,25	0,025
Euro 5	01/2011	0,50	-	0,23	0,18	0,005
Euro 6	09/2014	0,50	-	0,17	0,08	0,005
Zážihové motory						
Euro 1	07/1992	2,72		0,97		
Euro 2	01/1996	2,2		0,5		
Euro 3	01/2000	2,3	0,20		0,15	
Euro 4	01/2005	1,0	0,10		0,08	
Euro 5	01/2011	1,0	0,10		0,06	0,005
Euro 6	09/2014	1,0	0,10		0,06	0,005

Obr. 3.2 Etapy vývoja Euro noriem pre osobné vozidlá so zážihovými a vznětovými motormi [8]

4 Palivová soustava

4.1 Palivový systém



Obr. 4.1 Palivová soustava Common rail od výrobce Bosch [3]

Prvá časť palivovej sústavy je nízkotlaková a obsahuje palivovú nádrž (1), sací kôš (2), ktorý je spravidla umiestnený na dopravnom čerpadle (3), jemný filter paliva (4) ďalej pokračuje nízkotlakový okruh vysokotlakového čerpadla (6) a spätné palivové potrubie (7). Celé je to prepojené nízkotlakovým potrubím (5). [3]

Druhá časť je vysokotlaková a pozostáva z vysokotlakového čerpadla (6), ktoré obsahuje aj odpájací ventil čerpadla (8), regulátor tlaku paliva (9), vysokotlakový zásobník paliva - rail (11). Ďalej pozostáva zo snímačov paliva v zásobníku (12), z poistného ventilu (13), z obmedzovača prietoku (14) a z jednotlivých vstrekovačov (15). Celé je to prepojené vysokotlakovým potrubím (10). Neodmysliteľnou súčasťou je elektronická riadiaca jednotka (16), ktorá má na starosti celú funkciu motora. [3]

4.2 Zásobovanie palivom, Nízkotlaková časť

Úlohou systému zásobovania paliva je filtrovať a akumulovať palivo a pod určitým podávacím tlakom ho za všetkých podmienok dodávať do vstrekovacieho systému. [2]

4.2.1 Palivové potrubie

Pre nízkotlakovú časť sú používané kovové trubky ale aj pružné vedenia s ochrannými kovovými obalmi, pre zníženie horľavosti. Funkcia palivových potrubí nesmie byť ovplyvnená vonkajšími vplyvmi ako napríklad zatáčaním motora, prudkým brzdením, vysokými alebo nízkymi teplotami a podobne. [1][2]

4.2.2 Palivový filter

Diely celej vstrekovacej sústavy sa vyrábajú s veľmi veľkou presnosťou to znamená, že sú citlivé aj na najmenšie nečistoty nachádzajúce sa v palive. Preto palivový filter musí plniť tieto funkcie:

- Odlučovanie vody
- Filtrovanie častíc

Odlučovanie vody

Palivo zvyčajne obsahuje vodu a to buď viazanú (emulgovanú) alebo neviazanú (voľnú), ktorá vznikla kondenzáciou. Odstránenie vody je dôležité hlavne ako prevencia vzniku korózie.

Filtrovanie častíc

Odstraňovanie pevných častí znečistenia sa vykonáva predovšetkým za účelom ochrany komponentov systému voči erózii. Vo filtry musí byť dostatočne veľký priestor na uschovanie odfiltrovaných častíc. [2]

4.2.3 Palivová nádrž

Palivová nádrž slúži k ukladaniu paliva. Musí spĺňať určité požiadavky, medzi ktoré patria, odolnosť voči korózii, tesnosť pri pretlaku najmenej 0,03 MPa, umiestnenie tak aby nedochádzalo k vznieteniu a zabránenie úniku paliva. [1][2]

4.2.4 Palivové čerpadlo

Úlohou palivového čerpadla v nízkotlakovej časti okruhu je nasávanie paliva z palivovej nádrže a plynulá doprava k vysokotlakovému čerpadlu (podávacím čerpadlom). Pri systéme Common rail je vo väčšine prípadov palivové čerpadlo integrované do vysokotlakového čerpadla. [2]

Najpoužívanejšie konštrukcie palivových čerpadiel:

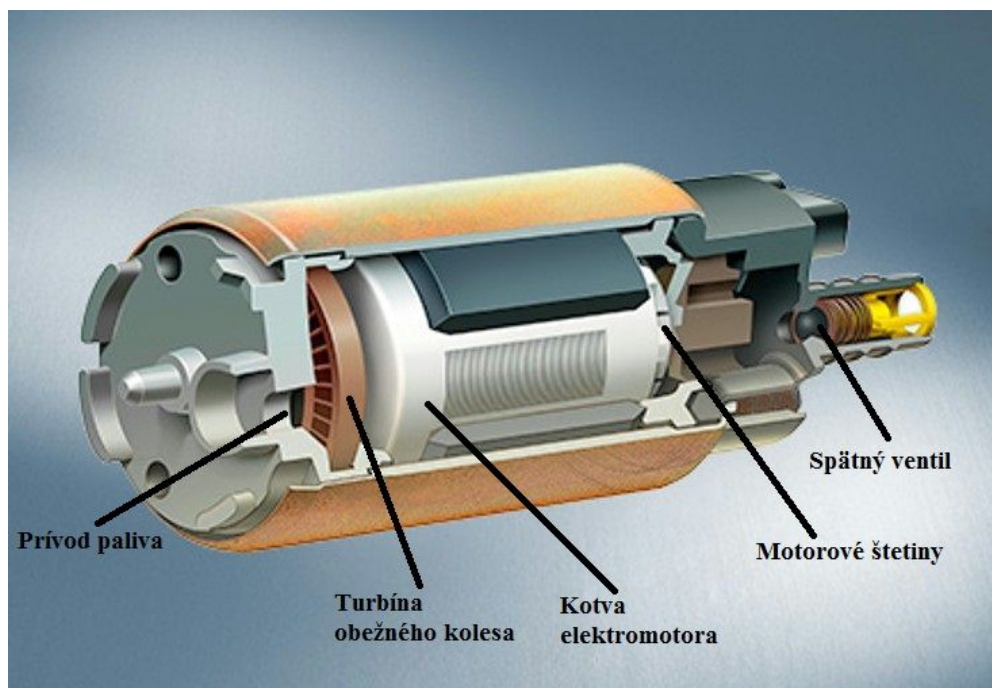
- Elektrické palivové čerpadlá (osobné vozidlá)
- Mechanicky poháňané zubové čerpadlá
- Tandemové palivové čerpadlo

4.2.4.1 Elektrické palivové čerpadlo

S rozšířením systému Common rail vzrástlo aj využitie elektrických palivových čerpadiel (EKP) slúžiacich na preddodávku paliva u osobných áut. Prevedenie elektrického palivového čerpadla je väčšinou v prevedení intank⁸. Ďalšie konštrukčné prvky elektrického palivového čerpadla u vznetových motorov sú: palivové sitko, poistný ventil, snímač množstva paliva, palivový filter (umiestnenie von z nádrže), elektrické a hydraulické prípojky, špirálovitý zásobník paliva. Používa sa aj prevedenie inline⁹. Elektrické palivové čerpadlo pracuje nepretržite od štartu a jeho chod nie je závislý na otáčkach motora. [2]

Výhody elektrického palivového čerpadla oproti mechanickým čerpadlám:

- Prednosti pri nižších teplotách paliva
- Lepšie teplé, prvé štarty a opakované štarty



Obr. 4.2 Elektrické palivové čerpadlo [32]

⁸ Čerpadlo vstavané v palivovej nádrži.

⁹ Čerpadlo vstavané v palivovom potrubí medzi palivovou nádržou a palivovým filtrom.

Elektromotor

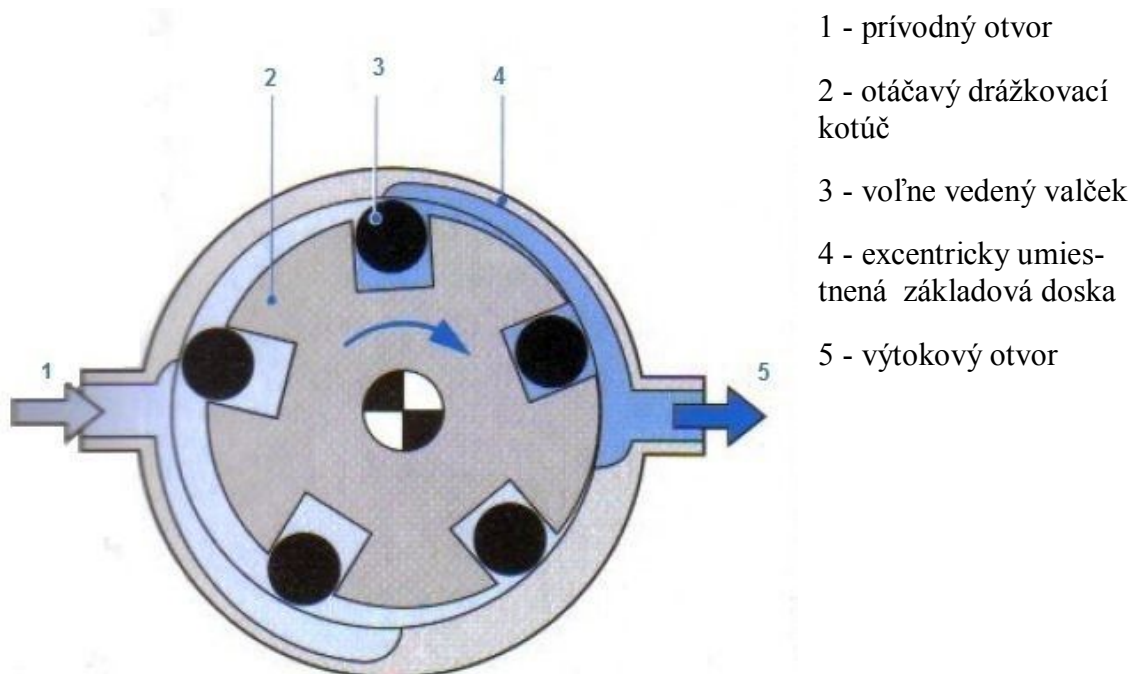
Elektromotor je zložený z jednej kotvy a zo sústavy permanentných magnetov. Usporiadanie sa určuje dodávaným množstvom pri danom tlaku, elektromotor je trvalo chladený obtekajúcim palivom.

Pripojovacie veko

Veko obsahuje tlakovú a elektrickú prípojku na výtlačnej strane. Vyprázdneniu palivových vedení po vypnutí palivového čerpadla zabraňuje spätný ventil.

