JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N 4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Posouzení provozu motorových vozidel se vznětovými motory využívajícími systém přímého vstřikování paliva Common-Rail

Vedoucí diplomové práce: Ing. Antonín Dolan

Autor diplomové práce: Bc. Jan Šindelář

České Budějovice 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 4. 4. 2015

……

Podpis

Poděkování

Rád bych zde poděkoval vedoucímu diplomové práce, kterým je Ing. Antonín Dolan za jeho rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá palivovým systémem Common-Rail. Smyslem této práce je vypracovat přehled vývoje systému vstřikování paliva. První část se věnuje popsání zvoleného palivového systému. Jsou zde popsány a vysvětleny všechny části tohoto systému. Je zde vysvětleno řízení vstřikování. Následně jsou popsány ostatní varianty provedení palivových systémů. V další části jsou popsány a rozděleny diagnostické přístroje a provedeno měření emisí a provozních hmot. V poslední části jsou provedeny ekonomické výpočty z hlediska ekonomicky provozu motorových vozidel. Práce také obsahuje vyhodnocení výsledků z měření a zjištění vhodnosti využití palivového systému na vozidle.

Klíčová slova: Common-Rail; palivová soustava; vstřikování; vysokotlaké čerpadlo; diagnostika

Abstract

This diploma thesis deals with the Common-Rail fuel system. The aim of this work is to develop an overview of development of the fuel-injection system. The first part is devoted to the description of the selected fuel system. All the parts of the system are described and explained there. Also the explanation of the management of the injection is included. Subsequently, other variants of the fuel system are described here. Further parts focuse on the diagnostic instruments and measuring emissions, also operational materials are described and divided in there. The last part of the thesis is devoted to the economic calculations which were made from the perspective of the economy operation of motor vehicles. The work also includes an evaluation of the measurements results and determines the appropriateness of the use of the Common-Rail fuel system for vehicles.

Key words: Common-Rail; fuel system; injection; high-pressure pump, diagnostics

Obsah

1 Úvod 9
1.1 Vývoj vznětových motorů 9
2 Literární přehled 10
2.1 Systém přímého vstřikování paliva Common-Rail 10
2.1.1 Historie Common-Rail 10
2.1.2 Označení systému výrobci 11
2.1.3 Palivová soustava s tlakovým zásobníkem Common-Rail 11
2.1.4 Vývoj systému Common-Rail 12
2.1.5 Výhody systému Common-Rail 16
2.2 Palivový systém vystřikovacího zařízení Common-Rail 17
2.3 Nízkotlaká část 18
2.4 Vysokotlaká část 20
2.5 Ostatní palivové systémy vznětových motorů 29
2.5.1 Dvou pružinový vstřikovač 29
2.6 Řadová vstřikovací čerpadla 30
2.7 Rotační vstřikovací čerpadla 31
2.8 Sdružená vstřikovací jednotka 33
2.9 Čerpadlo – vedení – tryska (Pumpe – Leitung - Düse) 34
2.10 Legislativní předpisy a požadavky 35
2.10.1 Legislativa OBD (On-Board Diagnostics, palubní diagnostika vozidla) 35
2.10.2 OBD I (CARB) 35
2.10.3 OBD II (CARB) 35
2.10.4 OBD (EPA) 36
2.10.5 EOBD (EU) 36
2.11 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 36
2.11.1 Přehled základních předpisů pro oblast autoopravárenství 36

2.12 Dodržování pracovních postupů ... 37
2.12.1 Zásady bezpečnosti a čistoty při práci s palivovou soustavou ... 37
2.13 Identifikace vozidla ... 38
2.13.1 VIN kód ... 38
2.14 Struktura VIN Škoda Superb ... 39
2.15 Kód motoru ... 41
2.16 Emisní normy u vozů Scania se systémem Common-Rail ... 42
2.17 Emise a jejich zpřísňování ... 44
2.18 Emisní norma EURO ... 45
2.19 Likvidace škodlivin u vznětového motoru ... 47
2.20 Testy v SDP3 ... 57
2.21 Porovnání systému Common-Rail a Čerpadlo-tryska ... 61
2.21.1 Systém Common-Rail ... 61
2.21.2 Systém Čerpadlo-tryska ... 61
2.22 Měření emisí vozidla se vznětovým motorem ... 62
2.23 Spotřeba pohonných hmot ... 64
2.24 Ekonomická hlediska ... 68
2.24.1 Spotřeba paliva ... 68
2.24.2 Náklady na výměnu oleje ... 70
2.24.3 Spolehlivost ... 70
3 Cíle práce ... 71
4 Materiál a metody ... 72
4.1 Měření emisí na automobilu Škoda Superb se systémem Common-Rail ... 72
4.2 Měření spotřeby pohonných hmot ... 74
4.3 Ekonomická hlediska ... 76
4.3.1 Opravy palivových soustav ... 76
5 Výsledky ... 77
5.1 Měření emisí na automobilu Škoda Superb se systémem Common-Rail ... 77
5.2 Měření spotřeby pohonných hmot ... 78

5.3 Protokol o měření emisí u vozidla Škoda Superb se systémem Common-Rail 79
5.4 Výpočet nákladů na opravy palivových soustav 81
5.4.1 Rotační vstřikovací čerpadlo 81
5.4.2 Soustava Common-Rail 81
5.4.3 Sdružený vstřikovač 82
6 Diskuse 83
6.1 Měření spotřeby pohonných hmot 83
6.2 Porovnání měření emisí u automobilu Škoda Superb 83
6.3 Výpočet nákladů na opravy palivových soustav 84
6.4 Ekonomická hlediska 85
6.4.1 Opravy palivových soustav 85
6.5 Porovnání potřeby pohonných hmot u automobilu Škoda Superb 86
6.6 Porovnání měření emisí u automobilu Škoda Superb 87
7 Závěr 88
8 Literatura 90
9 Přílohy – seznam použitých tabulek, grafů a zkratek 93

1 Úvod

Pro úspěšné zvládnutí studia jsem si vybral jako diplomovou práci posouzení provozu motorových vozidel se vznětovými motory využívajícími systém přímého vstřikování Common-Rail. V této práci jsem vypracoval přehled vývoje systému vstřikování paliva Common-Rail. Analyzoval jsem přednosti či nedostatky oproti ostatním systémům vstřikování paliva. Dále jsem analyzoval systém vstřikování paliva Common-Rail z hlediska spotřeby provozních hmot, spolehlivosti a množství emisí. Na závěr podle zjištěných a naměřených hodnot jsem porovnal systém vstřikování paliva Common-Rail z hlediska ekonomiky provozu motorových vozidel.

1.1 Vývoj vznětových motorů

Na počátku vývoje automobilu sloužil jako hnací agregát silničních vozidel zážehový motor. V roce 1927 byla konečně vyrobena první nákladní vozidla a v roce 1936 i osobní vozidla se vznětovým motorem. V nákladních vozidlech se mohl vznětový motor prosadit díky své hospodárnosti a dlouhé životnosti. U osobních vozidel byl vznětový motor ve stínu. Až s příchodem moderních vznětových motorů s přímým vstřikem a přeplňováním- princip přímého vstřiku byl použit již u prvních vznětových motorů pro nákladní vozidla – se image vznětových motorů změnil. Nyní má skoro polovina přihlášených vozidel v Evropě vznětový motor (LANDHÄUßER, 2011).

2 Literární přehled

2.1 Systém přímého vstřikování paliva Common-Rail

2.1.1 Historie Common-Rail

Prototyp systému Common-Rail vyvinul koncem 60. let minulého století Švýcar Robert Huber. V období let 1976 až 1992 pokračoval ve vývoji systému Swiss Federal Institute of Technology. V první polovině devadesátých let Dr. Shohei Itoh a Masahiko Mijaki z firmy Denso, vyvinuli Common-Rail pro velká nákladní vozidla. Prvním prakticky použitelným systémem označeným ECD-U2 Common-Rail byl vybaven automobil Hino Raising Ranger.

Začátkem devadesátých let na vývoji spolupracovaly firmy Magneti Marelli, Centro Ricerche Fiat a Elasis, tato fáze skončila v roce 1994. Koncem roku 1993 patenty zakoupila německá firma Robert Bosch GmbH a pokračovala ve výzkumu a vývoji pro uvedení do sériové výroby. V roce 1997 přišly na trh první modely osobních automobilů, jako první se představila 1. října Alfa Romeo 156 1.9 JTD a později i Mercedes-Benz E 320 CDI (CHLUP, 1999).

2.1.2 Označení systému výrobci

Obr. č. 1 Označení systému Common-Rail výrobci. Zdroj: Prezentace- Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR.

2.1.3 Palivová soustava s tlakovým zásobníkem Common-Rail

U vstřikování s tlakovým zásobníkem je odděleno vytváření tlaku a vstřikování. Vstřikovací tlak je vytvářen nezávisle na otáčkách motoru a vstřikovaném množství paliva. Palivo je připraveno pro vstřikování ve vysokotlakém zásobníku. Okamžik vstřiku a vstřikované množství paliva jsou vypočítány elektronickou řídicí jednotkou, vstřikování probíhá prostřednictvím vstřikovačů, které jsou ovládány elektrohydraulicky pomocí elektromagnetických ventilů. Vstřikované množství paliva je dáno jeho tlakem a dobou otevření vstřikovacích trysek (CHLUP, 2005).

2.1.4 Vývoj systému Common-Rail

Motor 2,0 l TDi CR – I. generace

Motor 2,0 l TDi první generace se systémem vstřikování paliva Common-Rail našel svůj základ v agregátu 2,0 l TDi se systémem vstřikování paliva čerpadlo-tryska. V důsledku neustále se zvyšujících nároků na emisní normy. Spotřebu paliva a hlučnost, bylo velké množství motorových komponentů upraveno. Nejzásadnější konstrukční inovace se odehrály v oblasti vstřikovací soustavy, které byla kompletně přepracována pro systém vstřikování paliva Common-Rail.

První generace této pohonné jednotky se systémem vstřikování Common-Rail disponovala výkony 103kW a 125kW a byla nabízena do modelů Octavia II (modelový rok 2009), Super II (modelový rok 2008) a Yeti (modelový rok 2009).

Technické znaky

- 4- ventilová technika.
- Blok válců šedé litiny a hlava válců z hliníkové slitiny.
- Kovaný klikový hřídel se čtyřmi vyvažovacími závažími.
- Stavitelné regulační klapky v sacím potrubí.
- Systém vstřikování paliva Common-Rail vyvinutý firmou Bosch.
- Vstřikovací jednotky ovládané piezoventilem.
- Vstřikovací tlak až 180 MPa.
- Kovové žhavicí svíčky.
- Kromě motoru s kódem CBBB odpadly vyvažovací hřídele.
- Turbodmychadlo s proměnnou geometrií lopatek.
- Filtr pevných částic s oxidačním katalyzátorem.
- Vstřikovací jednotky s IMA kódem.

Tab. č. 1 Technické údaje motoru 2,0 l TDi CR – I . generace

kód motoru	CBDB
Konstrukce	řadový motor
Počet válců	4
Ventilů na válec	4
Zdvihový objem	1968 cm^3
Kompresní poměr	16,5 : 1
Max. výkon	103kW při 4200 min^{-1}
Řídicí jednotka	Bosch EDC 17- CP14
Palivo	motorová nafta dle DIN EN590
Úprava výfuk. plynů.	zpětné vedení výfukových plynů, oxidační katalyzátor, filtr pevných částic
Emisní norma	EU 5

Zdroj: Vznětový motor 2,0 l/125kW TDi se systémem vstřikování Common-Rail, (2010)

Motor 2,0 l TDi CR – II. Generace

V průběhu produkce modelových řad Octavia II, Super II a Yeti byla první generace motoru 2,0 l TDi se systémem vstřikování paliva Common-Rail postupně nahrazována generací druhou. Drujá generace motoru 2,0 l TDi se oproti první liší několika konstrukčními prvky. Mezi jednou z nejvýznamnějších úprav patří náhrada vstřikovacích jednotek ovládaných piezoventilem ze vstřikovací jednotky ovládané elektromagnetickým ventilem.

K výkonovým variantám 103 kW přibyla u druhé generace motoru 2,0 l TDi alternativa o výkonu 81 kW.

Technické znaky

- 4- ventilová technika.
- Blok válců z šedé litiny a hlava válců z hliníkové slitiny.
- Kovaný klikový hřídel se čtyřmi vyvažovacími závažími.
- Systém vstřikování paliva Common-Rail vyvinutý firmou Bosch.
- Vstřikovací jednotky ovládané elektromagnetickým ventilem.
- Vstřikovací tlak až 180Mpa.
- Kovové žhavicí svíčky.
- Sací potrubí z plastu.

- Turbodmychadlo s proměnnou geometrií lopatek.
- Modul zpětného vedení výfukových plynů s integrovaným ventilem zpětného vedení výfukových plynů.
- Filtr pevných částic s oxidačním katalyzátorem.
- Komu nikace po diagnostickém transportním protokolu UDS (Unified Diagnostic Services on CAN).

Tab. č. 2 Technické údaje motoru 2,0 l TDi CR – II. generace

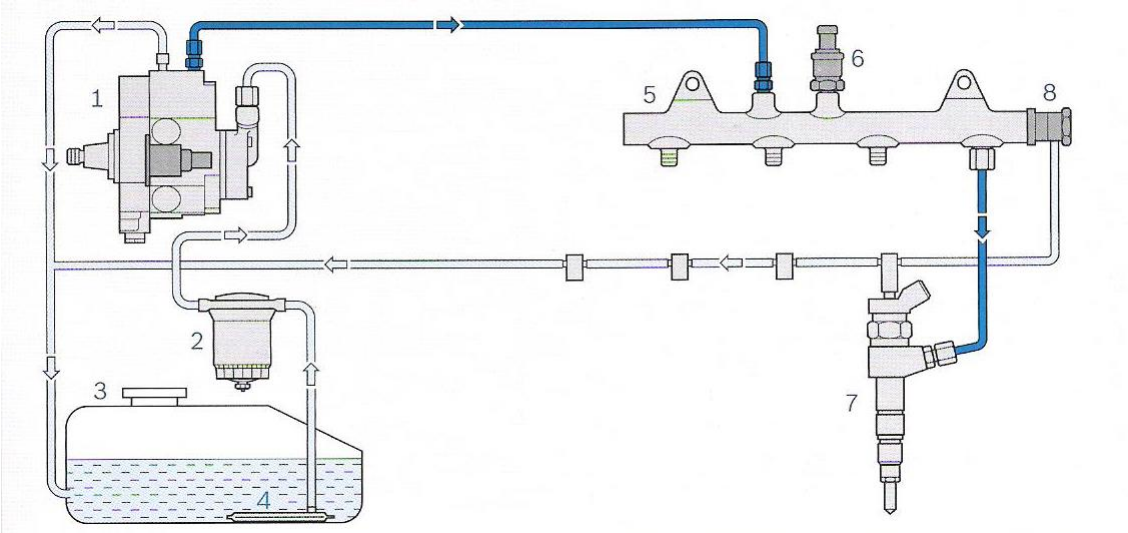
kód motoru	CFHA/CFHF
konstrukce	řadový motor
počet válců	4
ventilů na válec	4
zdvihový objem	1968 cm^3
kompresní poměr	16,5 : 1
max. výkon	81kW při 4200 min^{-1}
řídicí jednotka	Bosch EDC 17- CP46
palivo	motorová nafta dle DIN EN590
úprava výfuk. plynů	zpětné vedení výfukových plynů, oxidační katalyzátor, filtr pevných částic
emisní norma	EU 5

Zdroj: Vznětový motor 2,0 l/125kW TDi se systémem vstřikování Common-Rail, (2010)

Vysokotlaká regulace

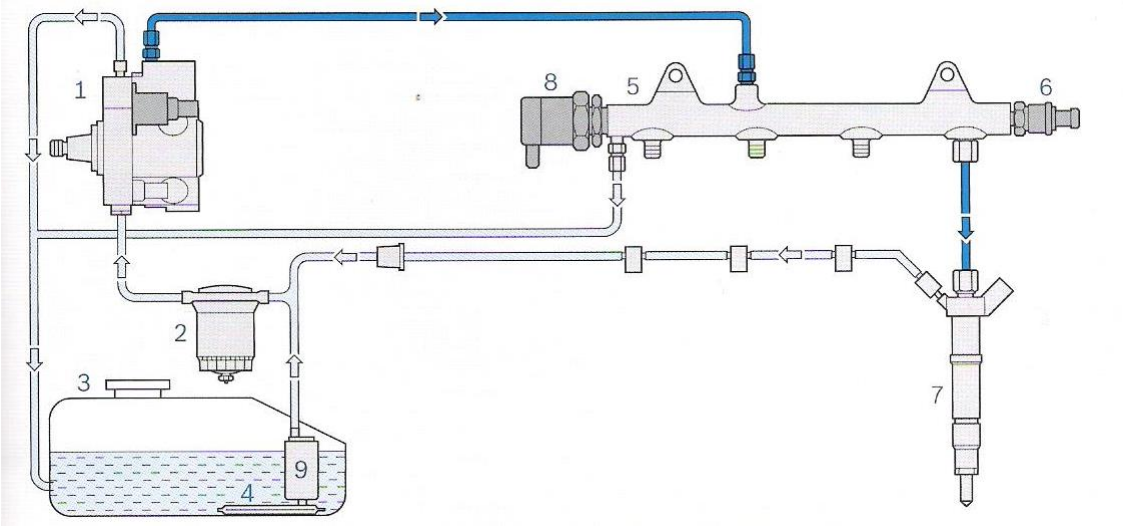
U systému Common-Rail první generace probíhá regulace tlaku paliva v zásobníku tlaku (Railu) pomocí regulačního tlakového ventilu. Vysokotlaké čerpadlo dopravuje maximální množství paliva nezávisle na jeho potřebě a regulační tlakový ventil přivádí přebytečné palivo zpět do palivové nádrže.

Systém Common-Rail druhé generace reguluje tlak paliva v Railu na straně nízkého tlaku pomocí dávkovací jednotky. Vysokotlaké čerpadlo musí dopravovat jen takové množství paliva, které motor skutečně potřebuje. Energetická potřeba vysokotlakého čerpadla a tím také spotřeba paliva jsou tak nižší.



Obr. č. 2 Příklad systému Common-Rail druhé generace pro čtyřválcový motor. 1- vysokotlaké čerpadlo s vestavěným zubovým podávacím čerpadlem a dávkovací jednotkou, 2- palivový filtr, 3- palivová nádrž, 4- předřadný filtr, 5- vysokotlaký zásobník (Rail), 6- snímač tlaku, 7- vstřikovač s elektromagnetickým ventilem, 8- omezovací tlakový ventil. CHLUP, (2009)

Systém Common-Rail třetí generace se vyznačuje piezoelektrickými vstřikovači inline. Pokud může být tlak regulován jen na straně nízkého tlaku, trvá snížení tlaku v Railu při rychlé negativní změně zatížení velmi dlouho. Dynamika přizpůsobení tlaku změněným podmínkám zatížení má příliš velkou setrvačnost. To se týká zejména piezoelektrických inline vstřikovačů, jako důsledek jejich velmi malé vnitřní netěsnosti. Některé systémy Common-Rail proto mají také kromě vysokotlakého čerpadla s dávkovací jednotkou navíc ještě regulační tlakový ventil. Tento dvojitý systém regulace kombinuje výhody regulace na nízkotlaké straně s výhodami regulace na vysokotlaké straně (LANDHÄUßER, 2005).



Obr. č. 3 Příklad systému Common-Rail třetí generace s dvojitým regulačním systémem pro čtyřválcový motor. 1- vysokotlaké čerpadlo s dávkovací jednotkou, 2- palivový filtr, 3- palivová nádrž, 4- předřadný filtr, 5- vysokotlaký zásobník, 7- piezoelektrický vstřikovač, 8- regulační tlakový ventil, 9- elektrické palivové čerpadlo. Zdroj: CHLUP, (2009)

2.1.5 Výhody systému Common-Rail

Přímé vstřikování paliva pod dostatečně vysokým tlakem zajišťuje jeho velmi jemné rozprášení, okamžité odpaření a vznik kvalitní směsi se vzduchem. Na základě toho pracuje motor s ekonomičtějším spalováním se všemi výhodami, které z toho plynou.