Element čerpadla

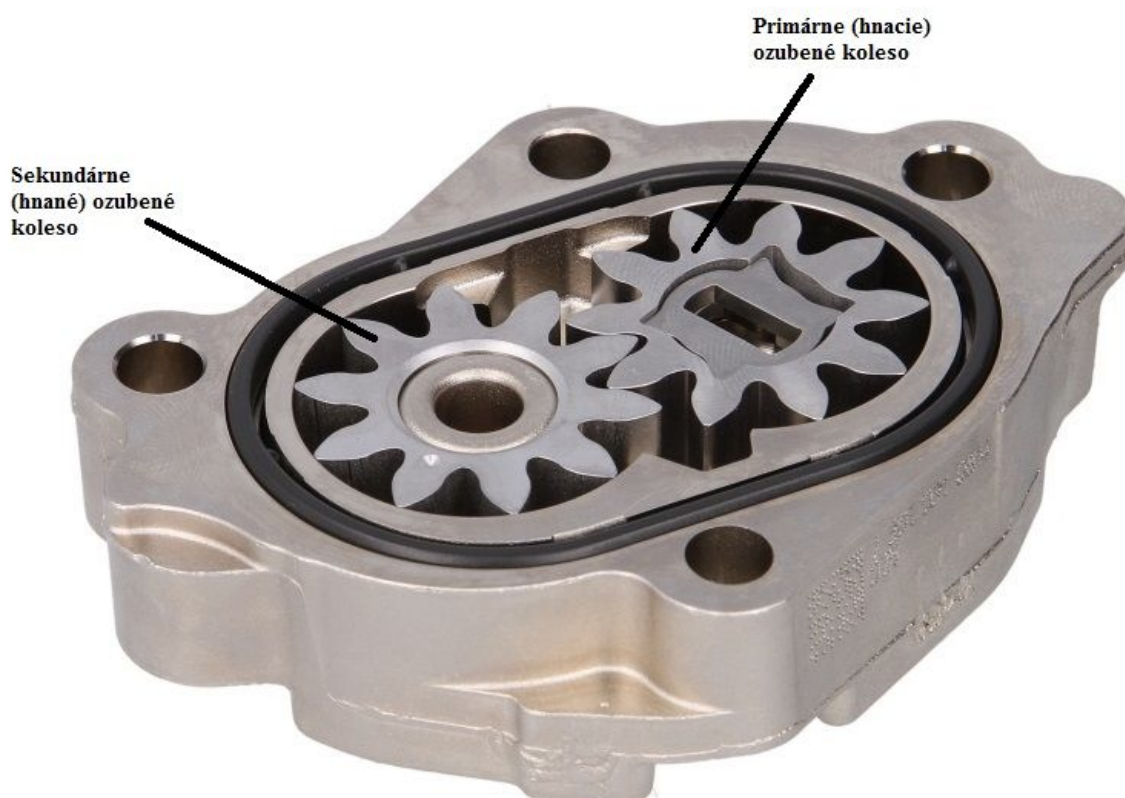
Elementy majú rôzne prevedenia v závislosti na oblasti použitia. Pre vznetové motory sú najpoužívanejšie valčkové lamelové čerpadlá.



Obr. 4.3 Schéma valčkového lamelového čerpadla [2]

4.2.4.2 Zubové palivové čerpadlo

Používa buď pri nákladných vozidlách pre zásobovanie vstrekovacieho modulu systému so samotným čerpadlom, alebo pri systéme Common rail vo všetkých druhoch vozidiel. Je upevnené priamo na motore alebo v prípade Common railu vstavané vo vysokotlakovom čerpadle. Čerpadlo je poháňané cez spojku, ozubený remeň alebo pomocou ozubeného kolesa. Princíp zubového čerpadla je založený na dvoch spolu zabierajúcich, proti-bežne sa pohybujúcich ozubených kolesách, ktoré dopravujú palivo v zubových medzerách. [2]

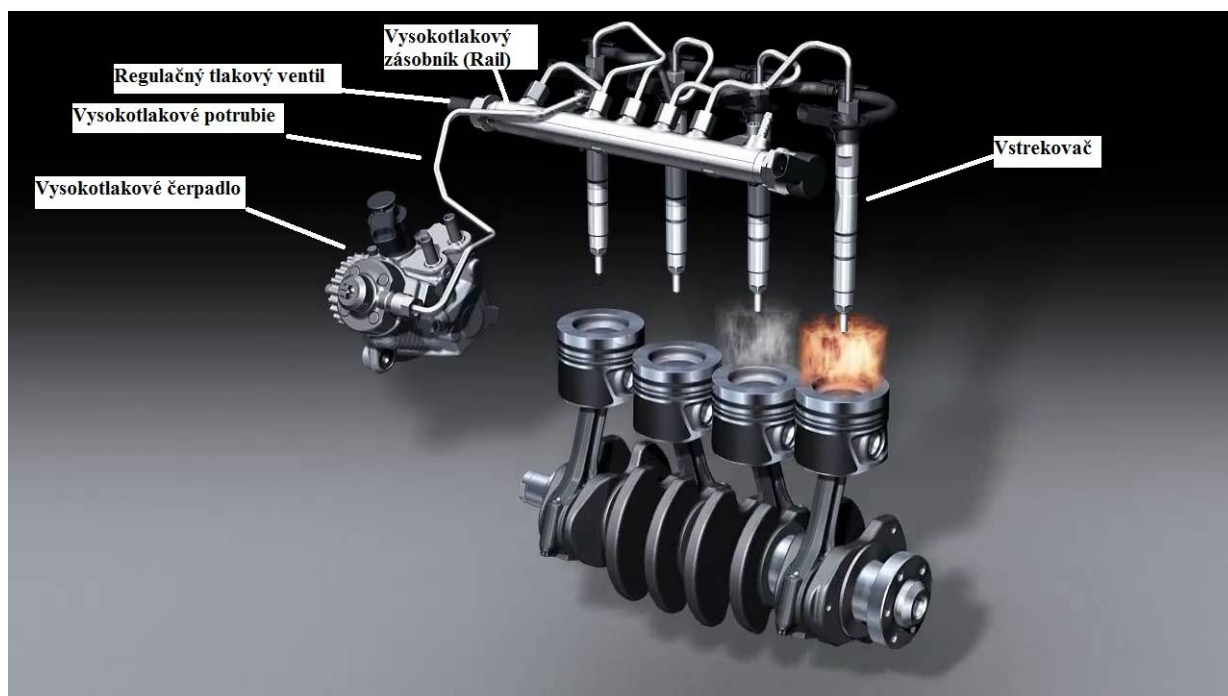


Obr. 4.4 Zubové palivové čerpadlo [31]

4.3 Vysokotlaková část systému Common rail

Táto časť sa delí na tri základné oblasti:

1. Oblasť vytvárania tlaku - tlak je vytváraný pomocou vysokotlakového čerpadla.
2. Oblasť udržovania tlaku - udržovanie tlaku prebieha v zásobníku rail, na ktorom je upevnený tlakový regulačný ventil a samotný snímač tlaku rail.
3. Oblasť merania paliva - palivo je vstrekané vstrekačmi, ktoré dodávajú správne množstvo paliva



Obr. 4.5 Umiestnenie hlavných prvkov vysokotlakovej časti [25]

4.3.1 Vysokotlakové čerpadlo

Čerpadlo je uložené tak, že tvorí rozhranie medzi časťou okruhu s vysokým a s nízkym tlakom. Základnou úlohou čerpadla je dodávať dostatočné množstvo paliva pod daným tlakom počas celej doby životnosti vozidla. Jeho súčasťou je aj rezerva paliva, ktorá je nutná k rýchlejšiemu naštartovaniu. Výhodou systému Common rail je, že vysokotlakové čerpadlo tvorí systémový tlak pre rail zásobník nezávisle na vstrekaní, teda v priebehu vstreku nie je nutné ďalšie stlačovanie. U väčšiny osobných áut so systémom Common rail je použité trojpiestové radiálne čerpadlo, v prípade nákladných vozidiel je to dvojpiestové radové čerpadlo. [1][2]

Vysokotlakové čerpadla prešli počas rokov vývojom, ktorý sa prejavil hlavne v tlaku, ktorého sú schopné doceliť.

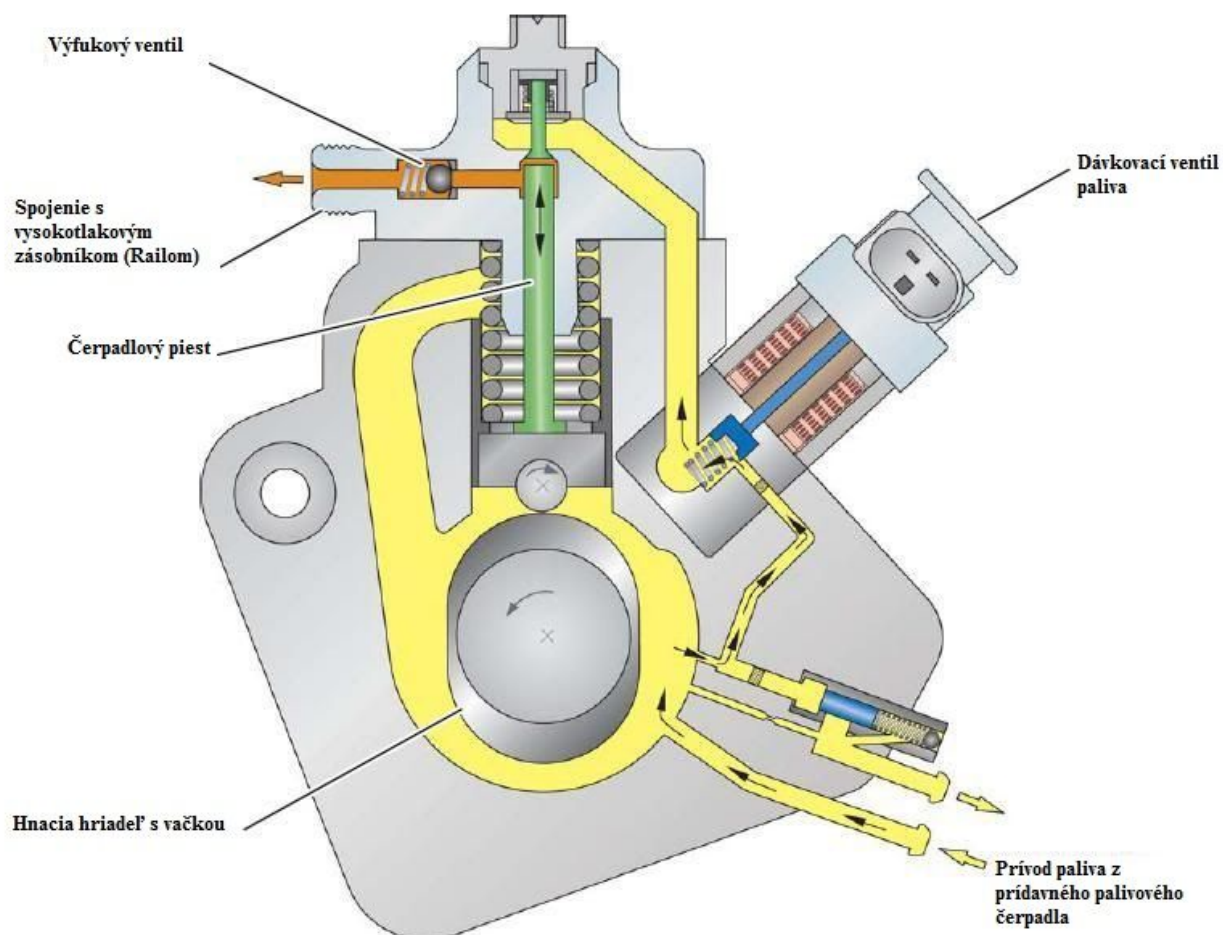
Najmodernejšie čerpadlá od firmy Bosch, ktorá je najväčším svetovým výrobcom Common rail systémov, s označením CP4 sú schopné vytvárať tlak až cez 200 MPa.