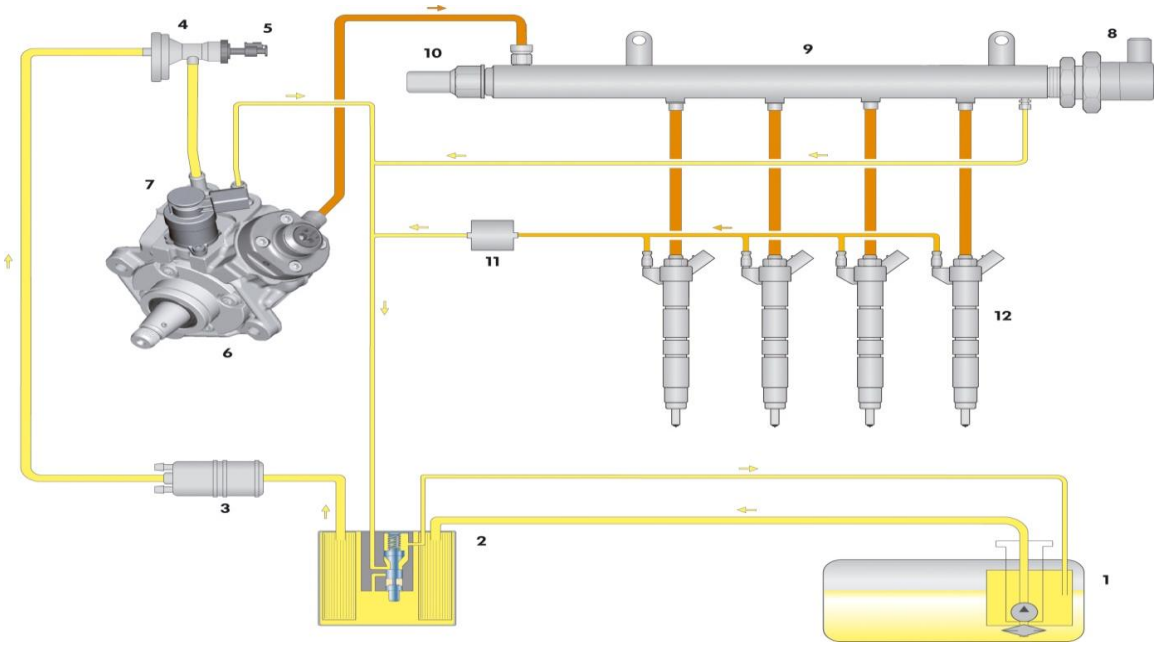
Motor vykazuje tišší, měkčí chod. Přispívá k tomu také tzv. úvodní vstřik (předstřik) několik milisekund před hlavním vstřikem se totiž uskuteční předehřátí spalovacího prostoru úvodním vstřikem malého množství paliva. Nárůst tlaku ve spalovacím prostoru není tak prudký a běh motoru je tišší a měkčí.

Emise ve výfukových plynech jsou podstatné nižší než u vznětových motorů předchozí generace. Reálně lze počítat se snížením CO až o 40%. Vzhledem ke snížení měrné spotřeby paliva lze počítat i s poklesem produkce CO_2 až od 20%. Také se projevuje výrazný pokles pevných částic až o 60% oproti jiným soustavám (LANDHÄUßER, 2005).

2.2 Palivový systém vystřikovacího zařízení Common-Rail

Palivový systém vstřikovacího zařízení Common-Rail (obr. č. 4) se skládá z nízkotlaké části (která dopravuje a čistí palivo před vstupem do vysokotlakého čerpadla) a vysokotlaké části (kterým je vlastní vstřikovací zařízení).

Nízkotlaká část je na obrázku č. 4 vyznačena žlutě a vysokotlaká část je vyznačena červeně.

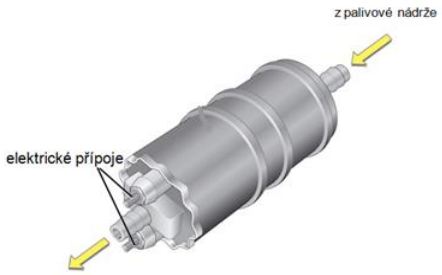


Obr. č. 4 Části systému Common Rail: 1 - Elektrické palivové čerpadlo, 2 - Palivový filtr s předehřívacím ventilem, 3 - Pomocné palivové čerpadlo, 4 - Filtrační sítko, 5 - Snímač teploty paliva, 6 - Vysokotlaké palivové čerpadlo, 7 - Ventil dávkování paliva, 8 - Ventil regulace tlaku paliva, 9 - Vysokotlaký zásobník paliva (Rail), 10 - Snímač tlaku paliva - vysoký tlak, 11 - Zpětný tlakový ventil, 12 - Vstřikovací ventily. Zdroj: Prezentace- Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR.

2.3 Nízkotlaká část

Nízkotlaká část zajišťuje dostatek paliva pro část vysokotlakou. Skládá se z následujících části:

Dopravní palivové čerpadlo



Obr. č. 5 Dopravní palivové čerpadlo. Zdroj: Prezentace- Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR.

Úkolem dopravního (podávacího čerpadla) je zásobovat vysokotlaké čerpadlo dostatkem paliva. V současnosti se používají dva druhy dopravních čerpadel: elektrické válečkové nebo mechanicky poháněné zubové palivové čerpadlo.

Dopravní palivové čerpadlo vytlačuje palivo přes jemný čistič paliva k pojistnému ventilu. Jedná se o pístek s pružinou a se škrticím otvorem, kterým je palivo vytlačováno do mazacího a chladicího okruhu vysokotlakého čerpadla. Překročí-li podávací tlak otevíracího tlak pojistného ventilu (50-150 kPa), dojde k otevření pojistného ventilu a palivo může být vytlačováno přes sací ventil do prostoru toho válce, v němž se píst jednotky pohybuje do dolní úvratě. Při výtlačném zdvihu písku se uzavře tlakem paliva sací ventil, výtlačný ventil se otevře a palivo je vytlačováno do zásobníku tlaku přípojkou (CHLUP, 2009).

Elektrické válečkové čerpadlo

Toto čerpadlo se používá pouze u osobních a lehkých užitkových vozidel. Obvykle je umístěno přímo v palivové nádrži.

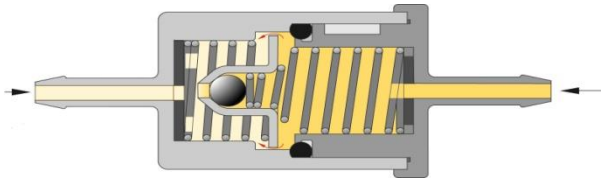
Zubové čerpadlo

Čerpadlo je umístěno buď ve vysokotlakém čerpadle a má sním společný pohon (ozubené soukolí, ozubený řemen), nebo je přímo na motoru a má pohon vlastní. Dopravované množství je přibližně úměrné otáčkám motoru. Proto je prováděna regulace množství dopravovaného paliva buď škrcením průtoku na straně sání, nebo obtokovým přepouštěním na straně výtlačné.

Při výpadku přídavného palivového čerpadla je v provozu motor se sníženým výkonem. Opětovné spuštění motoru však není možné.

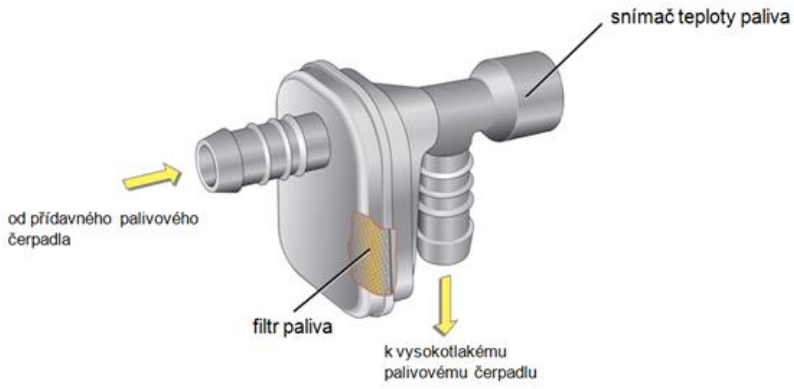
Zpětný ventil paliva

Slouží k naplnění zpětného vedení paliva od vstřikovacích ventilů při odvzdušňování palivové soustavy



Obr. č. 6 Zpětný ventil paliva. Zdroj: Prezentace- Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR.

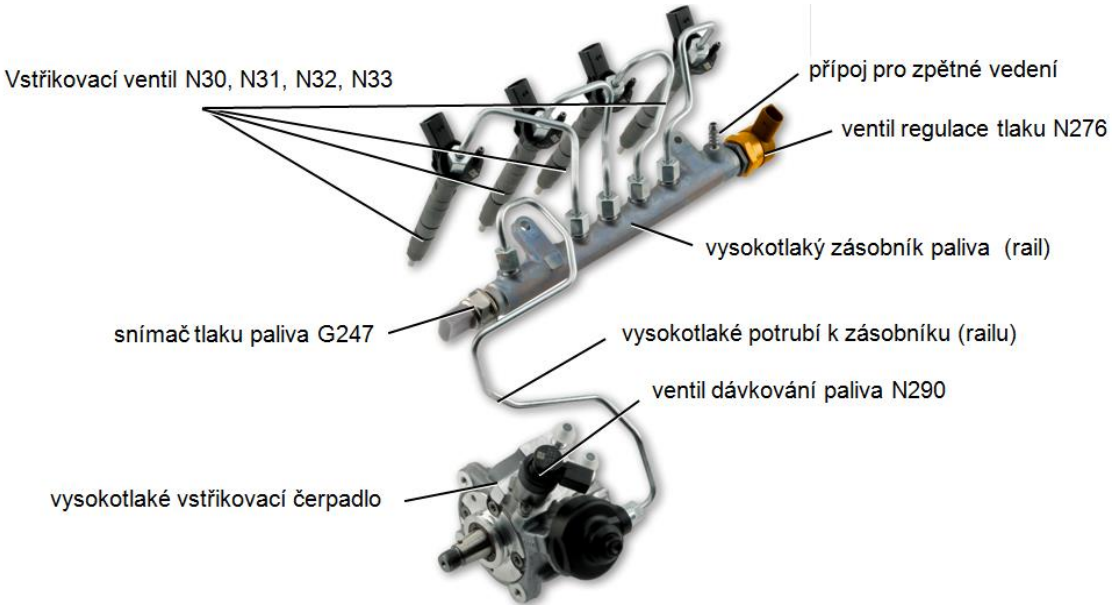
Filtr paliva se snímačem teploty paliva



Obr. č. 7 Filtr paliva se snímačem paliva. Zdroj: Prezentace- Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR.

Filtrační sítko slouží k ochraně vysokotlakého palivového čerpadla před částečkami nečistot vznikajících např. při mechanickém otěru a je umístěno v přívodním palivovém potrubí před vysokotlakým palivovým čerpadlem. (CHLUP, 2009)

2.4 Vysokotlaká část



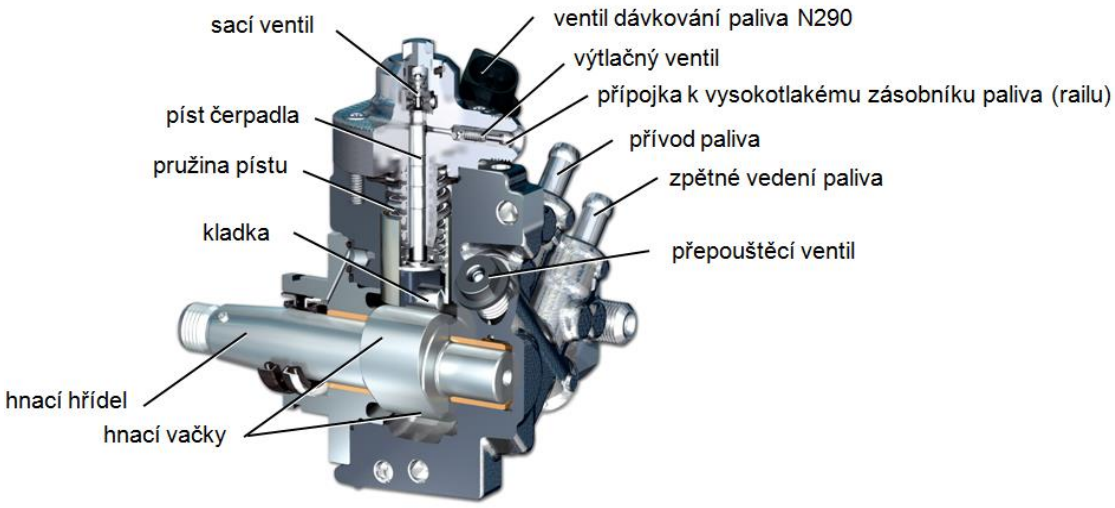
Obr. č. 8 Vysokotlaká část systému Common Rail. Zdroj: Prezentace- Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR.

Vysokotlaká část kromě vytváření vysokého tlaku také rozděluje a odměřuje množství vstřikovaného paliva. Skládá se z následujících částí:

Vysokotlaké palivové čerpadlo

Vysokotlaké palivové čerpadlo použité u motoru 2,0 l TDi první generace je jednolistové a je poháněno ozubeným řemenem od klikového hřídele

Vysokotlaké palivové čerpadlo vytváří tlak paliva o hodnotě až 180 MPa.

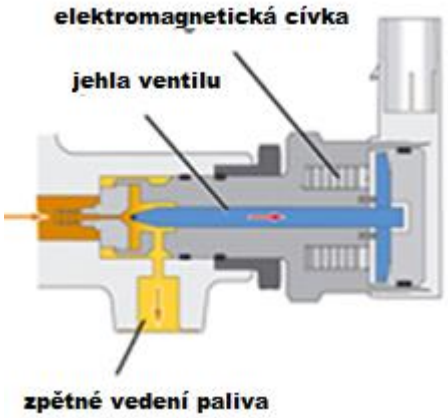


Obr. č. 9 Vysokotlaké palivové čerpadlo. Zdroj: Prezentace- Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR.

Pomocí dvou vačky s přesazením vaček o 180° umístěné na hnacím hřídeli, se tlak vytváří synchronizovaně se vstřikem pracovní době příslušného válce. Přenos síly z hnacích vaček na píst čerpadla zajišťuje kladka.

Regulační ventil tlaku

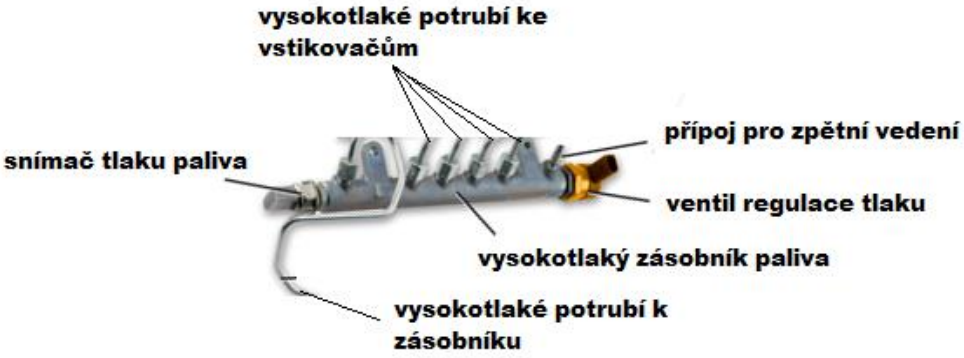
Účelem je nastavit a udržet tlak paliva v zásobníku v závislosti na zatížení motoru. Při příliš vysokém tlaku paliva v zásobníku se regulační ventil otevře a část paliva odtéká zpětným potrubím zpátky do palivové nádrže. Při příliš nízkém tlaku paliva v zásobníku se regulační ventil uzavře a utěsňuje tak vysokotlakou stranu vůči nízkotlaké.



Obr. 10 Regulační ventil tlaku. Zdroj: Prezentace- Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR.

Regulátor tlaku paliva má dva regulační okruhy. Pomalejší elektrický regulační okruh pro nastavení proměnné střední hodnoty tlaku ve vysokotlakém zásobníku (Railu) a rychlejší mechanicko-hydraulický regulační okruh, který vyrovnává vysokofrekvenční tlakové kmitání (CHLUP, 2009).

Vysokotlaký zásobník paliva (Rail)



Obr. č. 11 Vysokotlaký zásobník paliva. Zdroj: Prezentace- Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR.

Vysokotlaký zásobník paliva akumuluje palivo pod vysokým tlakem. Přitom svým poměrně velkým objemem tlumí také kmitání vznikající dopravou paliva vysokotlakým čerpadlem a odběrem paliva při vstřikovaní (CHLUP, 2009).

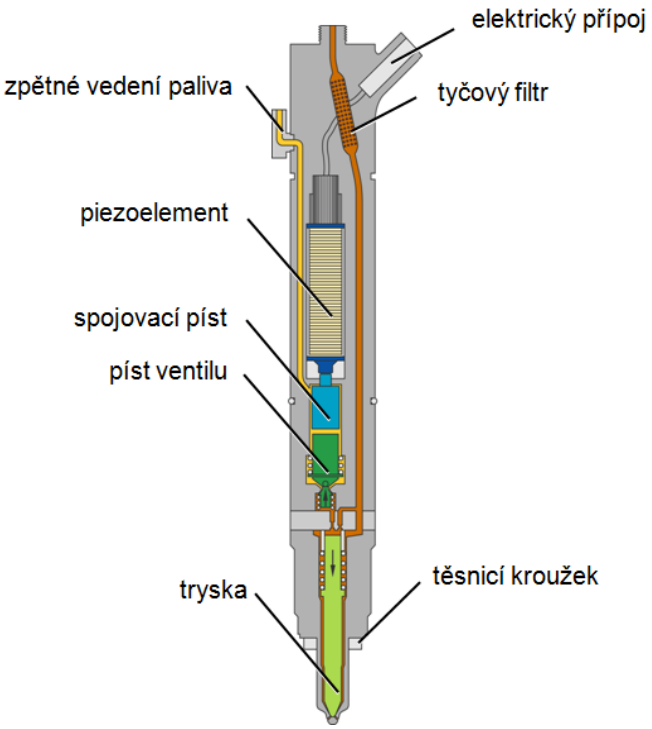
Snímač tlaku paliva

Jeho úkolem je měřit okamžitý tlak paliva v zásobníku s vyhovující přesností v odpovídajícím čase a poskytovat řídicí jednotce napěťový signál odpovídající velikosti snímaného tlaku paliva.

Otvorem ve vysokotlakém zásobníku proudí palivo ke snímači tlaku, jehož snímací membrána uzavírá přívodní kanál. Na této membráně je umístěn snímací člen, který slouží k převodu tlaku paliva na elektrický signál. Vzniklý signál je veden do vyhodnocovacího obvodu, který naměřený a zesílený signál předává řídicí jednotce (ZABLER, 2003).

Vstřikovač

Úkolem elektricky řízeného vstřikovače je vstříknout přesně určené množství paliva v určitém okamžiku do spalovacího prostoru. Počátek vstřiku a vstřikované množství jsou nastavovány vstřikovačem.



Obr. č. 12 Piezoelektrický vstřikovač. Zdroj: Prezentace- Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR.

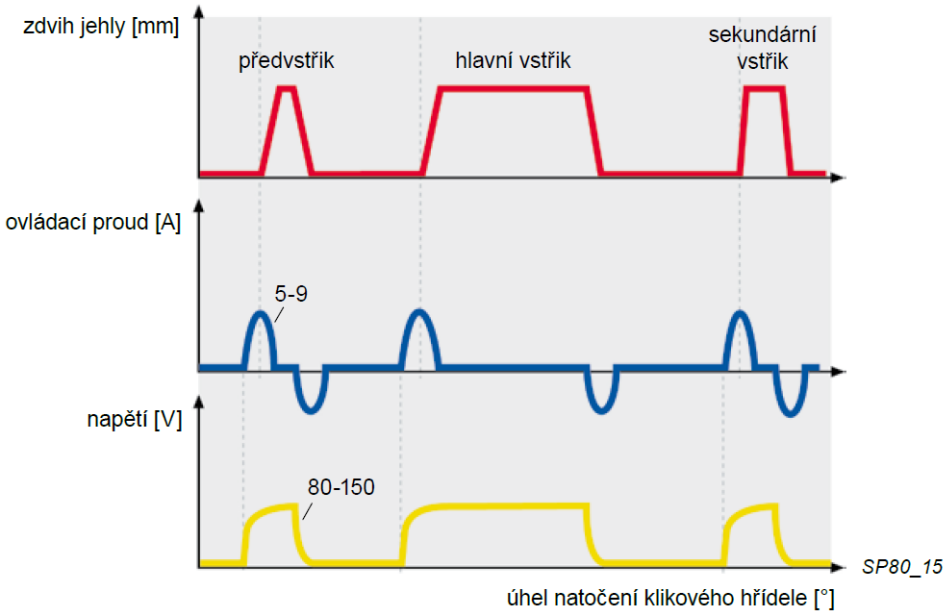
Vstřikovací ventily jsou ovládány piezoelektrickým akčním členem. Hlavní výhodou piezoelektrického akčního členu je jeho spínací rychlost, která je přibližně čtyřikrát vyšší než u dříve používaných elektromagnetických ventilů.

Výhody:

- velmi krátké spínací doby
- možnost více vstřiků během pracovního cyklu
- přesné dávkování vstřikovaného množství paliva

Vytváření tlaku a samotné vstřikování paliva je u systému Common-Rail řešeno odděleně. Vysoký tlak paliva, potřebný ke vstřikování, zajišťuje vysokotlaké čerpadlo, uspořádané jako čerpadlo s radiálními písty, které dopravuje palivo do vysokotlakého zásobníku (Railu)

Vstřikovací ventily jsou k vysokotlakému zásobníku paliva (Railu) připojeny krátkým vysokotlakým potrubím.



Graf č. 1 Vstřikování paliva u systému Common-Rail. Zdroj: CHLUP, Systém vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common-Rail.

Vstřikovací proces je inicializován impulzem od řídicí jednotky motoru. Množství vstřikovaného paliva je určeno dobou otevření vstřikovacího ventilu a tlakem v systému. Vstřik paliva lze kromě toho v každém spalovacím cyklu rozdělit na více dílčích vstřiků:

- předstřik paliva
- hlavní vstřik paliva
- sekundární vstřik paliva

Vstřikovací systém Common-Rail používá dvě řídicí jednotky:

- Řídicí jednotka hnacího ústrojí (PCM- řídicí modul pohonu).
- Řídicí jednotka vstřikovacích ventilů (IDM- ovládací modul vstřikovače).

Ovládání elektromagnetických ventilů vstřikovačů a tím odměřování paliva zajišťuje IDM, která je spojena s modulem PCM.

Řídicí jednotka hnacího ústrojí (PCM) vypočítá celkovou vstřikovanou dávku a okamžik vstřiku a vypočtená data pošle do modudlu IDM, který ovládá vstřikovače řízené elektromagnetickými ventily.

Modul vstřikovacích ventilů (IDM) je inteligentní palivový akční člen. Zpracovává dále informace jako vstřikovaná dávka a okamžik vstřiku od modulu PCM a ovládá vstřikovače.

Následující snímače jsou přímo připojeny na IDM:

- Snímač polohy klikového hřídele (CKP).
- Snímač polohy vačkového hřídele (CMP).
- Snímač teploty paliva.
- Snímač klepání (KS).
- Snímač tlaku paliva .
- Snímač teploty okolního vzduchu (BARO).

Vstřikovače jsou vybaveny elektromagnetickými ventily. Ovládání pro odměřování paliva zajišťuje modul IDM. Napájení elektromagnetických ventilů probíhá ve dvou stupních. Na začátku vstřikování je elektromagnetický ventil ovládán zvýšeným záběrovým proudem (12 A), aby rychle otvíral. Po určité době je ovládací proud snížen na nižší přídržný proud (6 A). Takto se zabrání zbytečnému vývoji tepla v IDM. Vstřikovaná dávka je určena dobou otevření a tlakem v rozdělovacím potrubí paliva. Vstřikování se ukončí, když elektromagnetický ventil není napájen a jehla trysky poté zavírá (ZABLER, 2003).

Vznětové motory mají vysoký kompresní poměr. Vysoký kompresní tlak nasátého vzduchu působí přes písty a ojnice na klikový hřídel a při odstavení motoru způsobuje nestálý chod motoru. Elektromagnetický ventil klapky v sacím potrubí spíná podtlak pro podtlakovou skříň klapky v sacím potrubí, čímž se tato klapka uzavře. Tím se zabrání nestálému chodu motoru při jeho odstavení. Při odstavení motoru je napájen elektromagnetický ventil klapky v sacím potrubí. Tím se uvolní podtlak k podtlakové skříni pro ovládání klapky v sacím potrubí a tím se klapka v sacím potrubí uzavře. Při výpadku signálu nebo při výpadku elektromagnetického ventilu klapka v sacím potrubí zůstává při odstavení motoru otevřena (ZABLER, 2003).

U vstřikovacího systému Common-Rail se vstřikuje do spalovacího prostoru malá před vstřikovaná dávka před hlavním vstřikováním. Modul PCM vypočítá celkovou vstřikovanou dávku a okamžik vstřiku. Dříve než se přenáší signál o celkové vstřikované dávce a okamžiku vstřiku do modulu IDM, stanovuje modul PCM úhel pro začátek před vstřikování a hlavního vstřikování, jakož i před vsřikovanou dávku.

Systém má regulaci klepání. To znamená, že spalování motoru je zaznamenáváno snímačem klepání (KS), čímž modul IDM příslušně upraví předvstřikování. Přizpůsobení před vstřikování provádí modul IDM přibližně jednou za provozní hodinu, a sice po sobě pro každý válec individuálně, jakmile nastanou provozní podmínky potřebné k tomu účelu. K přizpůsobení před vstřikované dávky se nejdříve položí, podle požadovaných dat z charakteristiky IDM a okolních dat motoru, maximální zadávaná dávka.

Modulem IDM se nyní před vstřikovaná dávka kontinuálně snižuje, až snímač klepání (KS) zaregistruje zvýšený hluk spalování, který leží mimo mezní hodnoty charakteristiky IDM. Potom se před vstřikovaná dávka zásahem modulu IDM opět trochu zvýší, takže hluk spalování se opět nachází uvnitř mezních hodnot. Přizpůsobená data pro před vsřikovanou dávku se ukládají do paměti EEPROM. Oblast, ve které je možno provádět před vstřikování je z důvodu fyzikálních/mechanických mezí omezena. To znamená, že před vstřikováním se odpojí od určitých otáček nebo určitého zatížení motoru.

Ve vysokotlakém prostoru vysokotlakého čerpadla se palivo stlačí a dopravuje se do rozdělovacího potrubí paliva. Dopravované množství je přitom řízeno dávkovacím ventilem paliva tím, že se mění průřez otvoru dávkovacího ventilu. Tlak paliva je dávkovacím ventilem paliva optimálně přizpůsoben otáčkám motoru, takže maximální tlak paliva je k dispozici teprve od otáček 2300 min^{-1}. Snímač tlaku paliva informuje průběžně modul IDM o okamžitém tlaku paliva. Pokud nyní otáčky motoru klesnou pod 2300 min^{-1}, he v systému zapotřebí snížit tlak.

Pokles tlaku probíhá přes dávkovací ventil paliva a tím, že elektromagnetické ventily vstřikovačů jsou napájeny proudem v krátkých intervalech. Záběrový proud je přitom pokaždé dostatečný, aby se elektromagnetické ventily otevíraly po intervalech (palivo tím může odtékat před zpětný tok paliva), zůstává však dostatečně malý, aby se nezvedla jehla trysky vstřikovače, a tím zabraňuje nechtěnému vstřikování. Stejným způsobem probíhá také pokles tlaku po odstavení motoru. Intervalovým napájeným elektromagnetických ventilů tlak během několika sekund úplně poklesne.

Systém řízení motoru se vstřikováním Common-Rail má trojnásobný softwarový monitorovací systém v modulu IDM, který v případě kritické softwarové poruchy v systému zastaví motor. Toto trojité monitorování funguje následovně:

- Vymazání všech v modulu ještě neodbavených vstřikování
- Uzavření dávkovacího ventilu paliva, aby nedošlo k dalšímu nárůstu tlaku paliva v rozdělovacím potrubí paliva
- Krátké, intervalové ovládání vstřikovače, aby tlak paliva rychle poklesl

Dodatečně k trojitému softwarovému monitorovacímu systému je vestavěn monitorovací systém hardwaru modulu, který monitoruje bezvadnou funkci jednotlivých součástí modulu IDM. Pokud systém pozná poruchu hardwaru modulu, přeruší se přívod proudu ke vstřikovačům. Po odstavení motoru zásahem monitorovacího systému softwaru nebo hardwaru je obecně možné nové nastartování motoru polohou klíče zapalování VYP a opět ZAP. Software systému monitoruje stále bezvadnou funkci následující h snímačů/akčních členů:

- Snímač tlaku paliva.
- Snímač CKP (poloha klikového hřídele).
- Snímač CMP (poloha vačkového hřídele).
- Dávkovací ventil paliva.

Při výpadku nebo vadné funkci některého z těchto snímačů je motor zásahem IDM odstaven. Přídavně k monitorování snímačů vedou k odstavení motoru následující situace:

- Pokles tlaku v rozdělovacím potrubí paliva, protože otvírací doba vstřikovače je větší než jakou vypočítal systém (např. vstřikovač visí nebo znečištěn).
- Zjištění poruchy přes ovládací proud vstřikovače.

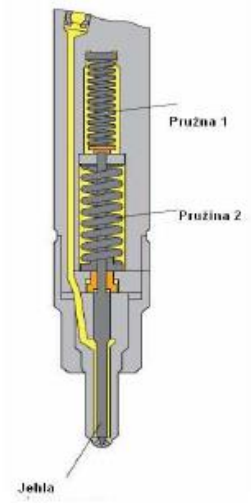
Obě situace nevyžadují žádné přídavné snímače nebo akční členy v systému. Všechny vstupní veličiny (snímače) modulu PCM se monitorují na zkrat a na přerušení vedení (VLK, 2002).

2.5 Ostatní palivové systémy vznětových motorů

2.5.1 Dvou pružinový vstřikovač

Dvou pružinové vstřikovače jsou dalším vývojem standardních vstřikovačů a slouží pro redukování hluků vznikajících při spalování, zvláště ve volnoběhu a v oblasti středního výkonu. Ve dvou pružinovém vstřikovači jsou za sebou umístěny dvě pružiny. Nejprve na jehlu trysky působí pouze jedna pružina a určuje tím první otvírací tlak. Druhá pružina se opírá o dorazové pouzdro, které omezuje úvodní zdvih.

Dvou pružinový vstřikovač umožňuje tzv. před vstřik, který podporuje lepší hoření. Tím dochází ke klidnějšímu chodu motoru a snížení vytváření sazí.



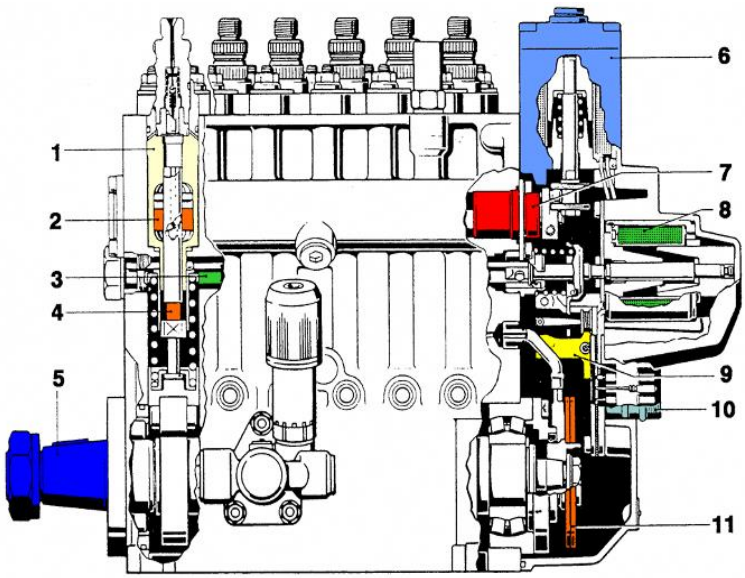
Obr. č. 13 Dvou-pružinový vstřikovač. Zdroj: ROBERT BOSCH GmbH, (1993)

2.6 Řadová vstřikovací čerpadla

Řadová vstřikovací čerpadla mají pro každý válec motoru jeden element čerpadla, ten skládá z válce čerpadla a pístu čerpadla. Píst čerpadla se pohybuje ve směru dodávky prostřednictvím vačkového hřídele poháněného motorem. Aby bylo možné dosáhnout změny dodávky, jsou v pístu šikmé řídící hrany, takže lze pootočením pístu prostřednictvím posuvné regulační tyče dosáhnout požadovaného užitného zdvihu. Mezi vysokotlakým prostorem čerpadla a začátkem vstřikovacího vedení jsou podle podmínek vstřiku umístěny přídavné výtlačné ventily. Ty určují přesné ukončení vstřiku, zamezují dostřiku u vstřikovací trysky a zajišťují rovnoměrné pole charakteristik čerpadla (ROBERT BOSCH GmbH, 1993).

Řadová vstřikovací čerpadla se zdvihovými šoupátky

Řadová vstřikovací čerpadla se zdvihovými šoupátky (obr. č. 13) se liší od běžných řadových vstřikovacích čerpadel se zdvihovým šoupátkem kluzně umístěným na pístu čerpadla, pomocí tohoto šoupátka lze měnit úvodní zdvih a tedy také počátek dodávky popř. vstřiku pomocí případného ovládacího hřídele.



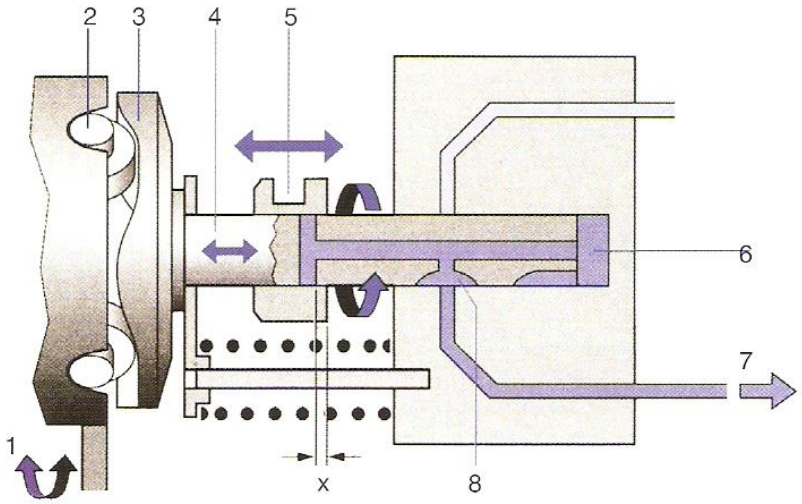
Obr. č. 14 Čerpadlo se zdvihovými šoupátky. 1- Válec čerpadla, 2- Zdvihové šoupátko, 3- Regulační tyč, 4- Píst čerpadla, 5- Vačková hřídel, 6- FB- magnet počátku dodávky, 7- Hřídel přestavení, 8- Magnet pro nastavení dodávky,9- Snímač dráhy regulační tyče, 10- Konektor, 11- Polohovací kotouč. Zdroj: ROBERT BOSCH GmbH, (1993)

2.7 Rotační vstřikovací čerpadla

Rotační vstřikovací čerpadla mají mechanický regulátor otáček nebo elektronický regulátor s integrovaným přesuvníkem vstřiku. Mají jen jeden výtlačný element čerpadla pro všechny válce.

Rotační vstřikovací čerpadla s axiálním pístem

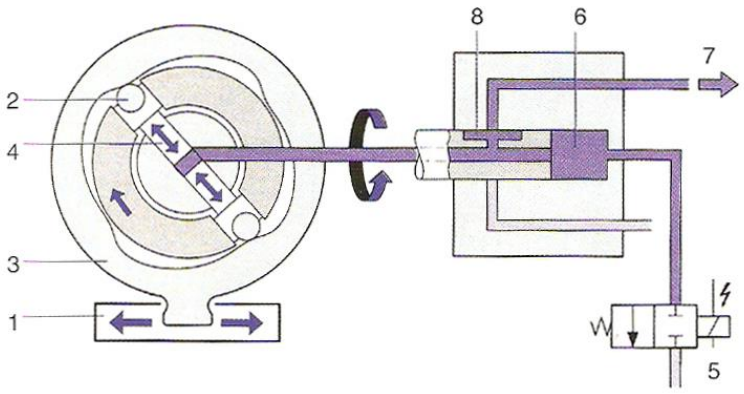
U rotačních vstřikovacích čerpadel s axiálním pístem (obr. č. 15) dopravuje křídlaté lopatkové čerpadlo palivo do prostoru čerpadla. Centrálně umístěný rozdělovací píst, který otáčí vačkovým kotoučem, vytváří tlak a rozděluje palivo k jednotlivým válcům. Během jedné otáčky hřídele pohonu dělá píst tolik zdvihů, kolika válcům motoru musí dodávat palivo. Vačky na spodní straně vačkového kotouče se odvalují po kladkách prstence kladek a způsobují u rozdělovacího pístu točivý a zdvihový pohyb (ROBERT BOSCH GmbH, 1993).



Obr. č. 15 Rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem. 1- Přesuvník vstřiku, 2- Prstenec s kladkami, 3- Vačkový kotouč, 4- Píst, 5- Šoupátko, 6- Vysokotlaký , 7- prostor, 8- Přívod ke vstřikovači, 9- Kanálek v pístu, x- užitečný zdvih pístu. Zdroj: ROBERT BOSCH GmbH, (1994)

Rotační vstřikovací čerpadla s radiálními písty

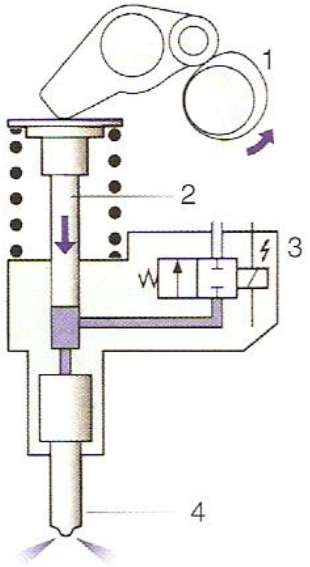
U rotačních vstřikovacích čerpadel s radiálními písty (obr. č. 16) dodává křídlové palivové čerpadlo palivo. Čerpadlo s radiálními písty s vačkovým kroužkem a dvěma až čtyřmi radiálními písty realizuje vytváření vysokého tlaku a dodávky paliva. Rozdělovač paliva svou rotací rozděluje vytvořený tlak do jednotlivých vstřikovačů. Vysokotlaký elektromagnetický ventil dávkuje vstřikované množství. Pootočením vačkového kroužku dochází ke změně počátku dodávky paliva. Otáčky jsou regulovány vhodným nastavením akčního členu (ROBERT BOSCH GmbH, 1994).