Vysokotlakové čerpadlo CP4 - Bosch

Posledná generácia vysokotlakového čerpadla, ktoré sa od roku 2008 masovo používa v sériovej výrobe hlavne koncernových agregátov VW. Čerpadlo sa vyrába v Jihlave v Českej republike a v roku 2011 bolo vyrobené jubilejné 5 miliónte čerpadlo. [4]

Najnovšia generácia čerpadla sa oproti predchádzajúcim okrem tlaku, ktorý je schopná doceliť líši hlavne použitím dvojitej vačky otáčajúceho sa hriadeľa, ktorá pomocou

zdvíhatka pohání piest, ktorý slúži na stlačovanie paliva. Toto riešenie umožňuje vykonávať dva podávacie zdvihy na jednu otáčku čerpadla, z toho vyplývajú aj nižšie otáčky čerpadla, čo znamená aj nižší pomer otáčok motora a čerpadla 1:1. Najnovšia generácia sa vyrába v dvoch prevedeniach CP4.1 s jedným valcom alebo CP 4.2 s dvoma valcami.[5]



Obr. 4.6 Vysokotlakové čerpadlo CP 4.1 od firmy Bosch [21]



Obr. 4.7 Reálna podoba čerpadla CP 4.1 [26]

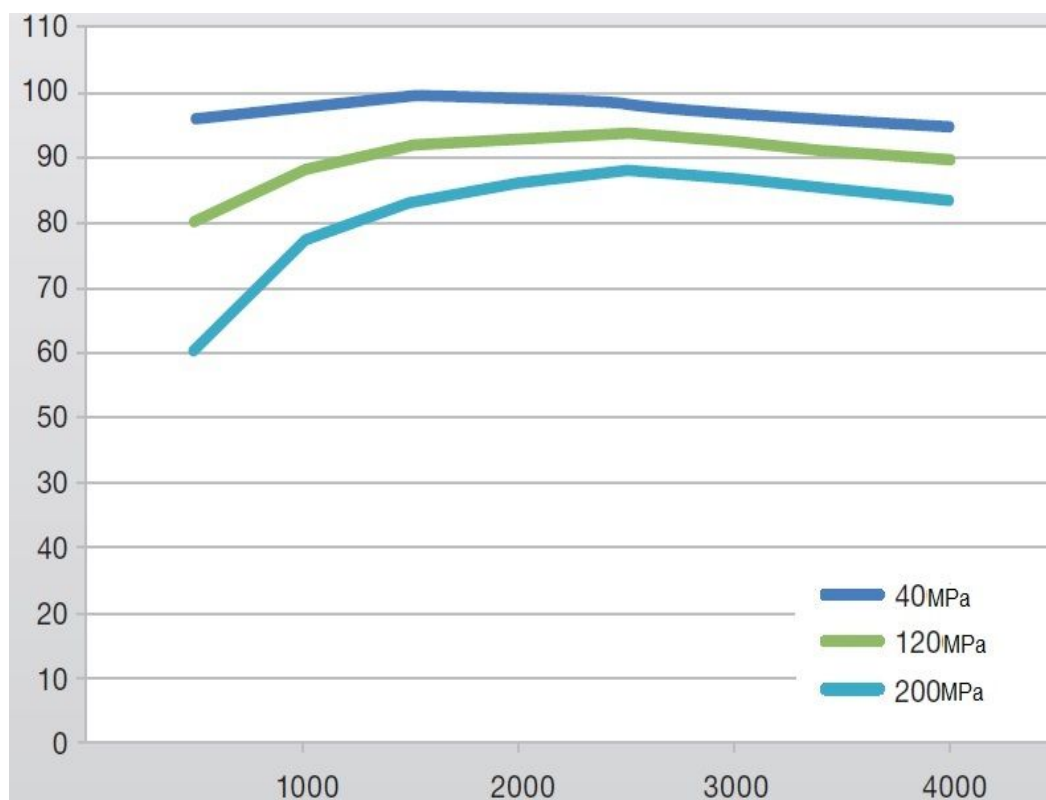
V roku 2013 spoločnosť Delphi vyhrala cenu PACE¹⁰ v kategórii produkt. Ide o distribuované vysokotlakové Common rail čerpadlo s označením F2e. Čerpadlo umožňuje efektívne uvádzanie vstrekovacej technológie (až do 300 MPa) s už existujúcimi elektronickými vstrekovacími jednotkami a to s minimálnou úpravou motora. Kombinácia bezkonkurenčne vysokého tlaku a vysoko efektívneho hydraulického prevedenia umožňuje Delphi preukázať 50% zníženie dymivosti a až 5% zníženie spotreby pri dosahovaní nízkych hodnôt NO_x. [11] F2e ultra vysokotlakový Common rail systém pre stroje na ťažkú prácu je jedným z rodiny Common rail systémov, ktorí vyvinuli inžinieri spoločnosti Delphi pre ukázanie budúcej potreby pracovných motorov [12].

Jeden zo svetovo najväčších výrobcov stavebnej techniky, spoločnosť Liebherr je od roku 2012 taktiež výrobcou Common rail systémov, ktoré používa ako pre vlastné účely tak od roku 2014 aj pre iných výrobcov. Základným dôvodom vzniku je veľakrát opakované plnenie emisných noriem. Systém spoločnosti Liebherr využíva dvojvalcové inline čerpadlo s olejovo mazanou kľukovou skriňou. Dokáže dodávať až 300 litrov paliva za hodinu pri tlaku až 200 MPa. [13]

¹⁰ Automotive News PACE awards – ocenenia, ktoré sa už vyše 20 rokov udeľujú za najlepšie inovácie, technologický pokrok a biznis vystupovanie pre dodávateľov v oblasti automotive.

Novo vyvinuté vysokotlakové čerpadlo společnosti Stanadyne umožňuje vytvořit tlak až 230MPa.

Efektivita (%)



Otáčky motoru (ot/min)

Obr. 4.8 Účinnost vysokotlakového čerpadla společnosti Liebherr [13]

4.3.2 Vstrekovač

Palivo je od jednotlivých vývodů priváděno vysokotlakovým potrubím až ku vstrekovači, kterých úlohou je rozprašovat palivo do spalovacího prostoru válců motoru. Palivo se privádí pomocí vysokotlakové trubky přes připojovací skrutky a kanálkem je priváděno do prostoru pod ihlou trysky, která je k držáku vstrekovače připevněna pomocí matice. Poloha trysky je jednoznačně určena a ihla trysky je v sedle držána silou předpětí pružiny. Velikost předpětí pružiny je možné regulovat pomocí výměnných podložek. [1][2]

Vstrekovače Common rail jsou podle provedení vstrekovacích trysiek vhodné pro šikmé nebo přímé uložení do vznětových motorů s přímým vstrekováním, jejich charakteristickým znakem je tvorba vstrekovacího tlaku nezávislé na otáčkách spalovacího motoru a množství vstrekovaného paliva.

V současné době jsou nejvíce používány tyto tři typy vstrekovačů:

- Vstrekovač s elektromagnetickým ventilem

Varianty: s jednodílnou kotvou

s dvojdílnou kotvou

- Vstrekovač s piezoelektrickým členem

4.3.2.1 Vstrekovač s elektromagnetickým ventilem

Rozdíl mezi vstrekovačem s jednodílnou a dvojdílnou kotvou je v intervalech mezi dvěma vstrekmi. Vstrekovač s jednodílnou kotvou, to znamená obsahuje jednu pružinu, která musí za co nejkratší čas dosáhnout pokojové polohy. Čas se skrácí použitím dvou pružin, tedy vstrekovače s dvojdílnou kotvou, který umožňuje dosažení kratších intervalů mezi dvěma vstrekmi. Funkčně a konstrukčně jsou však varianty vstrekovače s elektromagnetickým ventilem velmi podobné, proto v dalším výkladě nebudu vstrekovač dále dělit. [2]

Konstrukce

Dělení vstrekovače na několik funkčních bloků:

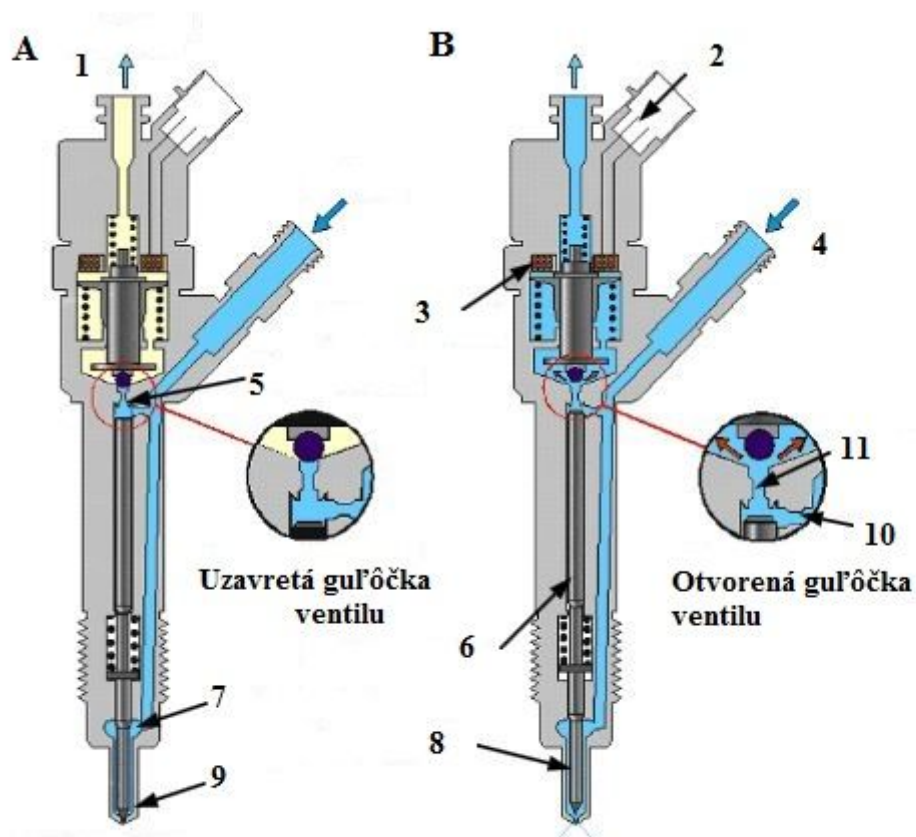
- Otvorová tryska
- Elektromagnetický ventil
- Hydraulický servosystém

Činnost vstrekovače

Funkcia vstrekovača sa dá rozdeliť na štyri prevádzkové stavy a to na stavy kedy vstreko-
vač:

- je uzavretý
- otvára sa
- je úplne otvorený
- zatvára sa

Prv je vstrekovač uzavretý, v pokojovom stave, následne pružina elektromagnetického ventilu pritlačí guľôčku ventilu do sedla škrtenia. V riadiacom priestore ventilu sa vytvorí tlak railu, ktorý taktiež pôsobí v objeme komory dýzy. Ihla je uzatvorená v dôsledku sily pružiny a sily pôsobiacej na čelnú plochu riadiaceho piestu. Neskôr sa vstrekovač otvára aktivovaním elektromagnetického ventilu pomocou elektrického prúdu, týmto spôsobom je možné rýchle otvorenie, pretože elektromagnetická sila prevýši silu ventilu pružiny. Rýchlosť otvárania dýzy je daná rozdielom prietoku medzi škrténím na privode a škrténím na odpade. Keď riadiaci piest dosiahne svojej hornej hranice zastaví ho hydraulický doraz. Na konci vstreku sa vstrekovač uzatvára v dôsledku deaktivácie elektromagnetického ventilu, následne sa celý proces opakuje. [2]



Obr. 4.9 Elektromagnetický vstrekovač [6]

A - vstrekovač uzavretý

B - vstrekovač otvorený

1 - spätné palivové potrubie

2 - elektrická prípojka

3 - elektromagnetický ventil

4 - vysokotlaková prípojka paliva

5 - ovládací priestor

6 - riadiaci piest

7 - trysková komora

8 - ihla trysky

9 - tryska

10 - vstupné škrtenie

11 - výstupné škrtenie

4.3.2.2 Piezoelektrický vstrekovač inline

Systém vstrekovače používaný firmou Bosch hlavně v 3. generaci Common railu.