Obr. č. 16 Rotační vstřikovací čerpadlo s radiálním pístem. 1- Píst přesuvníku počátku dodávky, 2- Kladka, 3-Vačka, 4- Radiální píst, 5- ŘJ čerpadla a Mg. ventil řízení dávky paliva, 6 – Pracovní prostor 7- Výstup vysokého tlaku, 8-Rozdělovací hřídel. Zdroj: ROBERT BOSCH GmbH, (1993)

2.8 Sdružená vstřikovací jednotka

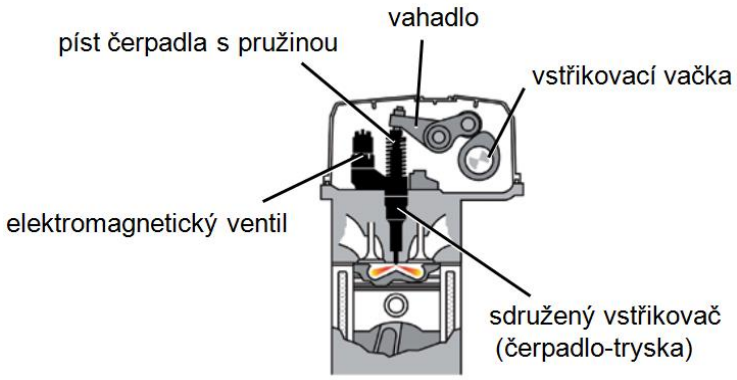
U sdružené vstřikovací jednotky (obr. č. 17) vytváří vstřikovací čerpadlo a vstřikovací tryska jednu jednotku. Pro každý válec motoru je v hlavě válců vestavěna jedna jednotka, která je poháněna buď přímo přes zdvihátko, nebo nepřímo přes vahadlo s vačkového hřídele motoru. U systému je možné docílit vstřikovacího tlaku až 200 MPa. To zajišťuje absence vysokotlakého vedení. Což je rozdíl oproti řadovým nebo rotačním vstřikovacím čerpadlům. Pomocí tohoto vysokého vstřikovacího tlaku a elektronické regulace s polem charakteristik pro počátek vstřiku a trvání vstřiku lze dosáhnout podstatného snížení emisí škodlivých látek vznětového motoru. Elektronické koncepce regulace umožňují realizaci různých přídavných funkcí (ROBERT BOSCH GmbH, 1994).



Obr. č. 17 Sdružená vstřikovací jednotka. 1- Hnací vačka, 2- Píst čerpadla, 3- Elektromagnetický ventil, 4- Tryska. Zdroj: ROBERT BOSCH GmbH, (1994)

2.9 Čerpadlo – vedení – tryska (Pumpe – Leitung - Düse)

Systém čerpadlo – vedení – tryska (obr. č. 18) pracuje na stejném principu jako sdružená vstřikovací jednotka. Je to modulově konstruovaný systém vysokotlakého vstřikování. Tryska a čerpadlo jsou propojeny krátkým vstřikovacím vedením, na rozdíl od sdružených vstřikovacích jednotek. Systém čerpadlo – vedení tryska má jednu vstřikovací jednotku (čerpadlo, vedení a vstřikovač) pro každý válec motoru, která je poháněna vačkovým hřídelem motoru (REIF, KONRAD, 2010).



Obr. č. 18 Systém čerpadlo-vedení-tryska. Zdroj: Dílenská příručka: Vznětový motor 2,0 l/103 kW TDi s jednotkami čerpadlo-tryska, (2007)

2.10 Legislativní předpisy a požadavky

2.10.1 Legislativa OBD (On-Board Diagnostics, palubní diagnostika vozidla)

Aby výrobci vozidel mohli dodržet zákonem předepsané mezní hodnoty emisí v každodenním provozu, musí být systém motoru a jeho komponenty soustavně sledovány. Proto byla vydána ustanovení ke sledování systémů a komponent, které tvorbu emisí ovlivňují. Takto byly standardizovány palubní diagnostika specifická pro kontrolu výrobce se zřetelem ke sledování komponent a systémů ovlivňujících emise.

2.10.2 OBD I (CARB)

V roce 1988 vstoupil v Kalifornii v platnost OBD 1 jako první stupeň zákonného opatření CARB (California Air Resources Board). Tento první stupeň OBD vyžaduje:

- Sledování elektrických komponentů, které mají vliv na tvorbu emisí, a ukládání závad v paměti závad.
- Kontrolka závad, která řidiči indikuje rozpoznanou závadu.
- Pomocí palubních prostředků (např. pomocí blikajícího kódu s připojenou diagnostickou kontrolkou) musí být možno zjistit, která komponenta má závadu.

2.10.3 OBD II (CARB)

V roce 1994 byl jako OBD II zaveden druhý stupeň diagnostické legislativy v Kalifornii. Pro vozidla se vznětovými motory se OBD II stal závazným od roku 1996. Kromě rozsahu působnosti OBD I je nyní sledována také funkce systémů (např. kontrola signálů snímačů z hlediska věrohodnosti). Předpisy OBD II vyžadují, aby byly sledovány všechny systémy a komponenty, které mají vliv na tvorbu spalin, a které při nesprávné funkci mohou vyvolat znatelné zvýšení škodlivých emisí ve výfukových plynech. Navíc je nutno sledovat také všechny komponenty používané pro sledování komponentů, které mají vliv na tvorbu spalin. Mohou ovlivňovat výsledek vlastní diagnostiky. Diagnostické funkce pro všechny komponenty a systémy musí v testovacím cyklu emisí proběhnout alespoň jednou, dále je vyžádáno, aby všechny diagnostické funkce probíhaly s dostatečnou četností také v běžném jízdním provozu. Pro řadu sledovacích funkcí je od modelového roku 2005 předepsána zákonem definovaná černost sledování v běžném provozu.

2.10.4 OBD (EPA)

V otavních státech USA platí od roku 1994 federální zákon o ochraně prostředí EPA (Environmental Protection Agency) Oblast této diagnostiky odpovídá v podstatě ustanovením CARD (OBD II). Předpisy OBD pro CARB a EPA platí pro všechna osobní vozidla do 12 sedadel a rovněž pro lehká nákladní vozidla do 6,35 t.

2.10.5 EOBD (EU)

Evropským podmínkám přizpůsobená norma OBD je označována jako EOBD a vychází z EPA-OBD. EOBD platí od ledna 2000 pro všechna osobní a lehká nákladní vozidla se zážehovými motory do 3,5 tuny a do 9 sedadel. Od ledna 2003 platí EOBD také pro osobní a lehká nákladní vozidla se vznětovými motory (HROMÁDKO, 2011).

2.11 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Základní požadavky pro zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci jsou zakotveny v zákoníku práce, v bezpečnostních vyhláškách a technických normách. Tyto požadavky konkretizují i technologické postupy a návody výrobců vozidel a výrobců strojů a zařízení.

2.11.1 Přehled základních předpisů pro oblast autoopravárenství

Zákon č. 262/2006 SB., zákoník práce.

Vyhláška č 204/1994 Sb., rozsah a bližší podmínky poskytování osobních ochranných pracovních prostředků a mycích, čistících a dezinfekčních prostředků, ve znění vyhlášky č. 279/1998 Sb.

Vyhláška č. 48/1982 Sb., stanovení základních požadavků k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 213/1991 Sb., o bezpečnosti práce a technických zařízeních při provozu, údržbě a opravách vozidel.

ČSN 33 0330 Stupně ochrany krytem.

ČSN 33 0340 Elektrotechnické předpisy. Ochranné kryty elektrických zařízení a předmětů.

ČSN 33 1600 Elektrotechnické předpisy. Revize a kontroly elektrického ručního nářadí.

ČSN 34 0350 Elektrotechnické předpisy. Předpisy po pohyblivé přívody a vedení.

ČSN 65 0201 Hořlavé kapaliny. Provozovny a sklady.

ČSN 38 9100 Protipožární ochrana.

ČSN 73 6059 Servisy a opravny motorových vozidel. Čerpací stanice pohonných hmot.

ČSN 34 3500 První pomoc při úrazech.

ČSN 36 0041, ČSN 36 0042, ČSN 12 7040 Základní zásady hygieny práce a pracovního prostředí.

ČSN 34 3880, ČSN 83 2003, ČSN 83 2004, ČSN 83 2041 Bezpečnost při práci s mechanickým nářadím, ručními nástroji a strojním zařízením (REMEK, 2002).

2.12 Dodržování pracovních postupů

Při provádění jakýchkoli úkonů na vozidle je potřeba zajistit nejen všechna opatření BOZP ale také dbát na dodržování pracovních postupů, které jsou přesně popsány v dílenské příručce dodané zpravidla výrobcem ke konkrétnímu modelu vozidla. Jejich porušení nebo ignorování může mít za následek vznik mnohdy velmi závažných škod.

2.12.1 Zásady bezpečnosti a čistoty při práci s palivovou soustavou

Při práci s palivovou soustavou dodržujeme tyto zásady:

- Při práci s palivovou soustavou odpojíme všechny namontované baterie.
- Přípojky a jejich okolí před každým povolením pečlivě očistíme.
- Vymontované díly položíme na čistou podložku a zakryjeme igelitem nebo papírem. Nepoužíváme třepivé hadry.

Bezpečnostní opatření při práci s palivovou soustavou

Palivová soustava je pod tlakem. Před povolením hadicových přípojek zrušíme přetlak. Otevřeme a ihned zase zavřeme víčko palivové nádrže. Přípojku, obalíme silným hadrem s opatrným stáhnutím hadice, zrušíme přetlak. U motoru s přímým vstřikováním paliva můžeme tímto způsobem zrušit přetlak pouze v nízkotlaké části systému (do asi 400 až 600 kPa). Ke zrušení přetlaku ve vysokotlaké části (do asi 12 MPa) jsou zapotřebí speciální dílenské přístroje. Oblast vysokého tlaku sahá od vysokotlakého čerpadla, které je přírubou upevněné vzadu na hlavě válců, až ke vstřikovacím ventilům. U vznětového motoru může teplota palivových vedení, popř. paliva, dosáhnout v krajním případě až +100 °C. Před otevřením přípojek vedení proto necháme palivo ochladit. V opačném případě hrozí nebezpečí opaření.

- Nemanipulujeme s otevřeným ohněm, nekouříme, nepoužíváme přístroje a nářadí produkující jiskry. Nebezpečí požáru! Máme v pohotovosti hasicí přístroj.
- Musíme zajistit dobré odvětrávání pracoviště. Palivové výpary jsou jedovaté.
- Používáme ochranné rukavice.
- Používáme ochranné brýle (VLK, 2001).

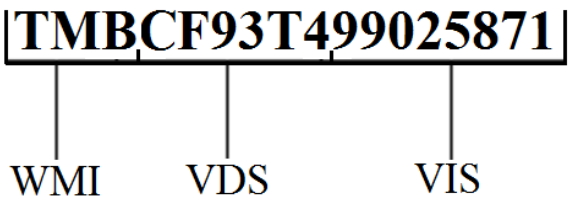
2.13 Identifikace vozidla

Identifikace diagnostikovaného automobilů je základní operací, která musí předcházet další práci na vozidle. Všem identifikátorům je potřeba věnovat náležitou pozornost, neboť předepsané hodnoty a čísla náhradních dílů se mohou i přes zdánlivě stejný vzhled nepatrně lišit, a mohlo by dojít ke vzniku funkčních problémů a závad.

2.13.1 VIN kód

VIN (Vehicle identification number – Identifikační číslo vozidla) je mezinárodně jednoznačný identifikátor motorových vozidel, zpravidla vyražený na štítku trvale připevněném ke karoserii vozu nebo vyražený do karosérie samotné. Ražení VIN se obvykle provádí před formovanými raznicemi až po lakování karosérie, umístěno bývá většinou na obtížně dostupné a záměnné části nosného skeletu, u modernějších vozů je často vyraženo na několika místech, kromě základního umístění také v průhledu stínícího lemu předního okna i na dalších, nezveřejňovaných místech. Číslo je tvořeno 17 písmeny a číslicemi, jeho formát je od roku 1983 určen normou (ISO 3779:1983). (Dílenská příručka, Škoda, Superb 806/1, 2010)

Struktura kódu VIN a příklady významu znaků (Škoda Superb):



Obr. č. 19 VIN kód Škoda Superb, Zdroj: normova

a) **WMI** (World Manufacturer Identifier) – světový kód výrobce

- 3 znaky, první dva určeny podle ISO

1. znak označuje světadíl: A-C Afrika, J-M Asie, S-V Evropa, 1-3 Severní Amerika, 6 Oceánie, 8 Jižní Amerika)

2. znak označuje stát: A-F Angola, A-Z a čísla 1-9 Japonsko, F-K Izrael, J-N Česká republika
3. znak označuje výrobce: v České republice B – Škoda Auto a.s., A – Avia a.s., K – Karosa a.s., T – Terex Tatra a.s.

b) **VDS** (Vehicle Descriptor Section) – popisný kód vozidla

- 6 znaků, může (ale nemusí) využít výrobce vozidla

c) **VIS** (Vehicle Indicator Section)

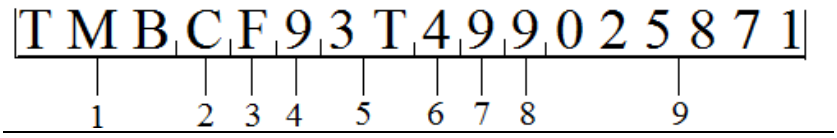
- 8 znaků

1. znak označuje modelový rok: A-Y = 1980-2000 (vynechána písmena I, O, Q, U, Z), dále používány číslice 1=2001, 2=2002, atd., 2010-2030 budou používána opět písmena (A-Y)

2. znak označuje: výrobní závod (písmeno nebo číslice)

6. - 8. znak označuje: pořadové výrobní číslo

2.14 Struktura VIN Škoda Superb



Obr. č. 20 VIN kód automobilu Škoda Superb, Zdroj: Testovaný automobil Škoda Superb

1 – světový kód výrobce

2 – typ karoserie a výbava

B – Superb, elegance

C – Superb, ambiente

D – Superb, classic

G – Superb combi , elegence

H – Superb combi II, ambiente

J – Superb combi II, classic

K – Superb combi II, 4x4

3 – typ motoru

A – 1,6l/75 kW/zážehový

B – 1,6l/85 kW/zážehový

C – 1,4l/55 kW/zážehový

D – 2,0l/110 kW/zážehový

E – 2,0 TDI/100 kW (103 kW)/vznětový

F – 2,5 TDI/114 kW /vznětový

S – 1,9 TDI/77 kW /vznětový

4 – systém airbagů

0 – žádný airbag

1 – 1 čelní airbag

2 – 2 čelní a 2 boční airbagy

4 – 2 čelní airbagy

6 – 2 čelní, 2 boční a 2 hlavové airbagy

9 – 2 čelní, 2 boční a 2 hlavové airbagy, 2 zadní

5 – typ vozidla

3T – Škoda Superb, Škoda Superb combi

6 – interní kód

7 – modelový rok

4 – 2004

5 – 2005

6 – 2006

7 – 2007

8 – 2008

9 – 2009

8 – výrobní závod

2 – Mladá Boleslav

9 – Vrchlabí

N – Mladá Boleslav

X – Poznaň

9 – číslo karosérie

2.15 Kód motoru

Obr. č. 21 Kód motoru Škoda Superb. Zdroj: Testovaný automobil Škoda Superb.

2.16 Emisní normy u vozů Scania se systémem Common-Rail

U vozů Scania je systém XPI (eXtra vysoký Pression (tlak) Injection (vstřikováni)) v podstatě systéme Common-Rail.

Zpřísňování emisních norem EURO 1-6

Tab. č. 3 Vývoj emisních norem Euro

ETAPA	Datum počátku platnosti	CO	HC	NOx	PM
		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
Euro 1	1992/1993	4.5	1.10	8.0	0.36
Euro 2	1995/1996	4.0	1.10	7.0	0.15
Euro 3	2000/2001	2.1	0.66	5.0	0.1
Euro 4	2005/2006	1.5	0.46	3.5	0.02
Euro 5	2008/2009	1.5	0.46	2.0	0.02

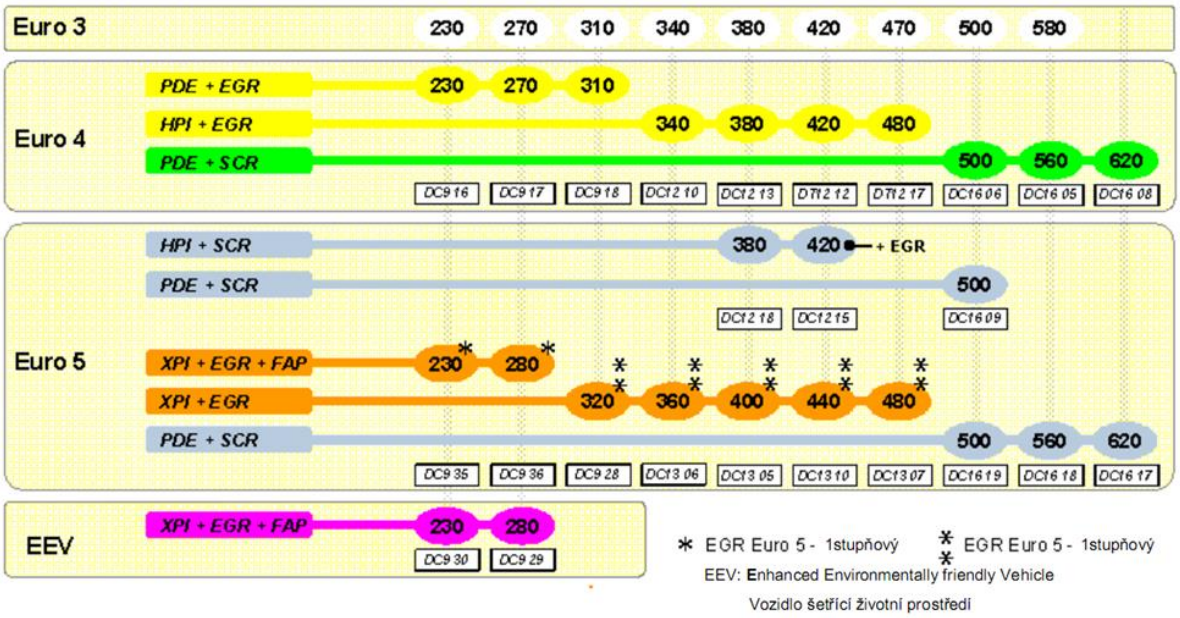
Norma Euro 6:

HC	0,16 g/kW/h
NOx	0,4 g/kWh
PM	0,01 g/kW/h

Od ledna 2014!