Konstrukce:

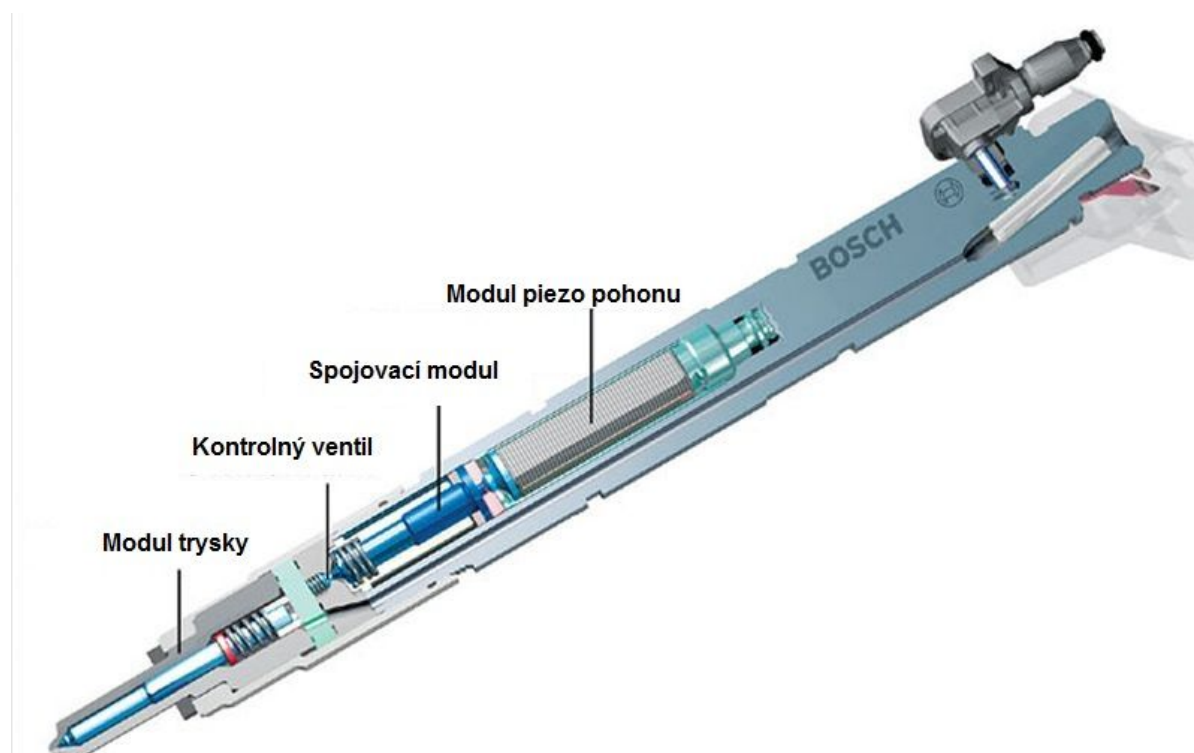
Konstrukčně se dělí podle podstatných konstrukčních skupin na:

- Modul akčního členu
- Hydraulický vazbový člen
- Riadiaci ventil alebo servoventil
- Modul trysky

Činnost

Vstrekovač bol navrhnutý tak, aby bola dosiahnutá celková vysoká tuhosť regulačného reťazca zloženého z akčného, hydraulického viazaného členu a riadiaceho ventilu. V tomto type vstrekovača sú vylúčené mechanické sily na ihle dýzy.

Ihla trysky je u piezoelektrického vstrekovača aktivovaná nepriamo pomocou servoventilu. Doba aktivácie ventilu reguluje potrebné množstvo paliva. V neaktivovanom stave sa akčný člen nachádza v pôvodnej polohe so zavretým servoventilom, inak povedané nízkotlaková časť je oddelená a od vysokotlakovej časti. Aktivovaním piezoelektrického členu sa servoventil otvorí a uzavrie sa obtokový otvor. Tryska sa otvorí v dôsledku rozdielu prietoku na výstupe a na vstupe, následné uzavretie nasleduje po vybití aktivačného členu, súčasne s uzavretím sa uvoľní obtok. [2]



Obr. 4.10 Piezoelektrický vstrekovač [14]

Výhody piezoelektrických vstrekočov inline:

- Nízka hlučnosť
- Zvýšenie výkonu motora
- Možný niekoľkonásobný vstreč s pružným počiatkom a s časovými odstupmi medzi jednotlivými vstrečmi
- Nižšie emisie a s tým spojená aj nižšie spotreba paliva
- Umožňuje malé množstvo pri vstreku

4.3.2.3 Najnovší vývoj vstrekočov

Jednotlivé typy vstrekočov prechádzajú počas rokov optimalizáciou a zdokonaľovaním. Ako som už spomínal priekopníkom a svetovo najväčším výrobcom s najmarkantnejšími inováciami je v oblasti systému Common railu firma Bosch. Za posledné roky sa im podarilo zvýšiť tlak piezoelektrických vstrekočov s použitím pre osobne autá až na 250 MPa, tým je zaručená lepšia atomizácia paliva, to znamená, že palivo lepšie horí. Nové piezoelektrické vstrekoče sú určené pre vozidlá do 10 valcov, a splňajú aj najnovšiu normu Euro 6. Pri vstrekočoch s elektromagnetickým ventilom došlo v posledných rokoch taktiež k optimalizácii, takže umožňujú vstrečovací tlak až do 200 MPa, v prípade elektromagnetických vstrekočov s hydraulickým ventilom až do 250 MPa. Boli navrhnuté tak aby umožňovali výrobcu automobilov používať rôzne generácie vstrekočov pre jeden druh motora. V najnovšej generácii Common railu sa využívajú elektromagnetické vstrekoče s hydraulickým zosilňovačom tlaku, ktoré taktiež umožňujú vstrečovací tlak až do 250 MPa.

Spoločnosť Liebherr v ním vyvinutom Common rail systéme používa elektromagnetickým pohonom. Vstrekoče umožňujú tvoriť tlak až 200 MPa, s možnosťou prispôsobenia.[13]

Výrobca Common rail systémov Delphi, sa snaží znížiť emisie pracovných vozidiel pomocou vstrekoča E3 s piezoelektrickým pohonom. Umožňuje vytvoriť tlak až do 250 MPa. [11]

4.3.3 Vysokotlakový zásobník (rail)

Hlavnou úlohou vysokotlakového zásobníka je uschovávať palivo pod vysokým tlakom. Pri pulzujúcej dodávke čerpadla a vstrečovaní vzniká kmitanie, ktoré musí byť v objeme rail zásobníka tlmené, aby bol zaručený tlak pri otvorení vstrekoča. Veľkosť zásobníka nesmie byť ani malá, no nesmie byť ani veľká aby v nej bolo možné pri zapáľovaní vytvoriť dostatočný tlak. Okrem úlohy uschovávať palivo je dôležitou úlohou aj rozdeľovanie paliva k jednotlivým vstrekočom. [2]

Rozličné tvary railov:

Väčšinou sa vyrábajú raily v tvare trubky, no kvôli minimalizácii rázov vznikajúcich vo vnútri zásobníka sa používa aj sférický tvar railu, využívaný napríklad automobilkou Renault.

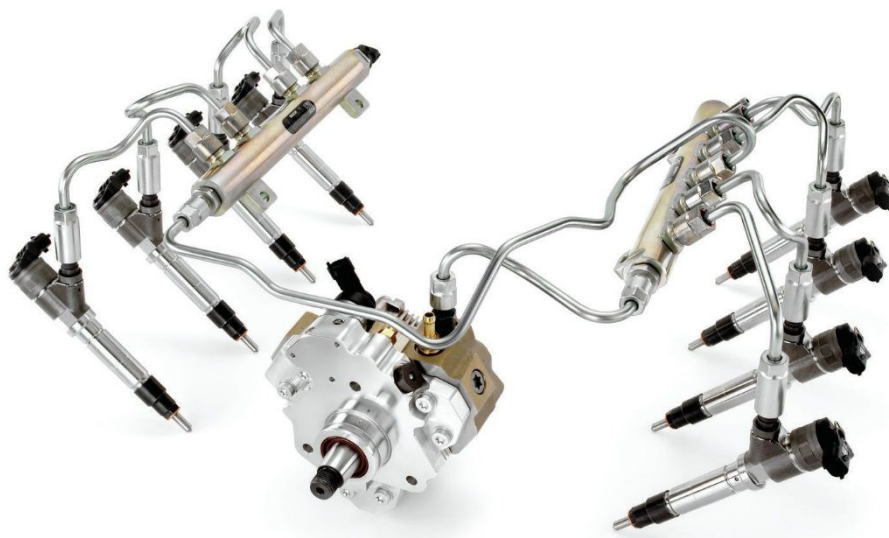


Obr. 4.11 Vysokotlakový trubkový zásobník rail [16]



Obr. 4.12 Vysokotlakový sférický zásobník rail [28]