Zdroj: Prezentace: Technické školení Scania, T 05 Vysokotlaké vstřikování paliva XPI

Řada motorů Scania a používané technologie pro snižování škodlivých emisí

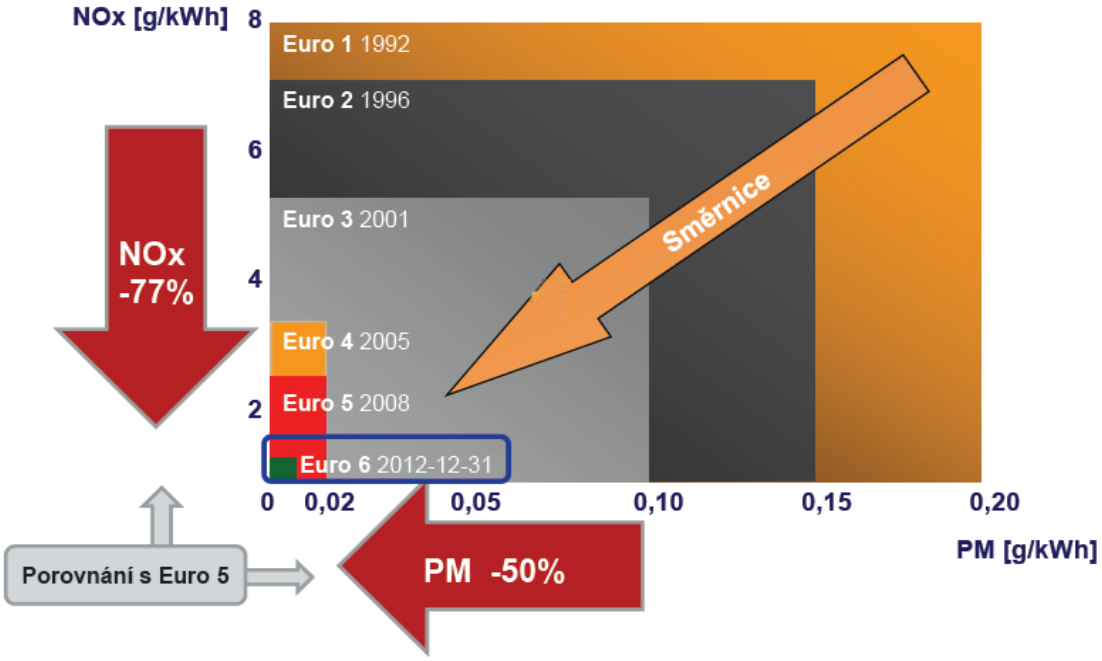


Obr. č. 22 Používané technologie pro snižování emisí u vozů Scania, Zdroj: Prezentace: Technické školení Scania, T 05 Vysokotlaké vstřikování paliva XPI

Motory se systémem čerpadlo-tryska nepracují s filtrem pevných částic (FAP-Filtre a Particule), jen se selektivním katalyzátorem NOx (SCR- Selective Catalytic Reduction), případně jen s recirkulací výfukových plynů (EGR- Exhauses gases reciclation). Platí i pro jiné značky, neboť čerpadlo tryska po vstříknutí paliva nemá pod pístem tlak, který by realizoval tzv. dostřik. Jde o dodání paliva do expanze ve válci, kdy vzniklý plamen pomůže vypálit (regenerovat) saze (pevné částice) zachycené ve filtru pevných částic. Pokus o to byl nastřikováním aditiva, které snižovalo teplotu hoření sazí, do paliva dodávaného pro čerpadlo - tryska, neboť jinak by DPF (Diesel Particulate Filter) zregenerovat nešel.

2.17 Emise a jejich zpřísňování

Euro = emisní legislativa



Obr. č. 22 Emisní legislativa euro, Zdroj: Prezentace: Technické školení Scania, T 05 Vysokotlaké vstřikování paliva XPI

Tab. č. 4 Emisní limity

Úroveň	Typové schválení/ Všechna nová vozidla	Test Cyklus	CO g/kWh	HC g/kWh	NH3 ppm	NOx g/kWh	PM hm. g/kWh	PM počet #/kWh
EU 5	1.10.2008 1.10.2009	ESC ETC	1,5 4,0	0,46 0,55	25	2,0	0,02 0,03	- -
EU 6	31.12.2012 31.12.2013	WHSC WHTC	1,500 4,000	0,130 0,160	10	0,400 0,460	0,010	8*10^11 6*10^11

Zdroj: Prezentace: Technické školení Scania, T 05 Vysokotlaké vstřikování paliva XPI

Další požadované parametry Euro

Euro 5

- Trvanlivost- 500 000 km nebo 7 let
- Povinnosti výrobce- výrobce musí zajistit, aby emise z výfuku byly účinně omezovány po celou běžnou dobu životnosti vozidla za běžných provozních podmínek a používání.

Euro 6

- Trvanlivost- 700 000 km nebo 7 let
- Povinnosti výrobce- výrobce musí zajistit, aby emise z výfuku byly účinně omezovány po celou běžnou dobu životnosti vozidla za běžných provozních podmínek a používání.

2.18 Emisní norma EURO

Historie

První norma zabývající se množstvím výfukových zplodin vznikla v Kalifornii v roce 1968. Na starém kontinentu začala platit první emisní norma až v roce 1971 – EHK 15. První Euro se objevilo v roce 1992. Od té doby téměř pravidelně každé čtyři roky vyjde nová emisní norma Euro. Čím vyšší číslo tím větší přísnost normy. V roce 2009 vstoupilo v platnost Euro 5 a od září 2014 nastoupila Euro 6.

Emisní norma Euro platná v zemích Evropské unie stanovuje limitní hodnoty exhalací

Euro je závazná emisní norma stanovující limitní hodnoty výfukových exhalací. Např. nová norma Euro 5 omezuje množství oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC), oxidů dusíku (NOx) a množství pevných částic. Hodnoty se uvádějí v miligramech na ujetý kilometr. Tyto látky však nejsou jediné, které automobil vypouští. Je zde např. oxid uhličitý, který je často zmiňován v souvislosti s globálním oteplováním, norma ho však neřeší. Dále jsou zde sirné sloučeniny.

Zavedení nového Eura není jednorázová akce. Změny se nejprve týkají modelů nově představených na evropském trhu (pro Euro 5 byl stanoven termín 1. 9. 2009). Vozy, které do té doby vstoupí do prodeje, Euro 5 splňovat nemusí. Nutno říct, že většina renomovaných výrobců normu Euro 5 již dávno splňuje. Od roku 2011 by měli Euro 5 plnit všechny nově vyrobené automobily. Majitelé starších vozů mohou zůstat v klidu, těch se nové předpisy netýkají.

Tab. č. 5 Přehled limitů jednotlivých emisních norem EURO:

Rok/norma		CO (g/km)		NO_X (g/km)		HC + NO_X (g/km)		HC (g/km)	PČ (g/km)
1992	I	3,16	3,16	-	-	1,13	1,13	-	0,18
1996	II	2,20	1,00	-	-	0,50	0,70*	-	0,08**
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	-	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	-	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	-	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	-	0,17	0,10	0,005

BENZÍNOVÉ MOTORY, **NAFTOVÉ MOTORY**

* 0,90 pro motory s přímým vstřikováním paliva

** 0,10 pro motory s přímým vstřikováním paliva

Zdroj: Prezentace: Technické školení Scania, T 05 Vysokotlaké vstřikování paliva XPI

2.19 Likvidace škodlivin u vznětového motoru

Selektivní katalytická redukce

Selektivní katalytická redukce (SCR) je používána pro snížení obsahu oxidu dusíku (NO_x) ve výfukových plynech filtrací a katalytickou redukcí. Pro další snížení obsadu pevných částic a oxidů dusíku (NO_x), je SCR systém vybaven přídavných zařízením ve formě oxidačního filtru a amoniakového katalyzátoru.

Jedná se o způsob redukce NO_x ve výfukových plynech pomocí katalyzátoru.

- Oxid dusíku: NOx + NH3 * => N2 + H2O.
- Uhlovodíky (zbytky paliva): HC+ O2 => H2O + CO2.
- Oxid uhelnatý: CO + O2 => CO2.
- (NH3 = amoniaková vložka).

Redukční činidlo AdBlue

- Čistá močovina, která má formu čistých krystalků.
- Močovina rozpuštěná ve vodě není toxická.
- Močovina je korozivní pro některé kovy, jako jsou nelegované oceli, měď, slitiny mědi a pozinkované oceli.
- Močovina jako redukční činidlo je tvořena z 32,5% váhy močovinou a ze 67,5% neionizovanou vodou.
- Mrzne při -11 °C.
- Při teplotách nad +50 °C začíná uvolňovat amoniak.

Obr. č. 23 redukční činidlo AdBlue, Zdroj: Prezentace: Technické školení Scania, T 05 Vysokotlaké vstřikování paliva XPI

Redukční činidlo AdBlue

- AdBlue je obchodním název pro roztok močoviny.
- K dispozici je v kanistrech nebo u čerpacích stanic.

Močovina

- Močovina redukční činidlo spotřeba 5-7% spotřebovaného paliva pro dosažení úrovně emisí Euro 6.
- Přibližně je potřeba 2g redukčního činidla s močovinou pro redukci 1g Nox.
- Použitelné maximální množství vstřikované močoviny je 195 g*min-1.
- Max množství močoviny pro chlazení je 145 g*min-1.
- Močovina redukční činidlo krystalizuje nad 100 °C.

Redukční funkce

- Redukční činidlo může vysychat a tvořit krystaly. Při práci na SCR systému je třeba vyčistit jednotlivé části systému, aby nedocházelo k rozlévání močoviny.
- Je třeba oškrábat nebo odstranit zahřátím na teplotu vyšší než 500 °C.

Změna oproti Euro 5

- Při dávkování AdBlue již není využíván stlačený vzduch.
- Nový systém pro následné zpracování a kontrolu výfukových plynů.
- Přepracována je dávkovací strategie využívající další NOx- snímač před katalyzátorem.
- Elektricky jsou vyhřívána téměř všechna potrubí s redukčním činidlem.
- Nové měření teploty výfukových plynů.
- Nová koncepce tlumiče výfuku.

Výhody SCR

- Není třeba připojovat k vozidlu přívod vzduchu.
- Přispívá k celkovému snížení spotřeby paliva (v důsledku eliminace stlačeného vzduchu).
- Omezuje riziko krystalizace AdBlue znečištění dávkovacích prvků.
- Menší citlivost na istalataci.
- Robustnější konstrukce, méně částí.
- Dávkovací zařízení a vstřikovací tryska jsou integrovány do výfukového systému.
- Menší rozměry.

Filtr pevných částic DPF (Diesel Particulate Filter)

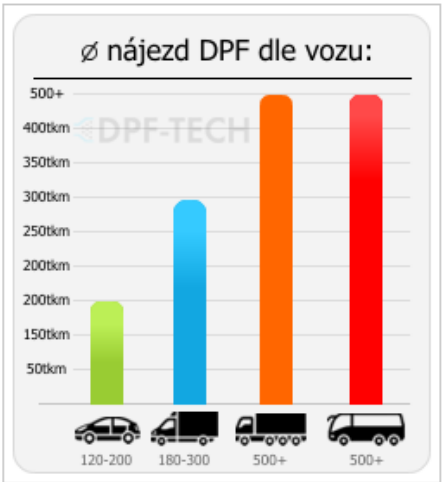
Filtr pevných částic DPF (z anglického Diesel Particulate Filter, resp. FAP - Filtre a Particule) je velmi potřebná a užitečná součást moderních vozidel s naftovým motorem. Jejím cílem je zabránit rozptylování prachových částic uvnitř měst a zajistit lepší vzduch pro všechny obyvatele. Jde vlastně o keramickou vložku výfuku se systémem kanálků, které dokáží zachytit pevné částice v útrobách filtru a dále propustit jen čistý vzduch.

Obr. č. 24 filtr pevných částic. Zdroj: Technické školení, Robert Bosch a Škoda auto (2009)

Úkolem filtru pevných částic je zachytávat prach z výfuku. Tento prach se zachytává do filtru během jízdy ve městě a při vyjetí mimo město, ideálně na dálnici, se provede přepálení všech sazí ve filtru na popel, kterým tak postupně DPF zaplňuje svoji kapacitu. To, že je vůz mimo město, pozná díky vyšší rychlosti.

Životnost filtru pevných částic

Každá hmotná věc na světě má nějakou svoji životnost. Nejinak je tomu v případě filtrů pevných částic. První verze DPF filtrů, které se vyráběli před více než 10 lety, měli životnost pouze kolem 60-80 tisíc kilometrů. Poté museli být vyměněny za poměrně vysokou částku. Postupem času se však technologie filtru pevných částic výrazně zlepšila a nájezdové vzdálenosti se výrazně prodloužily. Navíc se již DPF nemusí měnit, ale dokážeme ho i vyčistit. U osobních vozidel je tak možné při řádném zacházení s vozidlem a dodržení všech jízdních režimů najet 150 - 200 tisíc km, což průměrný člověk najede za 10 let. Ještě více je tomu u užitkových vozidel.



Obr. č. 25 Průměrný nájezd DPF dle vozu. Zdroj: Dílenská příručka: vznětový motor 2,0/103kW 2V TDi, Filtr pevných částic s aditivem, (2010)

Dodávky a užitková vozidla do 3,5 tuny obvykle najedou ještě více, řádově 200-300 tisíc. Je to zejména díky většímu nájezdu kilometru na jeden zátah a režimu jízdy převážně mimo město. U velkých nákladních vozidel a autobusů jsou pak díky jiné koncepci DPF kanálků nájezdy mnohem větší a přesahují 500 tisíc km.

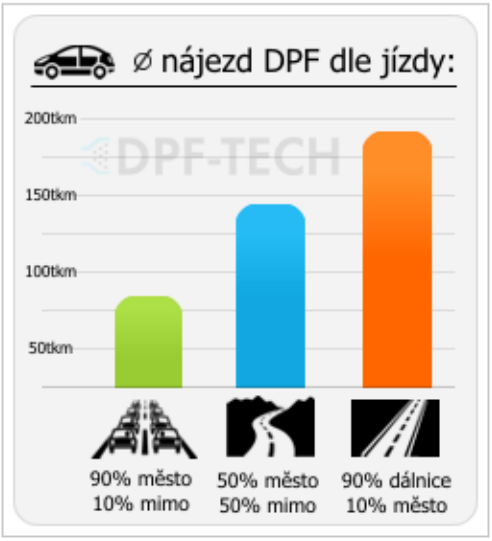
Příčiny zanesení filtru pevných částic

Zhruba ve 30ti% případů je příčinou zanesení filtru technická porucha, ať už jde o špatný vstřikovač, závadu na systému EGR (Exhauses Gates reciclation) ventilu, prasklou hadici sání nebo třeba chybné čidlo diferenciálního tlaku ve výfuku. Pokud něco ve vozidle nefunguje správně a způsobí to vysokou kouřivost, filtr dělá jen svoji práci. Zachytává prachové částice a působením jejich vysokého množství se rychle zacpe. Úplně stejné je to v případě natankování nekvalitního paliva, které opět způsobí vysokou kouřivost. Zbylých 10 % jsou případy, kdy majitelé vozidla z nějakého důvodu nedodržují výrobcem navržené způsoby užívání vozidla. Typickým příkladem je jízda bez aditiv (pokud je vůz vybaven tzv. mokrým typem DPF), neodborné úpravy zvyšování výkonu tzv. Powerboxy nebo obcházení emisních systémů.

Styl jízdy také ovlivňuje životnost

Faktorem, který rovněž výrazně ovlivňuje životnosti filtru pevných částic před jeho zanesením, je styl a způsob jízdy. Základním úkolem filtru je zachytávat saze vznikající při spalovacím procesu v motoru. Pokud budete vozidlo provozovat v režimu, kdy vzniká hodně sazí - tedy časté rozjíždění a jízda na plný výkon, bude se díky velkému množství sazí filtr rychle plnit.

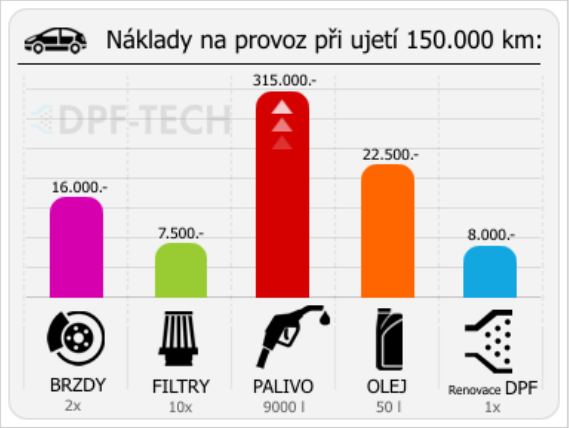
Výhodu tedy mají ti, kteří jezdí dlouhé trasy bez zastavení ve vysokých rychlostech, oproti těm, kteří většinu dne popojíždějí v kolonách měst. Životnosti filtru pevných částic se tak může snížit až o polovinu. Klíčové jsou v tomto ohledu regenerace, které nedokážou efektivně fungovat při rychlostech pod 60km.h^{-1}.



Obr. č. 26 Průměrný nájezd DPF dle jízdy. Zdroj: Dílenská příručka: vznětový motor 2,0/103kW 2V TDi, Filtr pevných částic s aditivem, (2010)

Servis DPF

Když porovnáme, jaké náklady stojí za renovací filtru pevných částic metodou Heat Air po průměrných 150.000 km, v porovnání např. s pravidelnou výměnou oleje (10x za stejnou dobu při intervalu 15 tis. km) vychází renovace na jednu třetinu ceny, v porovnání s údržbou brzd (2x za stejnou dobu) na méně než polovinu.



Obr. č. 27 Náklady na provoz při ujetí 150 000km. Zdroj: Dílenská příručka: vznětový motor 2,0/103kW 2V TDi, Filtr pevných částic s aditivem, (2010)

Funkce bloku oxikat + DPF + SCR

Činnost systému následného zpracování výfukových plynů je rozdělena do pěti pracovních etap:

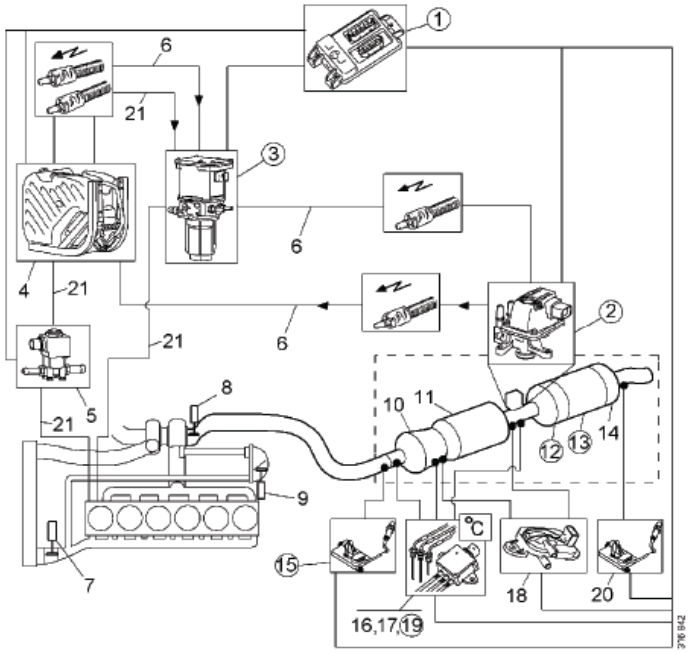
1) Při spouštění
2) Za provozu s použitím redukčního činidla pro SCR
3) Za provozu s regenerací částicového filtru
4) Za nucené regenerace částicového filtru
5) Při vypnutí

Funkce při spouštění motoru

Čerpadlo redukčního činidla je aktivováno, pokud jsou splněny následující podmínky:

- Motor je v- chodu.
- Řídicí jednotka provedla kontrolu systému.
- Katalytické konvertory jsou zahřáty a dosáhly potřebné pracovní teploty (200 - 250 °C).
- Ohřívání redukčního činidla je ukončeno.
- Tlak redukčního činidla dosáhl hodnotu 900 - 1000 kPa.

Spouštění motoru



Obr. č. 28 Schéma částí motoru pro redukci obsahu NOx. Zdroj: Prezentace: Technické školení Scania, T 05 Vysokotlaké vstřikování paliva XPI

- Jednotka EEC3 (1) sleduje hodnoty a funkce všech snímačů.
- Motor je v- chodu.
- Čerpadlo redukčního činidla (3) he spuštěno, aby vytvořilo tlak 900-1000 kPa
- Když snímač (19) zjistí, že teplota výfukových plynů dosáhla 200-250 °C, aktivuje jednotka EEC3 dávkovač redukčního činidla (2), který zahájí vstřikování redukčního činidla do výparníku (12), který je umístěn v tlumiči výfuku
- Velikost dávky redukčního činidla je určována řidicí jednotkou motoru, na základě hodnoty obsadu NOx měřené snímačem (15) a spalování je řízeno jednotkou motoru.
- SCR katalytický konvertor (13) zahájí redukci obsahu Nox.