Příklady konstrukčních provedení



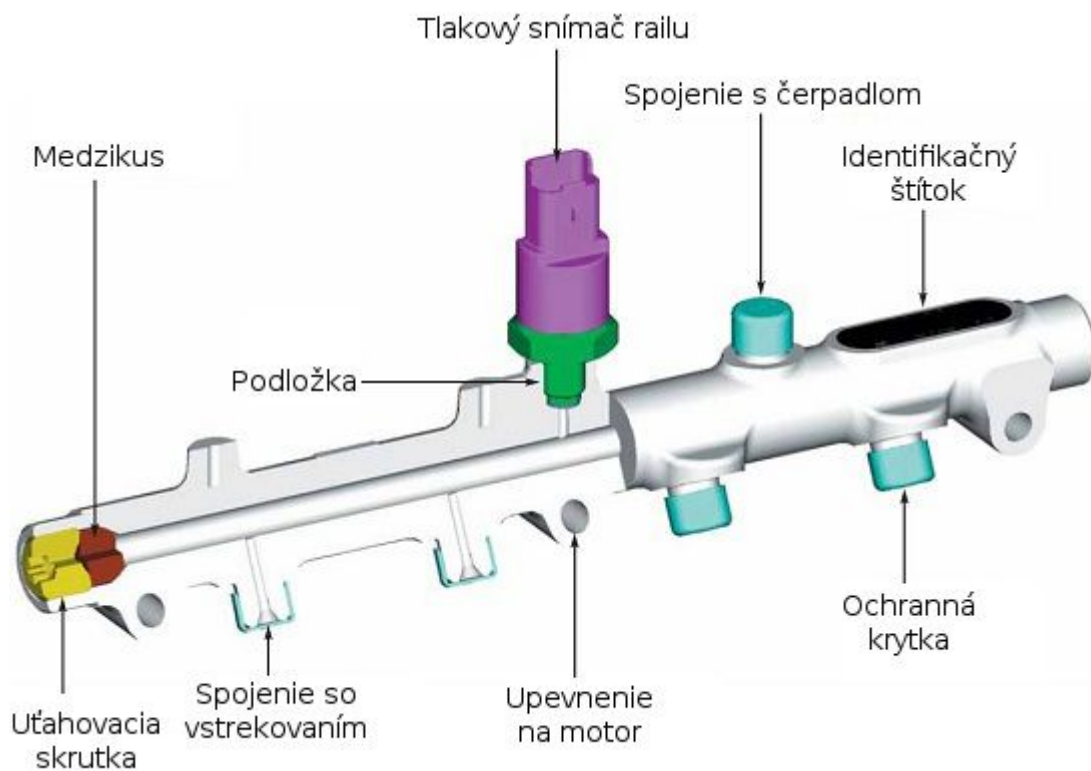
Obr. 4.13 Konštrukčné prevedenie pre vidlicový osemvalcový motor [29]



Obr. 4.14 Iná možnosť konštrukčného prevedenia pre osemvalcový motor [30]

Činnost

Termín Common rail v preklade znamená spoločný zásobník, to je vedľajšia funkcia vysokotlakového zásobníku, ktorý musí rozdeľovať palivo do jednotlivých vstrekovačov. Tlak paliva v raile musí mať požadovanú hodnotu, preto každý zásobník obsahuje snímač tlaku a pomocou regulačného ventilu si vytvára požadovaný tlak. Palivo pod vysokým tlakom sa v zásobníku neustále doplňuje.



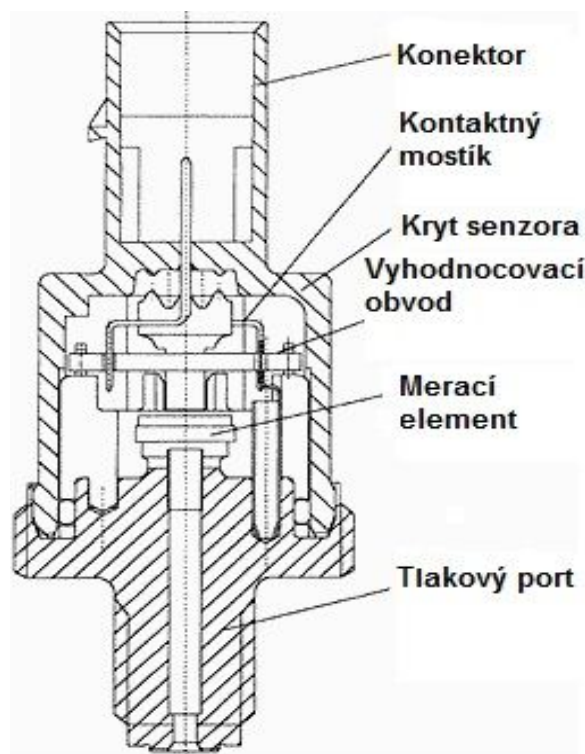
Obr. 4.15 Vysokotlakový trubkový zásobník rail aj s jednotlivými časťami [27]

4.3.3.1 Regulačný tlakový ventil

Základnou úlohou regulačného ventilu je udržiavať tlak v zásobníku rail v závislosti na okamžitom výkone motora. Zatvára sa pri nízkom tlaku v raile, aby sa tlak zvýšil, naopak otvára sa pri vysokom tlaku, aby sa tlak znížil a malá časť paliva putuje cez zberné potrubie späť do nádrže. [2]

4.3.3.2 Vysokotlakové snímače

Používajú sa hlavne na meranie tlaku a brzdovej kvapaliny. Pri systéme Common rail je snímač tlaku v raile a meria tlak v trubke rozdeľovača paliva.



Obr. 4.16 Vysokotlakový snímač [15]

4.3.4 Vysokotlakové potrubia

Slúžia k prepojeniu zásobníka rail a vysokotlakového čerpadla, prepojenie medzi vstrekovačom a zásobníkom rail je v systéme Common rail vytvorené práve pomocou vysokotlakového potrubia.

4.3.4.1 Vysokotlakové palivové potrubia¹¹

Pri vysokotlakovom vedení sú extrémne požiadavky na odolnosť voči tlaku a taktiež na odolnosť voči vysokofrekvenčným kmitom. Okrem špeciálnych požiadavkou na odolnosť je veľký dôraz kladený aj na materiál, z ktorého sú potrubia vyrobené, väčšinou sa k výrobe používajú bezšvové oceľové trubky, s rovnomernou ohybnosťou. Pri montáži sa zasa dbá na polomer ohybu, ktorý nesmie byť menší ako 5 cm. [2]

¹¹ Často označované ako vysokotlakové vedenia.

4.3.4.2 Vysokotlakové přípojky

Základnou funkcí přípojek je bezpečně tesnit palivo a to i při maximálním tlaku.

Prepojenia môžeme rozdeliť na :

Nosník

Vhodný pre použitie pri obmedzenom priestore, sú na ňom otvory pre privod a spätné vedenie paliva.

Tlakové hrdlo

Používané hlavne pri nákladných autách, kde umožňuje použitie kratších palivových potrubí, čo je výhodné z priestorového a montážneho hľadiska.

Tesniaci kužel s posuvnou maticou

Okrem použitia v Common rail systémoch sa aj v systéme čerpadlo-tryska. K hlavným výhodám patrí: možnosť opätovne uvoľniť spoj, jednoduché pripojenie. [2]

4.3.5 Vstrekovacie trysky

Kľúčovou časťou celého Common rail systému sú práve vstrekovacie trysky, ktoré vstreknú palivo do motorového priestoru a tým do veľkej miery ovplyvňujú tvorbu zmesi ako aj celkový výkon motora prípadne hlučnosť, či charakter spalín. Medzi základné úlohy trysky patrí utesnenie palivového systému od spaľovacej komory, čo najoptimálnejšie rozprášenie a rozdelenie paliva v spaľovacej komore a taktiež vytváranie priebehu vstrekovania. Na trysku počas chodu motora pôsobí extrémne mechanické a tepelné namáhanie, na ktoré musí byť tryska dimenzovaná. V systéme Common rail je tryska integrovaná do vstrekováča, tým pádom držiak trysky nie je potrebný. Pre rôzne druhy motorov musí byť tryska prispôbená na pomery v motore ako napríklad : nastavenie doby vstreku, spôsob spaľovania, taktiež musí byť usporiadaná geometrickým možnostiam motora. V motoroch v súčasnej dobe najviac využívaných používajú prevažne otvorové trysky. [1] [2]

4.3.5.1 Otvorové trysky

Základom správneho fungovania trysiek je ich správne upevnenie vzhľadom k spaľovaciemu motoru. Otvorové trysky môžeme rozdeliť na trysky s otvormi do sedla a na trysky so slepým vývrtom¹², kde vstrekovacie otvory sú usporiadané po obvode slepého otvoru, no z pohľadu veľkosti ich môžeme rozdeliť na typ S¹³ alebo na typ P¹⁴.

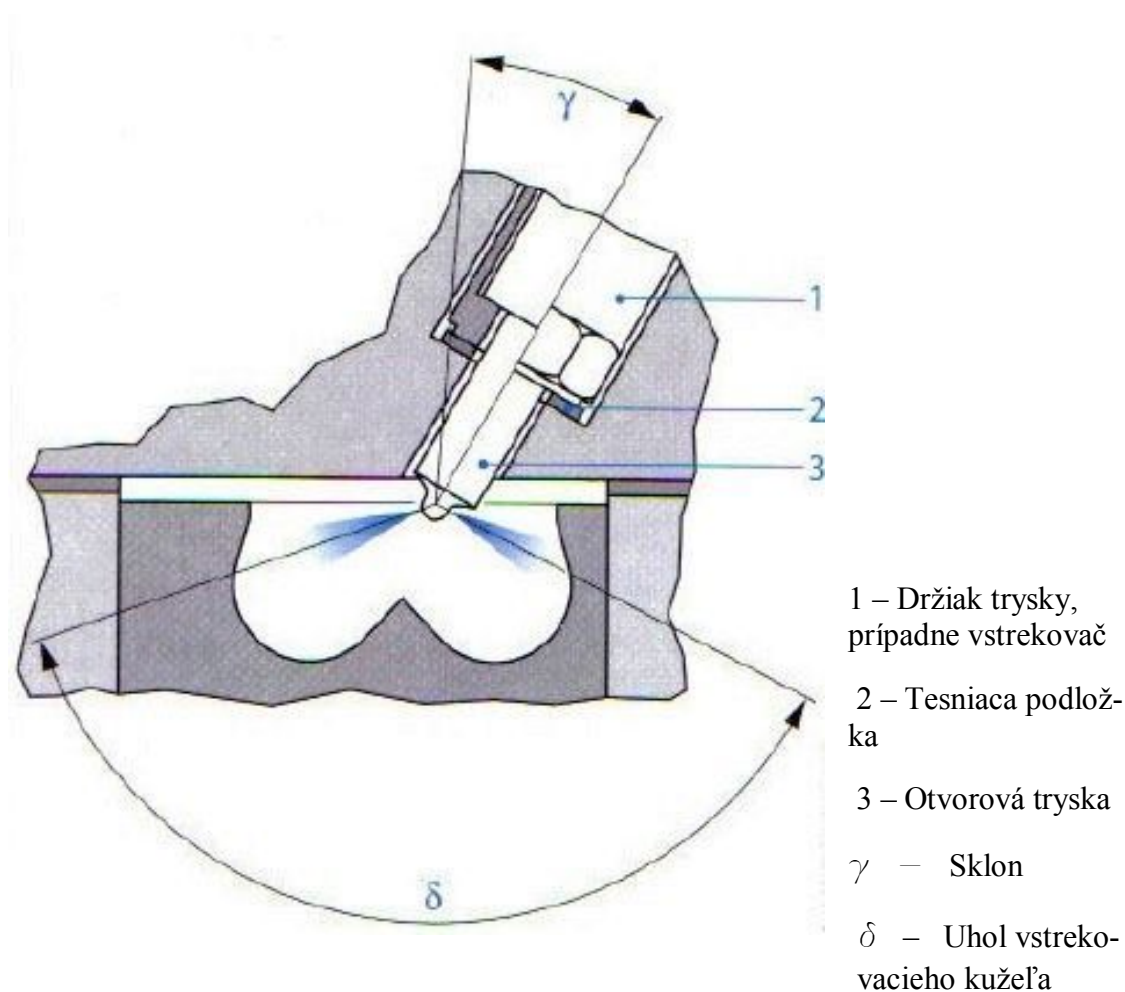
Základom trysky sú vstrekovacie otvory na plášti hrotu. Priemer otvorov sa líši v závislosti od strany, kedy na vonkajšej strane je priemer zväčša väčší než na vnútornej

¹² Trysky so slepým vývrtom sa používajú v prevedeniach s valcovým alebo kužeľovým hrotom.

¹³ Priemer ihly je 5 až 6 mm.

¹⁴ Priemer ihly je 4 mm.

strane a samotný priemer a počet týchto otvorov závisí na tvare spaľovacieho motora a na požadovanom množstve vstrekaného paliva. Pri prevádzke sa pod sedlom ihly trysky palivo po spaľovaní vyparuje, čím podstatne podporuje tvorbu uhlíkovdých škodlivín motora. Preto je snaha konštruktérov o minimalizovanie tohto vyparovaného objemu. Tvorbu NO_x emisií motoru ovplyvňuje okrem spomínaného vyparovania paliva z oblasti pod sedlom aj samotná geometria sedla ihly a prípadne tvar hrotu. Rozhodnutie o použití trysky so slepým vývrtom alebo trysky s otvormi do sedla prebieha po zvážení všetkých faktorov a požiadavkou na vstrekovací systém.[2]



Obr. 4.17 Poloha vstrekovacej trysky spaľovacom priestore [2]

4.3.5.2 Budúci vývoj vstrekovacích trysiek

Motory, ktoré používajú systém Common rail sa vyvíjajú dynamickým spôsobom, preto je neustály vývoj trysiek nutnosťou. Dodržovanie noriem, menšie výdavky na prevádzku, zníženie hluku sú len niektoré ciele vývojárov, ktoré sa snažia plniť. S vývojom technológií, zvyšovaním tlakov a zefektívňovaním celého systému sa nesmie zabúdať ani vývoj v oblasti materiálov, ktoré majú kľúčový vplyv na konštrukciu trysky. Pri optimalizácii sa kladie dôraz aj na presnosť a zvyšovanie presnosti je spojené

s meracími přístroji, které sú schopné detekovat' aj tie najmenšie odchýlky. Na to sa v súčasnosti používajú moderné 3D skenery.

Hlavné oblasti vývoja trysiek sú:

- Zlepšovanie mazania.
- Zlepšovanie priebehu vstrekovania.
- Zvyšovanie tepelnej odolnosti telesa.
- Znižovanie škodlivého objemu slepého vývrtu.
- Zdokonaľovanie vstrekovacieho otvoru a to hlavne jeho tvaru, povrchu, priemeru

5 Elektronická regulácia vznetových motorov¹⁵

Požiadavky, ktoré sú kladené na vznetové motory v dnešnej dobe by nebolo možné splniť bez použitia elektronickej regulácie. Systémové delenie celej regulácie sa dá rozdeliť do troch blokov a to na akčné členy, riadiacu jednotku a na snímače a čidla. Základným dôvodom pre zavádzanie elektroniky do vznetových motorov je plnenie emisných noriem¹⁶, plnenie požiadavkou na komfort jazdy, požiadavky na zníženie emisií hluku a v neposlednom rade na ekonomickosť prevádzky motoru a tým pádom aj vozidla. Preto sa elektronická regulácia rozvinula od jednoduchých systémov až na súčasné komplexné elektronické riadenie celého motoru, ktoré umožňuje spracovávať dáta v reálnom čase. To všetko je možné použitím najmodernejších mikroprocesorov. Množstvo vstrekaného paliva je vypočítané riadiacej jednotke a hodnota môže byť ovplyvnená rôznymi veličinami ako napríklad : teplota motora, poloha plynového pedála, prípadne zásahmi ďalších elektronických systémov. Iné systémy ako napríklad ASR¹⁷ alebo ESP¹⁸ sú v dnešnej dobe taktiež prepojené s EDC, čo prispieva k lepšej celkovej efektívnosti.[1][2]

5.1 Bloky elektronickej regulácie

Prvým systémovým blokom sú čidla a snímače, ktorých hlavnou úlohou je zaznamenávať najrôznejšie prevádzkové podmienky ako napríklad tlaky. Následne sa hodnoty prevádzajú z fyzikálnych veličín na elektrické signály. Elektrické signály sú potom spracovávané podľa rôznych matematických pravidiel riadiacou jednotkou, ktorá predstavuje druhý systémový blok a riadi akčné členy pomocou výstupných signálov. Akčné členy následne prevádzajú elektrický signály z riadiacej jednotky na mechanické veličiny.

5.2 Regulácia vstrekaného paliva

Pre najoptimálnejšie spaľovanie je riadiacou jednotkou vypočítané presné množstvo paliva. Pri rôznych režimoch jazdy je potreba rôzne množstvo paliva.

Základné množstvá paliva pre rôzne režimy jazdy:

1. Množstvo potrebné pri štarte.
Vstrekané množstvo, ktoré vodič nemôže ovplyvniť sa vypočítava v závislosti na otáčkach a teplote chladiacej kvapaliny, pričom celý proces začína zapnutím zapaľovania.

¹⁵ V odbornej literatúre označovaná skratkou EDC, ktorá vychádza z anglických názvov Electronic Diesel Control.

¹⁶ Emisné normy kapitola 3.

¹⁷ Regulácia preklzávania, skratka z anglických slov Acceleration Slip Regulation.

¹⁸ Elektronický stabilizačný systém v automobiloch.

2. Množstvo potrebné pri normálnej jazde.

Optimálne množstvo paliva sa v tomto režime vypočítava hlavne v závislosti na polohe plynového pedála a na otáčkach motora, no berie sa ohľad aj na iné veličiny ako napríklad teplota chladiacej kvapaliny.

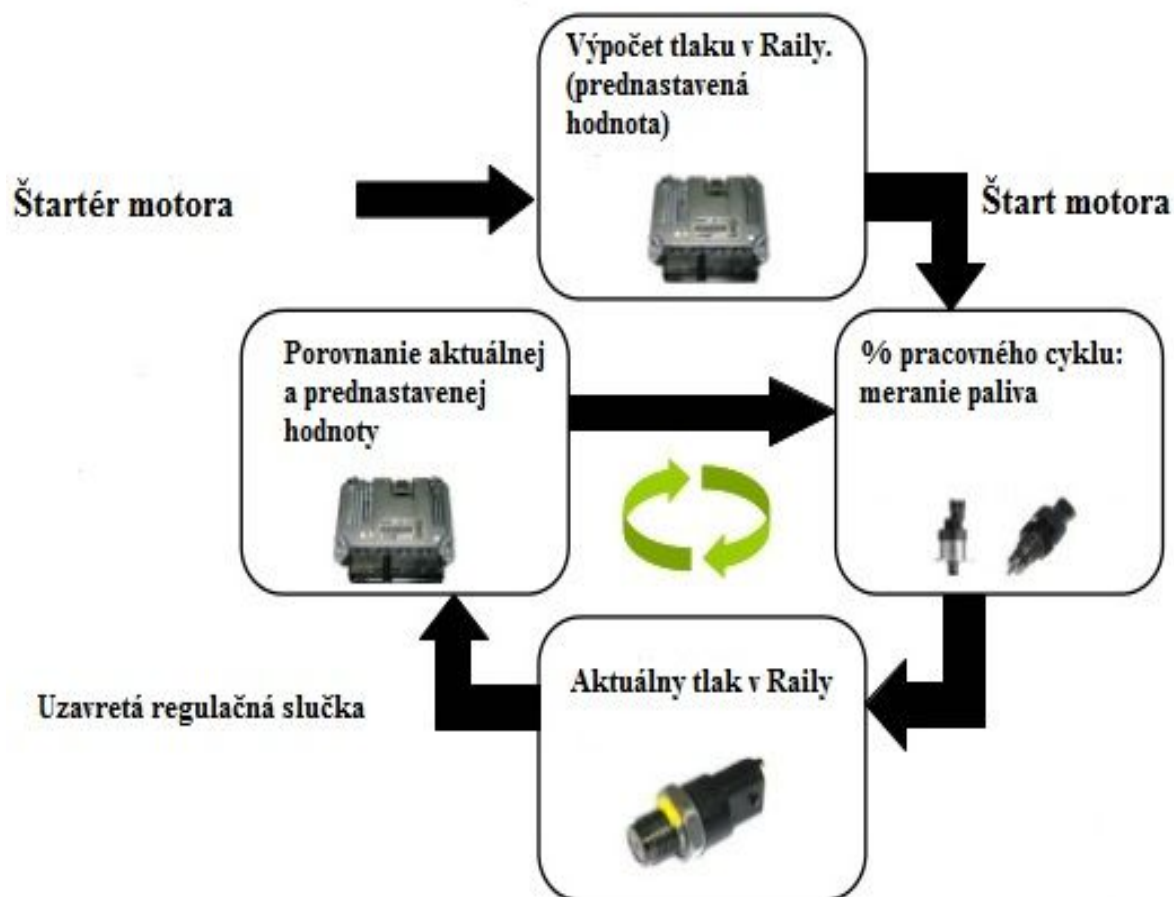
3. Množstvo pri brzdení motorom.

Motorová brzda je hlavne využívaná pri nákladných automobiloch, kedy je vstrekované buď malé alebo žiadne palivo. Podobne je to aj v prípade osobných automobilov so vstrekováním, kedy sa odporúča nechávať pri zjazdoch z kopca alebo dobrzdovaním pred križovatkou zaradenú rýchlosť, pretože pri otáčkach nad 1500 ot/min je opojený prívod paliva, to znamená aktuálnu nulovú spotrebu a šetrenie financií.

Ak pri vysokých otáčkach nie je potreba veľký točivý moment, systémy umožňujú vstrekať veľmi malé množstvo paliva alebo modernejšia možnosť v osobných vozidlách je vypnutie valcov motora. Táto regulácia postupne prichádza aj do oblasti klasických štvorvalcových motorov.

V roku 2012 spôsobila spoločnosť Denso menšiu revolúciu, keď na trh vypustila kontrolný systém motora, zvaný i-AIR¹⁹, ktorý má vstavané senzory na vstrekačov na meranie vstrekovacieho tlaku v reálnom čase a kontroluje množstvo a načasovanie paliva pre jednotlivé vstrekače.

¹⁹ Názov z anglických slov intelligent-Accuracy Refinement Technology.



Obr. 5.1 Výpočet tlaku v Raily [18]

6 Závady systému Common rail

Životnost systému Common rail je úzko spojená so štýlom jazdy vodiča, kvalitou paliva a ďalšími faktormi. Poruchy v systéme Common rail sú špecifické tým, že často vyradia vozidlo z prevádzky.