Spouštění motoru za mrazu, pod -11 °C (zmrzlé redukční činidlo)

- Jednotka EEC3 (1) sleduje hodnoty a funkce snímačů.
- Motor je v- chodu.
- Jednotka EEC3 otevře ventil chladicí kapaliny (5) takže chladicí kapalina může vyhřívat nádrž s redukčním činidlem (4) a čerpadlo redukčního činidla (3) pomocí vyhřívacích hadic (21). Jednotka EEC3 současně aktivuje elektrické vyhřívání dávkovacího ventilu (2).
- Jednotka EEC3 registruje prostřednictvím snímačů teploty v nádrži redukčního činidla (4) a v dávkovacím ventilu (2) okamžik dosažení teploty redukčního činidla vyšší než -11°C, od, který lze spustit čerpadlo redukčního činidla.
- Když snímač teploty (19) zjistí, že teplota výfukových plynů dosáhla 200-250°C a když je hodnota ze snímače NOx (15) dodána do řídicí jednotky motoru, aktivuje jednotka EEC3 dávkování redukčního činidla (2) zahájením vstřikování redukčního činidla do výparníků (12), který je umístěn v tlumiči výfuku, řídicí jednotka motoru určuje dávkování činidla pro jednotku EEC3, na základě aktuálního režimu splaování.
- SCR katalytický konvertor (13) spustí redukci Nox.
- Důležité- při nízkých provozních teplotách není generován žádný poruchový kód, pokud je systém jinak bez závad.

Provoz motoru s použitím redukčního činidla pro SCR

- První údaj o obsahu NOx je posílán snímačem NOx (15) do jednotky EEC3 s notifikací do EMS. Stejně je zpracován údaj o teplotě výfukových plynů na vstupu do oxidačního katalyzátoru ze snímače (16).
- Oxidační katalyzátor (10) snižuje obsah uhlovodíků (HC). Zvyšování teploty je nutné pro regeneraci částicového filtru (11) a pro zajistění teploty potřebné funkci SCR katalyzátoru (13).
- Teplotu výfukových plynů lze upravit pomocí výfukové brzdy (8), EGR ventilu (9), škrticí klapky (7) nebo jejich kombinací.
- Výfukové plyny pak procházení částicovým filtrem (11), v němž jsou zachycovány saze. Tlak plynů je měřen pomocí rozdílového snímače tlaku (18) před a za filtrem. Pokud se rozdíl tlaků zvětší, zvýší řídicí jednotka motoru teplotu výfukových plynů a zahájí regeneraci částicového filtru (11).
- Výfukové plyny pokračují do výparníku (12) do něhož je vstřikováno redukční činidlo. Správný průběh redukčního procesu vyžaduje teplotu 200-250 °C. teplota výfukových plynů je měřena teplotním snímačem (19), ve výparníku.
- Množství redukčního činidla vstřikované do výfukových plynů ve výparníku (12) určuje EMS a realizuje jednotku EEC3.
- Jednotka EEC3 aktivuje dávkování redukčního činidla do výparníku (12) z nádrže (4) přes čerpadlo (3) a dávkovací ventil (2).
- Jednotka EEC3 ovládá množství redukčního činidla, regulaci otáček čerpadla redukčního činidla (3) a aktivaci dávkovacího ventilu (2).
- Směs plynů s odpařeným redukčním činidlem prochází SCR konvertorem (13), v nemž se NOx mění na vodní páru, CO2 a čpavek.
- Dále procházejí výfukové plyny čpavkovým měničem (14), který odstraňuje veškeré stopy čpavku (amoniaku).
- Před výstupem z tlumiče je kontrolován obsah NOx (20) ve výfukových plynech. Hodnota je načtena jednotkou EEC3 a přenesena do řidicí jednotky motoru. Naměřená hodnota NOx je porovnána s hodnotou NOx ze snímače (15) a současně slouží jednotce řízení motoru pro nastavení, teploty výfukových plynů a dávkování redukčního činidla.
- Důležité- za chladného počasí, když redukční činidlo zamrzne a není vstřikováno, je regenerace částicového filtru vypnuta.

Nucená regenerace DPF (filtr pevných částic) u stojícího vozidla

- Pokud rozdíl tlaků na částicovém filtru (11) přetrvává a pasivní regenerace (tj. regenerace vyšším výkonem v provozu) nepomáhá, rozsvítí se kontrolka na palubní desce, indikující potřebu nucené regenerace.
- Provádí se za chodu motoru na vozidle v klidu a trvá přibližně 30 minut.
- Regenerace je spuštěna když řídicí jednotka změní režim spalování změnou poměru vzduchu / palivo, to lze provést pomocí škrticí klapky (7), výfukové brzdy (8), EGR ventilu (9) nebo jejich kombinací.
- Navíc je aktivována dodatečná fáze vstřikování paliva do motoru, což způsobí přebytek paliva v oxidačním katalytickém konvertoru (10) kde je spalování tohoto paliva zvyšuje teplotu uvnitř částicového filtru (11). Zvyšování teploty je sledováno prostřednictvím snímačů teploty (16), (17) a (19). Když je filtr čistý, je nucená regenerace ukončena.
- Důležité- pokud motor pracuje na volnoběh nebo s nízkým zatížením delší dobu (hodiny), zvýší se kontaminace oxidačního katalyzátoru a částicového filtru olejem, protože teplota v oxidačním katalytickém konvertoru klesá pod 180 °C.

Vypínání motoru

- Po vypnutí motoru, čerpadlo (3) pokračuje určitou dobu v čerpání redukčního činidla do dávkovacího ventilu (2).
- Činidlo není vstřikováno do výparníku (12), ale vrací se zpět do nádrže (4) přičemž zajišťuje chlazení dávkovacího ventilu (2).
- V opačném případě by mohl být poškozen tepelným zářením z tlumiče výfuku.
- Poznámka- pokud je motor vypnut po velkém zatížení a je značně zahřátý, je dávkovací ventil postupně dochlazován redukčním činidlem, které je čerpáno čerpadlem, přičemž s postupným ochlazováním se otáčky čerpadla snižují (ESI-tronic, 2011).

2.20 Testy v SDP3

Příklad testování v SDP3.

- Testy nemají pouze validační úlohu, ale budou sloužit k vyhledávání závad a pro kontrolu po provedení opravy.
- Testy budou používány pro kontrolu odstranění poruchy, pokud porucha přetrvává, DTC bude nastaven znovu.
- Důležité je nesmazat všechny poruchové kódy na začátku hledání závady.
- Může to mít za následek zbytečné výměny řídicí jednotky.

Test v SDP3

- Byl vyvinut pro Euro 6.
- Test pro vyhledávání závad, kapalinové části systému.
- Testy EGR systému.
- Testy SCR systému.
- Test DPF systému.
- Regenerace částicového filtru. Pro filtr s velkým zatížením sazemi.
- Regenerace směšovače redukčního činidla.

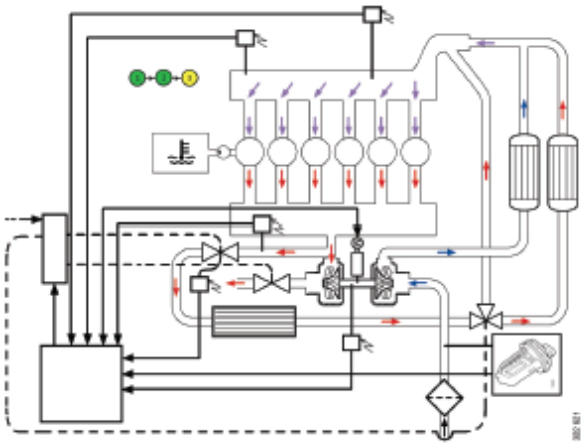
Test pro vyhledávání závad v kapalinové části systému

- Elektrická kontrola součástí.
- Kontrola ucpání a netěsnosti hadic a jednotlivých součástí.
- Pro případ ucpání nebo netěsností obsahuje test instrukce pro řešení problémů.

Testy EGR (Exhauses Gates Reciclation) systému

Test má samostatné části
- Zahřívání systému.
- Adaptace snímače množství nasávaného vzduchu.
- Testy průtoku EGR systémem.
- Samostatnou část testu lze spustit pro zkrácení času.
- Test se používá pro ověření opravy, pokud porucha přetrvává, je DTC (Diagnostic Trouble Codes) nastaven znovu.

Doba trvání: přibližně 30 minut

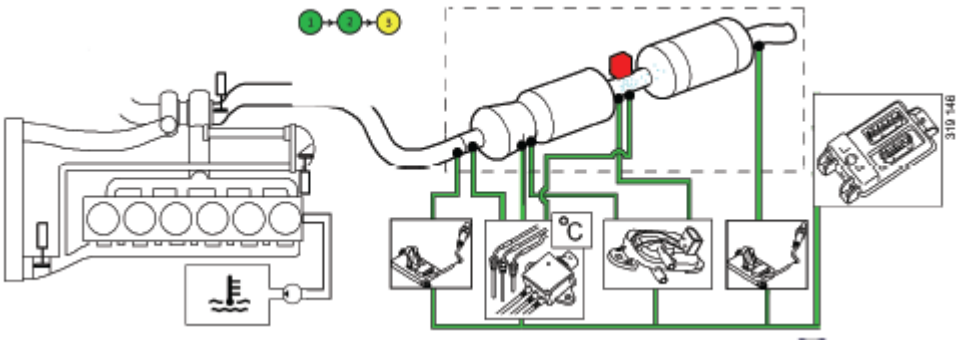


Obr. č. 29 Test EGR systému. Zdroj: Prezentace: Technické školení Scania, T 05 Vysokotlaké vstřikování paliva XPI

Test SCR systému

- Zahřívání/doba pro vyčištění katalyzátoru od redukčního činidla.
- Kontrola NOx- snímačů.
- NOx- test redukce.
- Samostatnou část testu lze spustit pro úsporu času.
- Testy budou použity pro kontrolu odstranění poruchy, pokud porucha přetrvává, DTC bude nastaven znovu.
- Doba trvání: přibližně 30 minut.

-



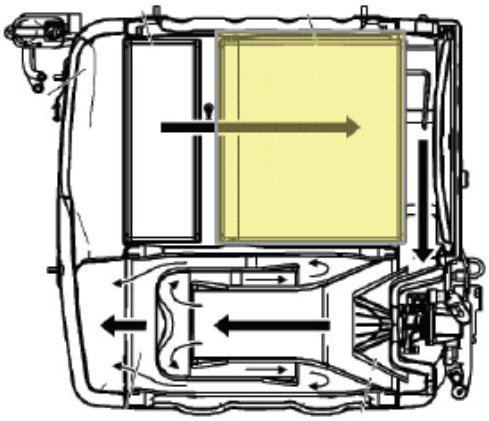
Obr. č. 30 Test SCR systému. Zdroj: Prezentace: Technické školení Scania, T 05 Vysokotlaké vstřikování paliva XPI

Test DPF systému

- Test snímačů teploty.
- Test účinnosti DOC.
- Test použitelnosti filtru.
- Doba trvání: přibližně 30 minut.

Regenerace částicového filtru

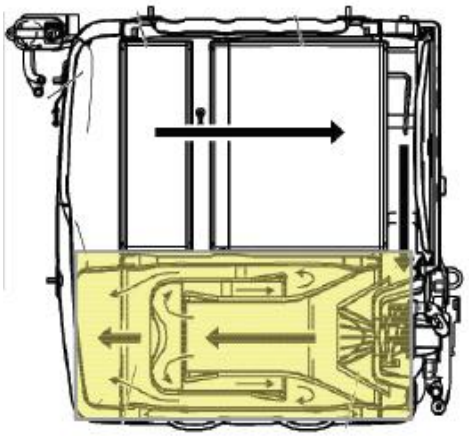
- Pro filtr s velkým zatížením sazemi.
- Test zvyšuje teplotu pomaleji než normální regenerace ovládaná řidičem/vozidlem.
- Doba trvání: přibližně 46 minut.



Obr. č. 31 Regenerace částicového filtru. Zdroj: Dílenská příručka: vznětový motor 2,0/103kW 2V TDi, Filtr pevných částic s aditivem, (2010)

Regenerace směšovače redukčního činidla

- Stejně jako pro regeneraci filtru pevných částic.
- Bez dávkování Adblue.
- Pro vyčištění směšovače je třeba opakovaná regenerace.
- Doba trvání: X krát 46 minut závisí na množství nečistot (REINF, KONRAD, 2010)



Obr. č. 32 regenerace směšovače redukčního činidla. Zdroj: Dílenská příručka: vznětový motor 2,0/103kW 2V TDi, Filtr pevných částic s aditivem, (2010)

2.21 Porovnání systému Common-Rail a Čerpadlo-tryska

2.21.1 Systém Common-Rail

Systém Common-Rail zajišťuje, přímé vstřikování paliva pod dostatečně vysokým tlakem zajišťuje jeho velmi jemné rozprášení, okamžité odpaření a vznik kvalitní směsi se vzduchem. Na základě toho pracuje motor s ekonomičtějším spalováním se všemi výhodami, které z toho plynou.

Motor vykazuje tišší, měkčí chod. Přispívá k tomu také tzv. úvodní vstřik (předstřik) několik milisekund před hlavním vstřikem se totiž uskuteční předehřátí spalovacího prostoru úvodním vstřikem malého množství paliva. Nárůst tlaku ve spalovacím prostoru není tak prudký a běh motoru je tišší a měkčí.

Emise ve výfukových plynech jsou podstatné nižší než u vznětových motorů předchozí generace. Reálně lze počítat se snížením CO až o 40%. Vzhledem ke snížení měrné spotřeby paliva lze počítat i s poklesem produkce CO_2 až od 20%. Také se projevuje výrazný pokles pevných částic až o 60% oproti jiným soustavám (CHLUP, 2009).

2.21.2 Systém Čerpadlo-tryska

U vstřikovacího systému „čerpadlo - tryska“ je každý válec motoru vybaven jednotkou sestávající z čerpadla a trysky, jež vytváří vysoký vstřikovací tlak až 240MPa a vstříkne správné množství paliva ve správném okamžiku do spalovacího prostoru. Vzhledem k montáži v hlavě válce odpadají vysokotlaká potrubí, která jsou nutná u běžného vstřikovacího čerpadla.
Tvorba tlaku probíhá mechanicky. Přídavná vačka na vačkovém hřídeli ventilů pohybuje malým pístem. Z časového hlediska je průběh vstřikování řízen magnetickým ventilem. Tlak se může začít vytvářet až tehdy, když je ventil (elektricky) uzavřen. Rychlé zavírání magnetického ventilu zajišťuje ostrý konec vstřikovací jehly, což je velmi důležité pro úplné a čisté spalování.
Výhodami systému vstřikování „čerpadlo - tryska“ jsou nižší emise škodlivin a nižší spotřeba paliva při lepším využití výkonu.

Tlak paliva ve vstřikovači se zcela stejně jako u vstřikovacích čerpadel, s otáčkami zvětšuje, protože už není dán seřízeným otvíracím tlakem vstřikovače. Tlak paliva je mnohem větší vlivem otvůrků vstřikovací trysky, které působí jako hydraulický odpor. Tento nárůst tlaku nelze vstřikovacím zařízením ovlivnit, a pokud ano, musel by mít každý vstřikovač svůj regulátor tlaku. Zbytečně vysoký tlak paliva

při vstřikování spotřebuje nezanedbatelný výkon motoru a také zbytečně namáhá pohon zařízení.

Druhý problém s tlakem, ve srovnání se systémem Common-Rail, je ten, že v malém pracovním prostoru vstřikovače PD bude při vstřiku paliva tlak významně klesat. Kapalina je téměř nestlačitelná, a tedy při nepatrném úbytku objemu tlak klesne bez možnosti zásahu. To řeší u CR zásobník tlaku. Potíž je také s vícenásobně děleným vstřikem pro lepší spalování a s dostřikem paliva do expanze k vytvoření ohně ve výfuku pro regeneraci (vypálení) filtru pevných částic. Důvodem je rovněž nestálý zdroj tlaku paliva po provedení hlavního vstřiku.

Problémy se výrobci snažili částečně řešit piezoelektrickým ovladačem jehlového ventilu vstřikovače (Siemens), který má velkou rychlost, ale nepodařilo se dostatečně konkurovat systému CR. S nástupem EURO 6 ovládl proto vznětové motory Common-Rail (CD k vzdělávacímu programu BOSCH).

2.22 Měření emisí vozidla se vznětovým motorem

Zkouška emisí u vozidel se vznětovým motorem

Zkouška se má provádět na specializovaném pracovišti a podle možnosti v návaznosti na zkušební jízdu. Z důvodu hluku má být víko motorového prostoru během měření zavřeno k prvnímu zapadnutí.

Kontrola před měřením

- Připojena hadice odvětrávání klikové skříně.
- Palivová soustava a vstřikovací čerpadlo musí být těsné.
- Výfuková soustava musí být neporušená a těsná.
- Připojeny všechny podtlakové hadice .

Zkušební a nastavovací podmínky

- Teplota oleje min. 80 °C.
- Vypnuty všechny elektrické spotřebiče.
- V paměti závad není uložena žádná závada (zjištěné závady před měřením odstranit).

Připojení zkušebních přístrojů

- Z diagnostického přístroje FSA 740 připojit kleště na plus a mínus pól baterie.
- Do výfuku zasunout sondu.
- Spustit motor, zahřát na provozní teplotu a nechat běžet na volnoběh.

- Vyzkoušet činnost přídavných agregátů jako např. servořízení, automatická převodovka nebo klimatizace. Zkontrolovat zda motor při tomto zatížení běží bez problémů.
- Všechny hadice a konektory, které byly pro účel zkoušky a seřízení odpojeny nebo rozpojeny, je nutno opět uvést do správného původního stavu.

Kontrolní hodnoty pro měření emisí vznětových motorů

- Teplota oleje: od teploty oleje min. 60 °C zahřát motor pomocí 10 -ti sešlápnutí pedálu akcelerace do pře běhových otáček na min. 80°C.
- Korigovaný součinitel absorpce: stanoveno metodou volné akcelerace.

Hodnoty potřebné pro měření

Teplota oleje	min. 80 °C
Volnoběžné otáčky	730 - 930 (min^{-1})
Pře běhové otáčky	2300 – 2700 (min^{-1})
Korigovaný součinitel absorpce	0,6 (m^{-1})

Jestliže se naměřené hodnoty liší od hodnot předepsaných, je nutno provést patřičnou opravu a uskutečnit měření znovu (ESI-TRONIC, 2011).

2.23 Spotřeba pohonných hmot

Předvídavou a hospodárnou jízdou je možno snížit spotřebu pohonných hmot až o 10-15 %. Spotřeba pohonných hmot rovněž závisí na řidičem neovlivnitelných vnějších podmínkách. Ke zvýšení spotřeby pohonných hmot dochází při jízdách v zimním období, při jízdách na vozovkách s horším povrchem apod. Spotřeba se může i výrazně lišit od výrobcem udávané spotřeby, a to vlivem venkovních teplot, počasí a stylu jízdy. Při zrychlování je nutné dodržet takové otáčky motoru, aby nedocházelo k rezonančním projevům vozidla a neúměrnému zvýšení spotřeby pohonných hmot (www.skoda-auto.com, „staženo dne 11. 9. 2014“).

Spotřeba pohonných hmot, zatížení životního prostředí a opotřebení motoru, brzd a pneumatik závisí zejména na těchto faktorech:

Předvídavost

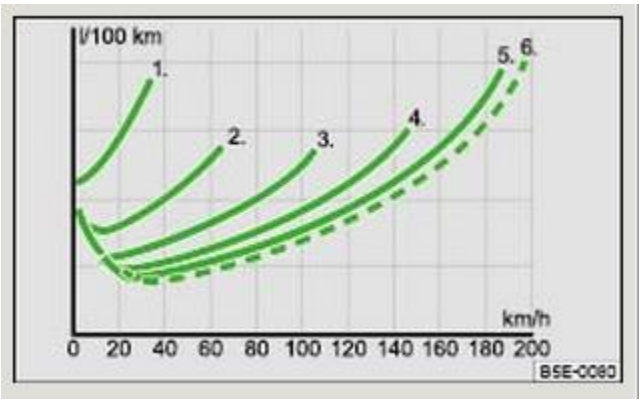
Během zrychlování spotřebovává vozidlo nejvíce pohonných hmot, proto je vhodnější vyhýbat se zbytečnému zrychlování a brzdění. Čím předvídavěji je jízda směřována, tím se musí méně brzdit a proto i méně zrychlovat.

Řazení

Včasnější řazení na vyšší rychlostní stupeň šetří pohonné hmoty.