6.1 Závada na vstrekovačoch

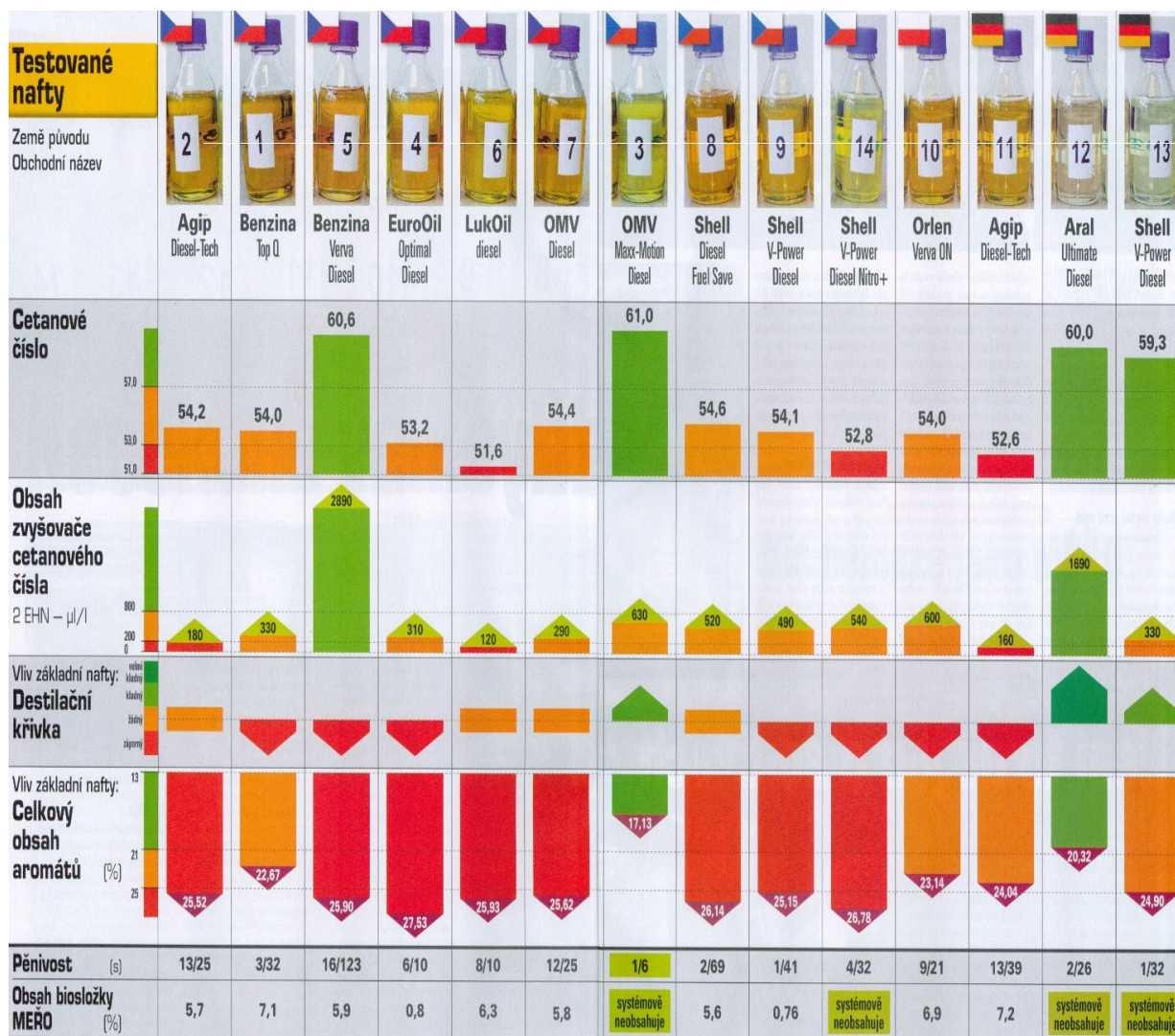
V dobe prvých Common railov výrobcovia tvrdili, že životnosť systému sa dá porovnať s ostatnými časťami vozidla. Po rokoch skúseností však vyplynulo, že táto životnosť je u väčšiny vozidiel nedosiahnuteľná. Porucha vstrekovačov má väčšinou pozvoľný priebeh, často sa prejavuje aj horším záberom motora z nižších otáčok. Vstrekovač reaguje spomalene, čo má za následok vždy neskorší vstrek. Následná oprava závisí od značky výrobcu. Táto porucha je úzko spojená s kvalitou nafty, pri používaní kvalitnej nafty a použitím vhodných aditív sa dá tejto závade predísť.[33][34]

6.1.1 Kvalita nafty

Je významným faktorom ovplyvňujúcim spomínanú životnosť vstrekovačov. Použitím nekvalitnej nafty sa vstrekovače začínajú zanášať čiastočkami nečistôt. Za veľmi nevhodné sa považuje aj tankovanie nafty s biozložkou, pretože tie obsahujú kovy a minerály, ktoré môžu zanášať vstrekovače. Nebezpečím je aj uvoľňovanie vody v biozložkách, čo môže spôsobiť korodovanie.[35]

6.2 Závada na čerpadle

Tečenie prepacom patrí k častým poruchám, kedy čerpadlo nestíha dodávať dostatočné množstvo paliva, čo má za následok pokles tlaku v raily. Riadiaci systém to vyhodnotí ako poruchu, čo má za následok stratu ťahu motora.[33]



Obr. 6.1 Výsledky testu prémiových naftových produktů jednotlivých společností, které vykonal v roce 2012 časopis Svět motorů [36]

Výsledky testů nafty podle čísla vzorků [36]:

1. Velmi slušná nafta předávaná bez příplatku, preukázateľne obsahuje aditiváciu spoločne so zvyšovačom cetanového čísla. Vzorka obsahovala maximálnu povolenú hladinu biosložky, penivosť ostáva na nízkej úrovni.

2. Společnost Agip by měla zvýšit dávkování aditiv, ak chce ponúkat túto naftu ako prémiovú. Cetanové číslo vzorku bolo 54,2, no inokedy by to mohlo byť menej. Vzorka tiež obsahovala malé množstvo zvyšovača 2-EHN²⁰.
3. Zázrak moderných rafinérskych technológií, nafta sa dováža z Rakúska. Základ vzniká hydrakovaním²¹. Obsahuje vysoko modifikovanú podobu biozložiek, ktoré zvyšujú cetanové číslo.
4. Prémiová nafta od štátnej akciovej spoločnosti Čepro, ktorá má podobné vlastnosti ako štandardné nafty od Benziny alebo OMV. Výhodou čerpacích staníc je vysoká šanca zakúpenia nafty bez biozložky, resp. s veľmi nízkym obsahom biozložiek, pretože povinný ročný podiel predá spoločnosť v motorovej nafta a v čistej bionafta veľkoodberateľom.
5. Veľmi vysokým prídavkom aditiv sa darí Benzine Verva Diesel minimalizovať nevýhodné vlastnosti nafty z českých rafinérií. Vďaka vysokému cetanovému číslu sa v motore správa rovnako ako prémiové nafty zahraničných výrobcov. Vysoká penivosť môže u poukazovať na veľký obsah čistiacieho aditiva, čo je veľmi dobré pre vstrekovače.
6. Referenčná nafta bez povýrobnej aditivácie bola zakúpená v spoločnosti LukOil, ktorá sľubuje priaznivé ceny. Zistený obsah 2-EHN je pravdepodobne do nafty dodávaný už v rafinérií, aby pri nevýhodnom uhl'ovodíkovom zložení nafta splnila požiadavky na minimálne cetanové číslo. Referenčná nafta spomínanú minimálnu hodnotu prekročila len o 0,6 jednotky.
7. Aj štandardná nafta je od OMV povýrobne aditivovaná, pretože procesné prídavky 2-EHN v stredoeurópskych rafinériách končia na hodnote 200 $\mu\text{l/l}$. Ide o štandardnú naftu z destilácie ropy.
8. Veľmi dobrá nafta bez príplatku a vzhľadom k dobrej cenovej politike spoločnosti, ide často o najlepší kompromis medzi kvalitou a cenou. Na pomery štandardných náft veľa aditiv.
9. Tento typ nafty sa už na českom trhu nepredáva, bol nahradený V-Power Nitro+.
10. Za rovnakým prémiovým názvom ako v Českej republike sa neskrývajú rovnaké vlastnosti. Oproti českej Verve má menej zvyšovačov cetanového čísla v základnej nafta podobnej akosti. Výslednými parametrami sa môže porovnávať s českým Top-Q.
11. Ani v Nemecku nerobí spoločnosť Agip pre zvýšenie cetanového čísla takmer nič, čo je pre tamojší trh neobvyklé. Môže obsahovať aditiva, ktoré sa prejavajú v dlhodobejšom časovom horizonte. V zásade však neobsahuje nič, čo by mohlo vyvolať lepšie chovanie motora ako napríklad bežná nafta zo supermarketu.

²⁰ chemická látka 2-etylhexylnitrát, používa sa na zvýšenie cetanového čísla nafty[35]

²¹ štiepením vyšších ropných podielov za súčasného čistenia vodíkom

12. Klasická značka na poli extrémne výkonných náft opäť nesklamala. Úzke destilačné rozmedzie a znížený obsah arómy vytvára najlepšie podmienky pre účinok zvyšovača cetanového čísla 2-EHN, ktorého je tu po českej Verve druhého najviac. Systémovo neobsahuje biozložky, základom je hydrokrakovaný olej, alebo dokonca syntetická nafta.
13. Taktiež nemecký prémiový Shell dosahuje cetanového čísla okolo 60 jednotiek a patrí k najlepším naftám súčasnosti. Značný podiel má na výsledku odlišenie zloženia základnej nafty s polovičným obsahom petrolejových frakcií.
14. Za revolučným názvom sa neskrývajú žiadne revolučné vlastnosti. Vysoký obsah arómy a široké celkové destilačné rozmedzie charakterizujú naftu z českých rafinérií.

7 Budúcnosť systému Common rail

Budúcnosť Common rail systému je úzko spojená s budúcnosťou vznětových agregátov a ich použitie v budúcnosti je prepojené so svetovými zásobami ropy, keďže nafta je produkt vyrábaný práve z čierneho zlata. Názory na zásoby ropy sa rôznia, niektorí tvrdia, že ropa ako surovina sa za 100 rokov vyťaží, sú dokonca aj veľkí skeptici, ktorí predpokladajú vyčerpanie zásob ropy už za 50 rokov. Iní zase tvrdia, že ropa tu bude stále pretože časom sa nájde konvenčný spôsob ako ju umelo vyrábať. Môj názor je však iný, podľa mňa sa zásoby ropy tak skoro nevyčerpajú, pretože každoročne sa objavujú nové a nové náleziska ropy. V nedávnej dobe to boli nové náleziska hlavne v USA a Kanade, ktoré sú podľa mnohých predpokladov väčšie ako zásoby Saudskej Arábie. Na druhej strane ale netvrdím že tu bude ropa navždy, pretože nároky ľudstva na túto surovinu sú enormné. Práve preto si myslím, že má zmysel zdokonaľovať súčasné technológie aby sa doba ropy predĺžila čo najviac a aby ju mohli používať aj budúce generácie ľudstva a zdokonalenie systému Common rail tomu môže v značnej miere pomôcť.

Plnenie emisných noriem, znižovanie prevádzkových nákladov a s tým spojené menšie míňanie ropy sú ciele, ktoré musia budúce generácie Common railu plniť a vylepšovať. Kľúčom k vylepšeniu môže byť zvýšenie tlaku ale aj vylepšenie trysky, či zmena počtu vstrekov pri jednom cykle. Každý výrobca má inú víziu vylepšenia systému pre budúcnosť.