Manuální převodovka- na první rychlostní stupeň je třeba jet jen na vzdálenost délky vozidla. Ideální řazení vyššího rychlostního stupně je v okamžiku kdy motor dosáhne 2 000 ot. min^{-1}.

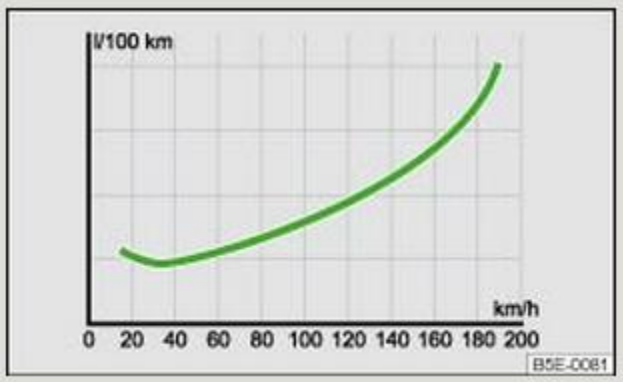
Automatická převodovka- Je třeba pomalu sešlapovat plynový pedál. Neprošlapovat jej až do polohy kick - down. Pokud dojde, k pomalému sešlápnutí plynového pedálu převodovka automaticky zvolí ekonomický jízdní program.



Graf č. 2 Spotřeba pohonných hmot v l/100 km v závislosti na řazení rychlostních stupňů.
Zdroj: (www.skoda-auto.com, „staženo dne 11. 9. 2014“)

Jízda na plný plyn

Pomalejší jízdou se šetří pohonné hmoty. Citlivým ovládáním plynového pedálu dochází nejen k významné úspoře pohonných hmot, ale také se snižuje zatěžování životního prostředí a opotřebování vozidla. Za vysokých rychlostí neúměrně vzrůstá spotřeba pohonných hmot, tvorba zplodin a hlučnost.



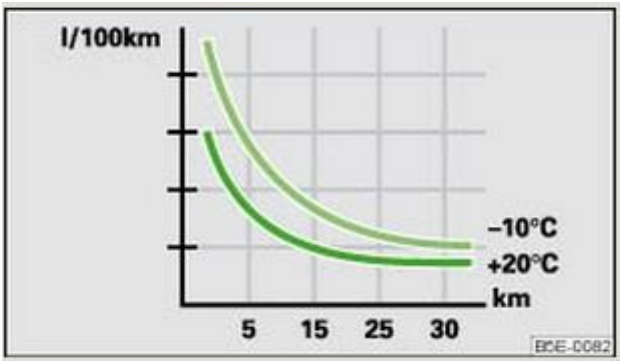
Graf č. 3 Spotřeba pohonných hmot v l. 100-1 km a rychlost jízdy v km. h^{-1}Zdroj: www.skoda-auto.com

Omezení chodu motoru na volnoběh

Také na volnoběh se spotřebovává palivo. U vozidla, které není vybaveno systémem START-STOP, je ekonomičtější vypínat motor při čekání v dopravní zácpě, před závorami a před semaforem s dlouhým časovým intervalem. Už po 30 sekundách odstavení motoru je úspora větší než množství paliva spotřebovaného pro nové nastartování. Během volnoběhu trvá velmi dlouho, než se motor zahřeje na provozní teplotu. Ve fázi zahřívání je však opotřebení a produkce škodlivých zplodin zvláště vysoká. Proto ihned po nastartování vozidla je třeba vyjet a vyhnout se přitom vysokým otáčkám motoru.

Jízda na krátkou vzdálenost

Vozidlo spotřebovává nesrovnatelně více pohonných hmot při jízdách na krátkou vzdálenost. Proto je dobré vyhnout se jízdám se studeným motorem na vzdálenost do 4km. Studený motor spotřebovává bezprostředně po startu nejvíce pohonných hmot. Zhruba po 1km jízdy klesá spotřeba. Po zahřátí motoru na provozní teplotu se spotřeba ustáli na normální hodnotě. Rozdílná spotřeba pohonných hmot po ujetí stejné vzdálenosti při teplotě +20 °C a při teplotě -10 °C je jiná.



Graf č. 4 spotřeba pohonných hmot l. 100-1 km při rozdílných teplotách. Zdroj: www.skoda-auto.com, „staženo dne 11. 9. 2014“

Komfortní spotřebiče

Komfortní spotřebiče se podílejí na spotřebě paliva. Tyto spotřebiče je dobré používat jen pro nezbytnou dobu. Mezi takové spotřebiče patří: klimatizace, vyhřívání zadního okna, vyhřívání čelního okna, vyhřívání vnějších zpětných zrcátek, zadní mlhové světlomety, vyhřívání předních sedadel, nezávislé přídavné topení.

Tlak v pneumatikách

Vždy je třeba dbát na správný tlak v pneumatikách. Podhuštěné pneumatiky musí překonávat větší valivý odpor. V důsledku toho se zvyšuje spotřeba pohonných hmot a opotřebení pneumatik, současně se zhoršují jízdní vlastnosti vozidla. Tlak se kontroluje vždy na studených pneumatikách a je uveden v příručce automobilu nebo na vnitřní straně víka nádrže.

Zbytečná zátěž vozidla

Převážení jakékoli zátěže se odráží na spotřebě pohonných hmot. Každý kilogram navíc zvyšuje spotřebu pohonných hmot. Zejména v městském provozu, kde je nutné často zrychlovat, zátěž významně zvyšuje spotřebu pohonných hmot. Jako základní pravidlo platí, že zátěží 100 kg se zvyšuje spotřeba asi o 1 l/100km. S připevněným střešním nosičem bez nákladu spotřebovává při rychlosti 100 $km.h^{-1}$ asi o 10% více pohonných hmot.

Pravidelná údržba

Špatně seřízený motor zvyšuje spotřebu pohonných hmot. Pravidelná údržba vozidla v odborném servisu vytvoří předpoklady pro úspornou jízdu. Kvalitní údržba se projeví pozitivně na bezpečnosti jízdy a zachování hodnoty vozidla. Špatně seřízený motor může mít spotřebu pohonných hmot až o 10% vyšší, než jsou normální hodnoty. Je třeba pravidelně kontrolovat hladinu oleje, např. při čerpání pohonných hmot. Spotřeba oleje je, velké míře závisí na zatížení motoru a počtu otáček. V závislosti na způsobu jízdy může spotřeba oleje dosáhnout až 0,5 l. 1000^{-1}. Je normální, že spotřeba oleje u nového motoru dosáhne nejnižších hodnot teprve po určité době záběhu. Spotřebu oleje můžete tedy u nového vozidla správně posoudit teprve po ujetí 5 000km. Snížení pohonných hmot je také možné dosáhnout použitím syntetického oleje (www.skoda-auto.com, staženo dne 11. 2. 2014).

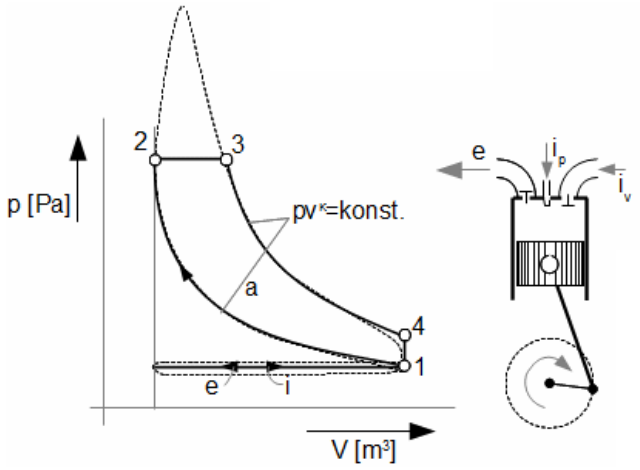
2.24 Ekonomická hlediska

2.24.1 Spotřeba paliva

Vznětové motory jsou vždy úspornější, než zážehové. Plyne to z jejich fyzikálního principu – k zapalovací teplotě paliva je nutné velké stlačení vzduchu, proto mají vznětové motory velký kompresní poměr. Jejich pracovní cyklus má pak z tohoto důvodu vyšší účinnost, než pro motor zážehový.

Rovnotlaký (Dieslův) oběh motor

Rovnotlaký oběh je rozdělen do čtyř taktů. Pro tento oběh je charakteristické mnohem větší stlačení, izobarický ohřev pracovní látky a vstřik paliva přímo do válce ke konci komprese:



Graf č. 5 Rovnotlaký (Dieselův) oběh. Zdroj: REIF, Diesel motor- management im Überblick, (2010)

Tučně je vyznačena ideální realizace rovnotlakého oběhu: K sání vzduchu dochází při pohybu pístu k dolní úvrati při otevřeném sacím ventilu. Po nasátí vzduchu a uzavření sacího ventilu dojde k izoentropické kompresi vzduchu ze stavu 1 do stavu 2. Kompresní poměr se pohybuje od 14 do 23. Stav 2 musí odpovídat tlaku a teplotě samovznícení směsi vzduchu a paliva, které se do válce vstřikuje tryskou Ip na konci komprese vzduchu. Rychlost pohybu pístu k dolní úvrati musí být taková, aby spalování směsi probíhalo izobaricky až do stavu 3. Mezi stavy 3-4 probíhá izoentropická expanze a píst se pohybuje k dolní úvrati. V dolní úvrati (stav 4) se otevře výfukový ventil a hmotnostně větší část spalin je vyfouknuta přetlakem z válce do výfuku. Výfuk se děje izochoricky – píst se nepohybuje do chvíle, než tlak poklesne na tlak p1. Čerchovaná čára vyznačuje přibližných průběh reálné realizace rovnotlakého oběhu.

2.24.2 Náklady na výměnu oleje

Moderní soustavy, zejména PD (Pumpe-Dűse), mají oproti rotačním čerpadlům mírně vyšší spotřebu a je doporučeno měnit olej dříve, také u motorů s DPF se lhůty výměny zkracují.

Prodloužené výměny olejů se pro mnohé moderní motory neosvědčily nebo nejsou vůbec přípustné (www.autodieseltabor.cz, „staženo dne 15.12.2014“).

2.24.3 Spolehlivost

Vysokotlaké soustavy (CR, PD) jsou méně spolehlivé, než rotační čerpadlo, které je sice zastaralé, ale léty vyzkoušené. Zejména pak citlivost vysokotlakých soustav na kvalitu paliva může náklady výrazně zvýšit.

3 Cíle práce

Cílem práce je porovnat provoz motorových vozidel se vznětovými motory využívající systém přímého vstřikování Common-Rail s ostatními systémy vstřikování paliva.

- Vypracovat přehled vývoje systému vstřikování paliva Common-Rail.
- Analyzovat přednosti či nedostatky oproti ostatním systémům vstřikování paliva.
- Analyzovat systém vstřikování paliva Common-Rail z hlediska spotřeby provozních hmot, spolehlivosti a množství emisí.
- Na základě zjištěných a naměřených hodnot porovnat systém vstřikování paliva Common-Rail z hlediska ekonomiky a ekologie provozu motorových vozidel.

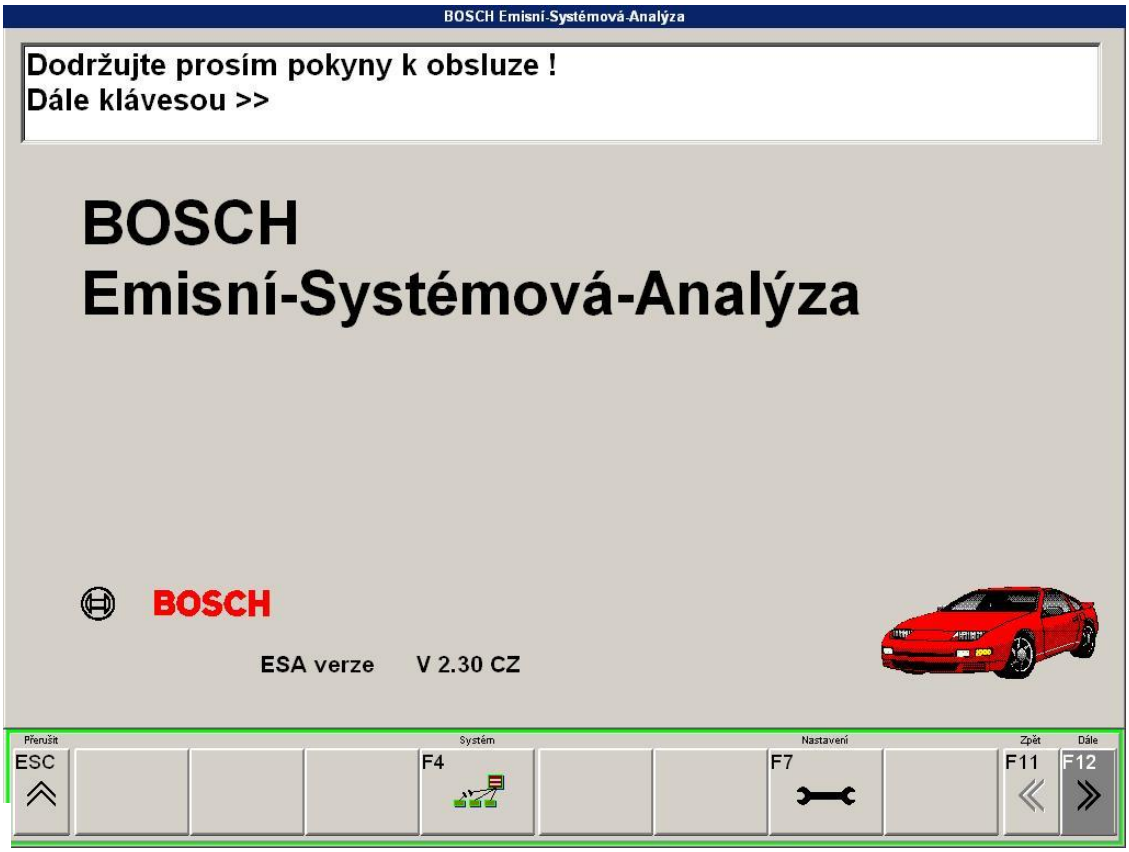
Odpovědět na vědecké hypotézy:

- Byl prokázán vliv konstrukce palivové soustavy se systémem Common-Rail na snížení spotřeby paliva?
- Byl prokázán vliv konstrukce palivové soustavy se systémem Common-Rail na množství emisí výfukových plynů?

4 Materiál a metody

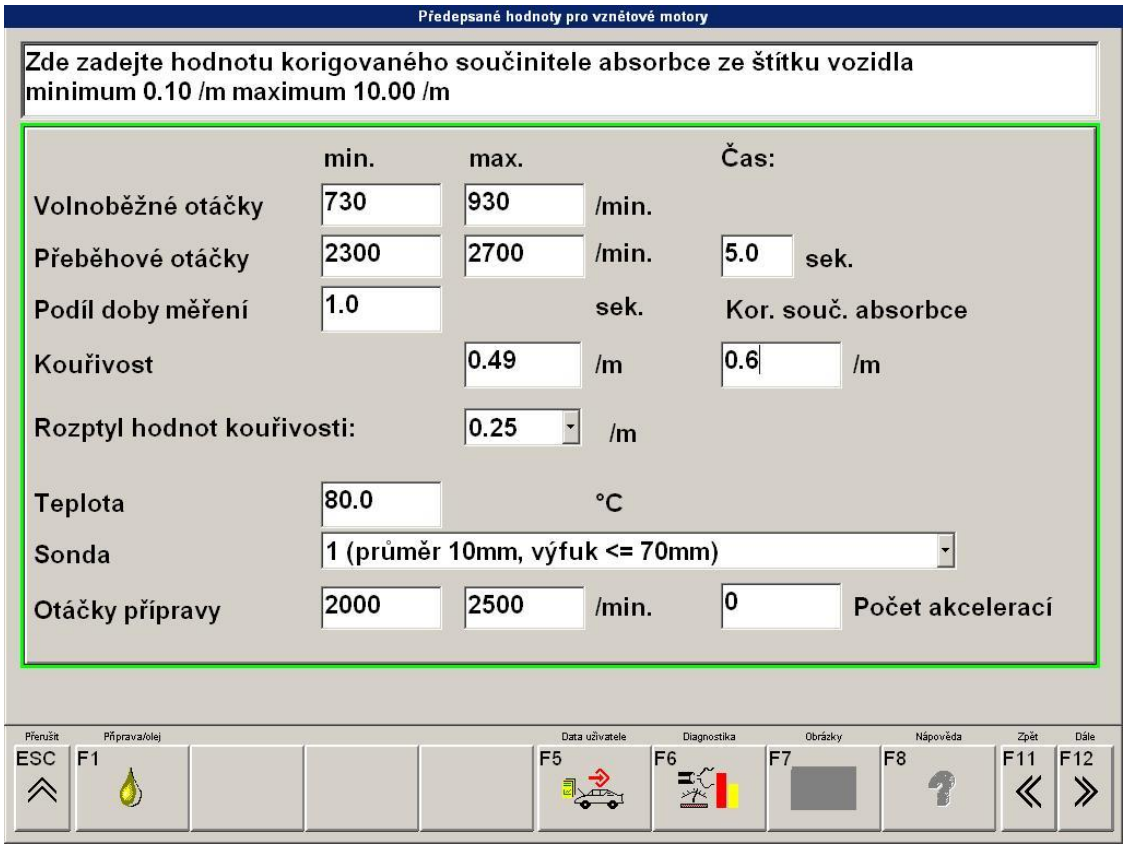
4.1 Měření emisí na automobilu Škoda Superb se systémem Common-Rail

Pro měření byla použita Emisní systémová analýza od firmy Bosch, konkrétně ESA verze 2.30 v českém jazyce.



Obr. č. 33 Emisní systémová analýza Bosch. Zdroj: ESI-TRONIC, (2011)

Zadané hodnoty



Obr. č. 34 Zadané emisní hodnoty. Zdroj: ESI-TRONIC, (2011)

Ze štítku vozidla bude zjištěna a následně zadána hodnota korigovaného součinitele absorpce.

Měření bude opakováno pětkrát. Dle pokynů výrobce budou vybrány čtyři nejlepší výsledky.

4.2 Měření spotřeby pohonných hmot

Porovnání spotřeby paliva u automobilu Škoda Superb se systémem vstřikování paliva čerpadlo-tryska (PD) a automobilu Škoda Superb se vstřikováním Common-Rail (CR)

Tab. č. 6 Parametry automobilů uváděné výrobcem

	Čerpadlo-tryska	Common-Rail
Motor	2,0 TDI PD	2,0 TDI CR
Převodovka	Manuální šestistupňová	Manuální šestistupňová
Zdvihová objem [cm^3]	1968	1968
Válce	4	4
Nejvyšší výkon [kW. min^{-1}]	103/4000	125/4200
Nejvyšší točivý moment [Nm. min^{-1}]	320/1800-2500	320/1750-2500
Max. rychlost [km. h^{-1}]	220	230
Zrychlení 0-100 km. h^{-1} [s]	10,2	9,6
Spotřeba kombinovaná (město) [l. 100^{-1} km]	5,9 (6,8)	5,4 (5,9)
Cena se základní výbavou [Kč]	690 900	710 900

Zdroj: Prezentace Motory vozidel Škoda Superb

Automobil Škoda Superb se systémem vstřikování čerpadlo-tryska je automobilem v osobním vlastnictví. Majitel automobilu je první majitel. Automobil má řádně vyplněnou servisní knížku. Je nehavarované ve výborném stavu. Automobil byl uveden do provozu v prosinci 2009 a jezdí převážně středně dlouhé vzdálenosti 30 – 50 km denně. Automobil má na displeji přístrojové desky ukázaný stav tachometru 65399 km. Dosavadní uváděná spotřeba z palubního počítače je 5,5 l. 100^{-1} km.