V spoločnosti Bosch vidí budúcnosť systému Common rail, viceprezident vývoja dieselových systémov, Jürgen Gerhardt v systematickom prístupe, kedy sa bližšie pozrú aj na možné zvýšenie tlaku v raily, no taktiež sa zamerajú na nastavenie systému ako takého. Gerhardt tiež tvrdí, že elektromagneticky riadené systémy síce zlepšili celkové možnosti motorov a to hlavne pri vstrekaní malých objemov, no v možnostiach tlaku hrajú hlavnú rolu piezoelektrické systémy. Viceprezident ďalej očakáva v nasledujúcich rokoch aj zvýšenie počtu vstrekov, ktoré interne nazývajú elektronická zmena rýchlosti, čo znamená, že je používaný pilotný vstrek v dostatočnom predstihu pred hlavným vstrekom. Ďalší krok vidia v elektronickej zmene rýchlosti II, kde bude jeden hlavný vstrek nahradený viacerými malými. Očakávajú aj zmenšenie priemeru dier trysky a zvýšenie tlaku. [19]

Ďalší svetový výrobca Common rail systému, spoločnosť Denso a jej riaditeľ divízie dieselových systémov Katsuhiko Takeuchi, vidia budúcnosť vo zvyšovaní tlaku, kde už dnes spolupracujú na vývoji motorov s tlakom 300 MPa s niekoľkými zákazníkmi a už dosiahli prvé dobré výsledky a to predovšetkým v oblasti motorov pre vozidlá na ťažkú prácu. Firma Denso taktiež vyvíja vylepšenia v oblasti materiálov, elektromagnetických a piezoelektrických pohonov a nových mechanizmov. Najväčšou výzvou v nasledujúcej dekáde bude podľa slov Takeuchiho flexibilita Common rail systémov, pretože trh má tendenciu odlišovať sa a to čím ďalej, tým viac a nie je podľa jeho slov v možnostiach firmy produkovať stovky rôznych variácií systému. Dosahovanie vyso-

kej flexibility systémov, dodržovanie emisných a iných noriem bude a aj je kľúčom k úspechu.[22]

Viceprezident spoločnosti Delphi, pre hnacie ústrojenstvo, John Fuerst vidí kľúč k úspechu v budúcnosti vo vstrekovacej sústave Common rail. Zlepšenie bude spočívať vo vyššom tlaku, optimalizovanom dizajne trysiek a viacnásobnom vstrekovanom vzore. Riaditeľ vývoja v oblasti úžitkových automobilov spoločnosti Delphi, David Draper tvrdí, že v budúcnosti nemôžeme očakávať veľké nárasty tlakov, skôr pôjde o navyšovanie v desiatkach MPa, keďže vstrekovače sú už dnes schopné vyvíjať veľké tlaky, no pri tlakoch okolo 270MPa nastáva problém s odolnosťou materiálov. [23][24]

8 Záver

Mnoho automobilov a nákladných vozidiel jazdí v dnešnej dobe na naftu a drvivá väčšina z nich využíva systém Common rail, ktorý splňa aj najprísnejšie emisné normy. Sprísňovanie noriem má za následok potrebu optimalizácie systému. V mojej práci som sa zamerlal na novinky a vylepšenia, ktoré sa za posledné obdobie objavili na trhu, ako aj popis funkcie jednotlivých častí. Snažil som sa zahrnúť vylepšenia od najväčších svetových hráčov v oblasti Common railu.

Podľa môjho názoru bude systém Common rail v ďalších rokoch expandovať, hlavne na severoamerickom, trhu kde nahradí v dnešnej dobe používané veľkoobjemové zážihové motory. Môj názor potvrdzujú aj čísla dodaných Common railov, keď v roku 2012 boli štyri z piatich novopredaných dieselových áut vybavené systémom Common rail a v tomto roku je plánovaných 15 miliónov dodávok Common railu. [7]

Trend downsizingu²² bude aj naďalej pokračovať avšak samotné vznetové motory so systémom Common rail budú často spájané s elektrickým motorom. Myslím, že práve diesel hybridný pohon s preplňovaním je jedným s kľúčov k úspechu budúcich automobilov so vznetovým motorom. V súvislosti s optimalizáciou Common railu sa stotožňujem s názorom, riaditeľa vývoja v oblasti úžitkových automobilov v spoločnosti Delphi, Davida Drapera v tom, že extrémne nárasty tlakov v ďalšej dekáde nebudú, no podľa mňa v časovom horizonte 15 rokov sa materiály zdokonalia natoľko, že tzv. super efektívne spaľovanie pri vstrekovacom tlaku okolo 350 MPa bude samozrejmosťou. V budúcnosti očakávam aj zmenšenie otvorov trysiek s zlepšením načasovania vstrekov. Za samozrejmosť pri plnení limitných hodnôt emisií pokladám štandardné využitie SCR aj u osobných automobilov.

²² Znižovanie objemu motora pri súčasnom zvyšovaní výkonu.

9 Zdroje

- [1] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [2] LANDHÄUBER, Felix. *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. 1. české vyd. Překlad Stanislav Hanák. Praha: Robert Bosch, 2005, 95 s. Technické vzdělávání. ISBN 80-903132-7-2.
- [3] Vstrekovací soustava dieslového motoru - Common rail. [online]. 25.11.2012 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/vstrekovacia-sustava-diesloveho-motora-common-rail>
- [4] Všeobecné informace. *Bosch* [online]. 9.6.2012 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: http://press.bosch.cz/detail.asp?f_id=1029
- [5] *Milestones in Common Rail Development* [online]. 2009 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: http://www.boschdieselcenter.com.sg/mam/boaa/master/docs/artikel_meilensteine-der-cre_eng.pdf
- [6] *Injektor* [online]. 2012 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.mazda-forum.info/attachments/mazda6-und-mazda6-mps/34641d1382472638-motorproblem-ich-weiss-nicht-mehr-weiter-injektor.jpg>
- [7] *Mobility solutions* [online]. 10.9.2013 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: http://www.bosch-presse.de/presseforum/details.htm?txtID=6407&tk_id=108&locale=en
- [8] *SPRÍSŇOVANIE EMISNÝCH LIMITOV CESTNÝCH MOTOROVÝCH VOZIDIEL* [online]. 15.12.2013 [cit. 2015-04-19]. ISSN 1338-9629. Dostupné z: <http://www.svetdopravy.sk/sprisnovanie-emisnych-limitov-cestnych-motorovych-vozidiel/>
- [9] *Common Rail Injection System Pressure Control* [online]. 2014 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: https://www.dieselnets.com/tech/diesel_fi_common-rail_control.php
- [10] *Policies for reducing light vehicle emissions* [online]. 2012 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.climatechangeauthority.gov.au/reviews/light-vehicle-emissions-standards-australia/policies-reducing-light-vehicle-emissions>
- [11] *F2E Distributed Pump Common Rail System* [online]. 2013 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: http://www.autonews.com/Assets/html/pace_award/winners/2013_delphi_distributed_pump_common_rail_system.html

- [12] *Delphi E3 Diesel Electronic Unit Injector* [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.delphi.com/manufacturers/cv/powertrain/injection-systems-and-components/e3-diesel-electronic-unit-injector/>
- [13] *Common Rail Systems by Liebherr* [online]. 2013 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: www.liebherr.com/CP/en-GB/default_cp.wfw/tab-131726?file=~%2Fcms%2Fdownloads%2Fbp_crs_commonrail_web_engb.pdf liebherr common rail system
- [14] *Bosch Diesel Injection - Dieseltch* [online]. 19.2.2007 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: http://www.dieselpowermag.com/tech/general/0703dp_bosch_diesel_injection_system/
- [15] *A Novel, Media-Compatible Pressure Sensor for Automotive Applications* [online]. 2009 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://archives.sensormag.com/articles/0100/28/>
- [16] *Common Rail* [online]. 2012 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.senior-flexonics.com/Commonrail/CommonRailTemplate-01.jpg>
- [17] *Diesel engines; Trucks; Automobile industry; Vehicles*. Velká Británie: Aroq Limited, 2013. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1286934353?accountid=17115>
- [18] *Common rail diesel fuel systems* [online]. 16.2.2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/amgadradhihadi/common-rail-diesel-fuel-systems>
- [19] *Common goal* [online]. 1.10.2014 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://ae-plus.com/focus/common-goal/page:1>
- [20] *EU will hint at future new-car CO2 targets* [online]. 28.11.2014 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://europe.autonews.com/article/20141128/ANE/141129962/eu-will-hint-at-future-new-car-co2-targets>
- [21] *Pure Flow Adapter* [online]. 2015 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://2microntech.com/pure-flow-adapter/>
- [22] *Common purpose* [online]. 5.10.2014 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://ae-plus.com/features/common-purpose/page:1>
- [23] *Common goal* [online]. 1.10.2014 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://ae-plus.com/focus/common-goal/page:2>
- [24] *Q&A: David Draper* [online]. 3.11.2014 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://ae-plus.com/qanda/qanda-david-draper/page:2>
- [25] *AUDI Technologie Common Rail*. In: [online]. 2010 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=HH7fmZ6CPE>

- [26] *October 2012 Postal Route Letters to the Editor* [online]. 2012 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://www.dieselpowermag.com/news/1210dp_october_2012_postal_route_letters_to_the_editor/
- [27] *Tlakový zásobník - rail, regulátor tlaku, snímač tlaku a teploty klukového a vačkového hriadeľa* [online]. 5.12.2012 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/tlakovy-zasobnik-rail-regulator-tlaku-snimac-tlaku-a-teploty-klukoveho-a-vackoveho-hriadela>
- [28] *Spheric Rail* [online]. 2009 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.forum-auto.com/marques/dacia/sujet1241-735.htm>
- [29] *The Heart of Common Rail Injection Comon Rail Injection system* [online]. 2012 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://www.dieselpowermag.com/tech/1204dp_inside_the_bosch_cp3_injection_pump/photo_01.html
- [30] *Beware When Using Remanufactured Common Rail Injectors* [online]. 2013 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.truckinginfo.com/article/story/2013/09/beware-when-using-remanufactured-common-rail-injectors.aspx>
- [31] *Zubové palivové čerpadlo Bosch* [online]. 2015 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <https://www.motointegrator.cz/produkty/763733-palivove-cerpadlo-bosch-0-440-020-075>
- [32] *Electric fuel pump* [online]. 2015 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://de.bosch-automotive.com/en/parts/parts_and_accessories/motor_and_sytems/benzin/fuel_supply/electric_fuel_pump/electric_fuel_pump_1
- [33] *Týden s naftou: diesel z druhé ruky je past na kupující!* [online]. 18.7.2007 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.autoweb.cz/tyden-s-naftou-diesel-z-druhe-ruky-je-past-na-kupujici/>
- [34] *Dieselová Pro a Proti VIII: Opravy vstřikovačů common railu* [online]. 21.6.2012 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/dr-diesel-opravy-vstrikovac-common-railu-od-tri-do-ctrnacti-tisic-67684>
- [35] *Test dražší nafty: Benzina překvapila, Shell zklamal* [online]. 2008 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/test-drazsi-nafty-benzina-prekvapila-shell-zklamal-fxl-/automoto.aspx?c=A080915_145641_automoto_fdv
- [36] *Ceny nafty* [online]. 2012 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://egenergie.com/content/file/Nafta_vysledky_testu.jpg