Automobil Škoda Superb se systémem vstřikování Common-Rail byl předváděcím automobilem, který v současnosti slouží jako výukový pro výuku studentů střední školy automobilní. Automobil je rovněž nehavarovaný ve výborném stavu. Je uveden do provozu v únoru 2010. Jezdí spíše kratší vzdálenosti do 15 km denně. Ukázaný stav tachometru na přístrojové desce je 55115 km. Automobil najezdil nejvíce kilometrů po prvním roce od své výroby, kdy byl používán jako předváděcí a byl např. používán jako zkušební automobil, který bylo možné si půjčovat na jedno/dvoudenní testování pro potencionální zájemce o tento vůz. Dosavadní uváděná spotřeba z palubního počítače je 6,1 [l. 100^{-1} km]. Vyšší spotřeba je dána zejména tím, že automobil jezdí kratší vzdálenosti.

Před jízdou bude u obou automobilů provedeno měření tlaku v pneumatikách. I tento parametr bude upraven na předepsanou hodnotu. Oba automobily budou mít letní pneumatiky ve výborném stavu. U obou dojde k zahřátí motoru před jízdou, aby nedošlo ke zkresleným výsledkům.

U obou automobilů budou vymazána data o spotřebě pohonných hmot z palubního počítače.

Jako start testovací trasy bude ČSAD Jihotrans a.s. který má sídlo v Českých Budějovicích na Pekárenské ulici číslo popisné 255/77. Jako cíl bude vybrán Jindřichův Hradec konkrétní místo Plavecký stadion, ulice Jáchymova 865. Bude zvolena komunikace E49 s následným sjezdem a napojením se na komunikaci 148 z důvodu nižšího provozu. Tím dojde ke zvýšení přesnosti měření. Trasa bude vybrána z důvodu vhodné vzdálenosti a využití komunikace vyšší i nižší třídy. Trasa měří 51,2km. Automobily pojedou stejnou trasu současně a obě budou řídit zkušení řidiči. Při zpáteční cestě bude pořadí automobilů vystřídáno. Při opakování pokusu se vystřídají řidiči na úsecích trasy.

Trasu budou oba automobily absolvovat 2x. Po každé trase budou vymazána data z palubního počítače.

Na trase nebyly žádné omezení provozu. Počasí bylo příznivé a nijak neovlivňovalo výsledky měření. Automobily měly natankováno stejně litrů pohonných hmot, aby nedošlo k rozdílu váhy vozidel. Trasu absolvovaly oba automobily 2 krát kvůli porovnání výsledků. Před absolvováním trasy podruhé byla opět vymazána data z palubního počítače.

4.3 Ekonomická hlediska

4.3.1 Opravy palivových soustav

Pro porovnání bude zvoleno repasování základních částí soustav, při kterém dochází po kontrole k výměně jen těch součástí, které jsou opotřebené. Značková firma potom dává většinou stejnou záruku, jako za nový díl.

Pro zjištění ceny repasování základních částí soustav, bude zvoleno porovnání celkové opravy palivových soustav s rotačním čerpadlem, systémem Common-Rail a sdruženým vstřikovačem.

5 Výsledky

5.1 Měření emisí na automobilu Škoda Superb se systémem Common-Rail

Obr. č. 35 Výsledky měření emisí. Zdroj: ESI-TRONIC (2011)

Byly vybrány 4 nejlepší výsledky měření. V kontrole číslo 1 bylo naměřeno 0,02 /m což počítač vyhodnotil jako nejhorší měření a následně jej vyřadil z výsledných hodnot.

5.2 Měření spotřeby pohonných hmot

Tab. č. 7 Výsledky 1. měření spotřeby pohonných hmot

Měření 1	Čerpadlo-tryska (PD)	Common-Rail (CR)
Spotřeba [l. 100^{-1} km]	5,3	5,2

Tab. č. 8 Výsledky 2. měření spotřeby pohonných hmot

Měření 2	Čerpadlo-tryska (PD)	Common-Rail (CR)
Spotřeba [l. 100^{-1} km]	5,4	5,1

5.3 Protokol o měření emisí u vozidla Škoda Superb se systémem Common-Rail

SME č. 53.01.04

PROTOKOL č.: 4213/2014N

o měření emisi vozidla se vznětovým motorem

Značka vozidla:	SKODA	Druh vozidla:	
Typ vozidla:	OCTAVIA SKRINOVY	Kategorie vozidla:	N1
Typ motoru:	AXR	Registrační značka:	
Číslo motoru *):	*	Rok výroby(1. registrace):	2008/00
Stav počitače ujeté vzdálenosti:	196608	Palivo:	NAFTA
Typ emisního systému:	Řízený		

KONTROLA:

Výsledek vizuální kontroly (stav sací, výfukové a palivové soustavy):	VYHOVUJE
Výsledek kontroly závad řídící jednotky:	OK

Otáčky [1/min]	Předepsané	Naměřené
Volnoběžné	*730-880*	***780***
Přeběhové	*5200-5600*	***5360***

Korigovaný součinitel absorbce (ze štítku) [1/m]		*0.60*
Hodnota kouřivosti [1/m]:	dovolená	*1,10*
	naměřená	***0***
Rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření [1/m]:	dovolené	***0,25***
	naměřené	***0***

Použitý kouřoměr (výrobce, typ): **AVL-4000**

Zapsané naměřené hodnoty jsou přímým (on-line) záznamem měření opacimetrem: AVL-4000

Vozidlo z hlediska měření emisí **VYHOVUJE**

Obr. č. 36 Protokol o měření emisí- Common-Rail. Zdroj: ESI-TRONIC (2011)

SME č. 46.02.14

PROTOKOL č.: 3044/2012N

o měření emisí vozidla se vznětovým motorem

Značka vozidla: **SKODA** | Druh vozidla:
Typ vozidla: **OCTAVIA SKRINOVY** | Kategorie vozidla: **N1**
Typ motoru: **AXR** | Registrační značka:
Číslo motoru *): * | Rok výroby(1. registrace):
Stav počítače ujeté vzdálenosti: | Palivo: **NAFTA**
Typ emisního systému: **Řízený**

KONTROLA:

Výsledek vizuální kontroly (stav sací, výfukové a palivové soustavy):		**VYHOVUJE**
Výsledek kontroly závad řídící jednotky:		
Otáčky [1/min]	**Předepsané**	**Naměřené**
Volnoběžné	*600-1000*	***806***
Přeběhové	*4200-5500*	***4520***

Korigovaný součinitel absorbce (ze štítku) [1/m]		*0.50*
Hodnota kouřivosti [1/m]:	dovolená	*1.00*
	naměřená	***0,01***
Rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření [1/m]:	dovolené	***0,25***
	naměřené	***0,01***

Vozidlo z hlediska měření emisí **VYHOVUJE**
Příští měření emisí v termínu do
Měření emisí proved

Číslo osvědčení:
Kontrolní nálepka **BYLA VYLEPENA**
, osvědčení ev. č.

Obr. č. 37 Protokol o měření emisí- čerpadlo-tryska. Zdroj: ESI-TRONIC (2011)

5.4 Výpočet nákladů na opravy palivových soustav

5.4.1 Rotační vstřikovací čerpadlo

Rotační vstřikovací čerpadlo s EDC celkem	17 500 až 25 000,- Kč.
jeden vstřikovač:	200,- Kč.
Vstřikovací tryska, která se vždy jen mění, obvykle stojí	do 500,- Kč.
Jeden vstřikovač se seřízením	700,- Kč.

Lze potom očekávat cenu za repasování základních dílů palivové soustavy s rotačním vstřikovacím čerpadlem:

Pro čtyř válcový motor se vstřikovacím čerpadlem celkem:

17 500 až 25 000 + 4 x 700 = 20 300 až 27 800,- + montážní práce

Pozn. repasované čerpadlo je za 50% ceny nového. Vysokou cenu za repasování vstřikovacího čerpadla zdůvodňuje servis vysokými náklady na potřebné zařízení.

5.4.2 Soustava Common-Rail

Vysokotlaké dopravní čerpadlo C**ommon-Rail** BOSCH 1900,-

(jen za přezkoušení) až 6800,- (za celkové repasování i s materiálem).

Z tohoto pramene je celková cena za repasování v servisu:

jednoho vstřikovače Common-Rail BOSCH včetně materiálu:

3500 x 1,21 = 4235,-Kč (koeficient 1,21 je dopočet DPH)

Vysokotlaké dopravní čerpadlo Continental	8000 až 12000,- Kč.
Regulátor vysokého tlaku Common-Rail se jen mění a stojí:	3 000,- Kč.
Repasování vstřikovače Common-Rail DENSO	5 100 až 6700,- Kč.

Lze tedy očekávat cenu za repasování základních dílů soustavy:

Celkem pro čtyř válcový motor CR.

(dopravní čerpadlo + regulátor tlaku + vstřikovače BOSCH):

6800 + 3000 + 4 x 4235 = 26 740,- Kč + montážní práce

5.4.3 Sdružený vstřikovač

Cena za repasování jednoho vstřikovače je 6 000,- Kč.

Vysokotlaké čerpadlo tato soustava nemá, lze tedy očekávat cenu za repasování základních dílů soustavy:

Celkem pro čtyř válcový motor PD: 4 x 6000 = 24 000,- Kč + montáž

6 Diskuse

6.1 Měření spotřeby pohonných hmot

Na trase nebyly žádné omezení provozu. Počasí bylo příznivé a nijak neovlivňovalo výsledky měření. Automobily měly natankováno stejně litrů pohonných hmot, aby nedošlo k rozdílu váhy vozidel.

Z daných údajů (tab. č. 10 a č. 11) lze zjistit, že automobily jsou si velmi podobné a lze je porovnat. Velmi důležitou roli hraje při spotřebě pohonných hmot také váha vozu. Automobil se systémem vstřikováním Common-Rail byl o 5 kg těžší než automobil se vstřikováním čerpadlo-tryska. Tento rozdíl je v konečném výsledku zanedbatelný.

Ze zkoušek měření spotřeby pohonných hmot lze zjistit, že automobil Škoda Superb se vstřikováním Common-Rail měl nižší spotřebu na stejné vzdálenosti při stejných podmínkách a stejném zatížení. Také lze zjistit, že naměřená hodnota je 5,2 l. 100^{-1} a 5,1 l. 100^{-1}oproti 5,4 l. 100^{-1} jež uvádí výrobce.

U porovnání měření spotřeby pohonných hmot (tab. č. 7 a tab. č. 8) vidíme, že automobil Škoda Superb se systémem Common-Rail má nižší spotřebu, za stejných podmínek, než u starší verze se systémem čerpadlo tryska. Odpověď na vědeckou hypotézu zní: Ano byl prokázán vliv konstrukce palivové soustavy se systémem Common-Rail na snížení spotřeby paliva.

6.2 Porovnání měření emisí u automobilu Škoda Superb

V protokolech o měření emisí u vozu Škoda Super se systémem Common-Rail (obr. č. 37) a se systémem čerpadlo-tryska (obr. č. 38), lze vyčíst, že u systému Common-Rail byla naměřena nižší kouřivost. To prokazuje, že systémem Common-Rail má nižší naměřené emise. Odpověď na vědeckou hypotézu zní: Ano byl prokázán vliv konstrukce palivové soustavy se systémem Common-Rail na množství emisí výfukových plynů.

6.3 Výpočet nákladů na opravy palivových soustav

Z výpočtů, lze zjistit, že jako nejdražší, vychází oprava palivového systému Common-Rail. To je zapříčiněno tím, že systém je nejnovější a na jeho opravu je třeba použít dražší vybavení a dražší díly.

Montáž může dělat až 2/3 ceny dílů. Proto je také důležité pečlivě vybírat autoservis, kde si necháme opravy udělat.

6.4 Ekonomická hlediska

6.4.1 Opravy palivových soustav

Ceny za repasování základních komponent Common-Rail a ostatních uvedených soustav, tedy starších i nejmodernějších, se zásadním způsobem neliší.

Ceny za repasování soustav Common-Rail a čerpadlo-tryska bývají méně, než je polovina ceny nového dílu. Podmínkou ale je, aby vůbec někdo repasování konkrétní komponenty prováděl, jinak se kupují nové komponenty a cena opravy je vysoká.

Protože vysokotlaké soustavy individuálního vstřikování (tj. Common-Rail a čerpadlo-tryska) jsou velmi citlivé na čistotu a kvalitu paliva, předepisují některé firmy po zjištění nečistot v soustavě výměnu celé sestavy Common-Rail. Pak je ovšem oprava mimořádně nákladná.

6.5 Porovnání potřeby pohonných hmot u automobilu Škoda Superb

Tab. č. 9 Spotřeba 2,0 TDi/110kW (systém Common-Rail)

Kombinovaná spotřeba	5,4	l. 100^{-1}
Spotřeba ve městě	6,3	l. 100^{-1}
Spotřeba mimo město	4,5	l. 100^{-1}

Zdroj: www.skoda-auto.com „staženo dne 11. 9. 2014“

Tab. č. 10 Spotřeba 2,0 TDi/110kW (systém čerpadlo-tryska)

Kombinovaná spotřeba	5,6	l. 100^{-1}
Spotřeba ve městě	6	l. 100^{-1}
Spotřeba mimo město	5,2	l. 100^{-1}

Zdroj: www.skoda-auto.com „staženo dne 11. 9. 2014“

Z tab. č. 10 lze vyčíst spotřebu pohonných hmot u vozu Škoda Superb, jak jej uvádí výrobce. V porovnání s měřením v rámci diplomové práce, lze zjistit, že spotřeba byla v měření č. 1 (tab. č. 7) o 0,2 l. 100^{-1}nižší než jej uvádí výrobce.

V měření č. 2. byla naměřena spotřeba oproti hodnotě, kterou uvádí výrobce, nižší až o 0,3 l. 100^{-1}.

U porovnání měření spotřeby pohonných hmot (tab. č. 7 a tab. č. 8) vidíme, že automobil Škoda Superb se systémem Common-Rail. Má nižší spotřebu, za stejných podmínek, než u starší verze se systémem čerpadlo tryska. Odpověď na vědeckou hypotézu zní: Ano byl prokázán vliv konstrukce palivové soustavy se systémem Common-Rail na snížení spotřeby paliva.

6.6 Porovnání měření emisí u automobilu Škoda Superb

V protokolech o měření emisí u vozu Škoda Super se systémem Common-Rail (obr. č. 37) a se systémem čerpadlo-tryska (obr. č. 38), lze vyčíst, že u systému Common-Rail byla naměřena nižší kouřivost. To prokazuje, že systémem Common-Rail má nižší naměřené emise. Odpověď na vědeckou hypotézu zní: Ano byl prokázán vliv konstrukce palivové soustavy se systémem Common-Rail na množství emisí výfukových plynů.

7 Závěr

V mé diplomové práci jsem se v kapitole literárního přehledu zabýval palivovým systémem Common-Rail. Popsal jsem všechny jeho části. Vysvětlil jsem regulaci tlaku. Následně jsem představil ostatní palivové systémy. Dále jsem se věnoval legislativě. Vyhledal jsem předpisy EOBD. V literárním přehledu jsem se ještě věnoval popisu diagnostiky silničních vozidel.

V kapitole materiál a metody jsem poslal metodiku měření emisí, které jsem prováděl na automobilech Škoda Superb 2 generace. Tyto automobily, jsem si vybral z důvodu, abych mohl porovnat výsledky měření emisí. Jeden z automobilů měl palivový systém Common-Rail a druhý měl starší verzi palivového systému čerpadlo-tryska. Z výsledku měření bylo zjištěno, že testovaný automobil Škoda Superb se systémem Common-Rail dosáhl lepších výsledku než automobil Škoda Superb se systémem čerpadlo-tryska. Následně jsem provedl měření spotřeby provozních hmot. Zapůjčil jsem si již zmiňované automobily Škoda Superb se systémem Common-Rail a se systémem čerpadlo-tryska. Tyto automobily jsem si vybral, abych docílil objektivního měření spotřeby pohonných hmot. Automobily jsou skoro stejné, pouze využívají rozdílný palivový systémem. Ze zkoušek měření spotřeby pohonných hmot bylo zjištěno, že automobil Škoda Superb se systémem Common-Rail měl nižší spotřebu za stejných podmínek na stejné vzdálenosti a při stejném zatížení. Z měření vyplynulo, že rozdíl naměřených hodnot byl menší, než jej uvádí výrobce.

Dále jsem se zabýval ekonomickým hlediskem u palivových soustav. Vyhledal jsem ceny repasování nejdražších částí soustav. Zjistil jsem, že ceny za repasování základních komponentů Common-Rail a ostatních uvedených soustav, tedy starších i nejmodernějších, se zásadním způsobem neliší. Ceny za repasování soustav Common Rail a čerpadlo-tryska bývají méně, než je polovina ceny nového dílu. Podmínkou ale je, aby vůbec někdo repasování konkrétní komponenty prováděl, jinak se kupují nové komponenty a cena opravy je vysoká. Protože vysokotlaké soustavy individuálního vstřikování (tj. Common-Rail a čerpadlo-tryska) jsou velmi citlivé na čistotu a kvalitu paliva, předepisují některé firmy po zjištění nečistot v soustavě výměnu celé sestavy Common-Rail. Pak je ovšem oprava mimořádně nákladná.

Náklady na výměnu oleje u moderní soustavy, zejména u systému čerpadlo-tryska, jsou oproti rotačním čerpadlům mírně vyšší spotřebu a je doporučeno měnit olej dříve, také u motorů s DPF se lhůty výměny zkracují. Prodloužené výměny olejů se pro mnohé moderní motory neosvědčily nebo nejsou vůbec přípustné.

Z hlediska spolehlivosti vysokotlaké soustavy (Common-Rail, čerpadlo-tryska) jsou méně spolehlivé, než rotační čerpadlo, které je sice zastaralé, ale léty vyzkoušené. Zejména pak citlivost vysokotlakých soustav na kvalitu paliva může náklady výrazně zvýšit.

8 Literatura

HROMÁDKO, Jan.: (2011). Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha, 296 s.

CHLUP, M.: (2009). Systém vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common Rail: elektronické řízení vznětových motorů. 1. české vyd. Praha: Robert Bosch, Technická příručka (Bosch).

LANDHÄUßER, Felix.: (2005). Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory. 1. české vyd. Praha: Robert Bosch odbytová s.r.o. Automobilová technika [distributor], 95 s. Technické vzdělávání.

REIF, KONRAD.: (2010). Dieselmotor-Management im Überblick. 210 s.

REMEK, B.: (2002). Provozní údržba a diagnostika vozidel. Praha, ČVUT, 142 s.

Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s.: Konstrukce a diagnostika vznětových motorů, CD k vzdělávacímu programu BOSCH,

ŠTĚRBA, Pavel a Micha MÜNZRNMAY.: (2004). Elektrotechnika a elektronika automobilů: elektrická zařízení, diagnostika a odstraňování závad. Vyd. 1. Praha: Computer Press, Edice: Rady a typy pro řidiče, 148 s.

Technishe Unterrichtung Bosch, Robert Bosch GmbH.: (1993), Reiheneinspritzpumpen, Stuttgart, 65 s.

Technishe Unterrichtung Bosch, Robert Bosch GmbH.: (1994), Diesel-Verteilereinspritzpumpen, Stuttgart, 55 s.

VLK, František, MÜNZRNMAY Micha.: (2004). Elektronické systémy motorových vozidel: elektrická zařízení, diagnostika a odstraňování závad. 1. vyd. Brno: Computer Press, Edice: Rady a typy pro řidiče, 299-592 s.

VLK, František.: (2001). Zkoušení a diagnostika motorových vozidel: výkon vozidla, brzdné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny,

řiditelnost a ovladatelnost, životnostní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy. 1. vyd. Brno: František Vlk, 576 s.

VLK, František.: (2002). Elektronické systémy motorových vozidel. 1. vyd. Brno: František Vlk, 212 s.

ZABLER, Erich, MÜNZRNMAY Micha.: (2003). Snímače v motorových vozidlech: elektronické řízení vznětových motorů. 1. české vyd. Praha: Robert Bosch odbytová s.r.o. - Automobilová technika [distributor], 148 s.

Diagnostický program ESI-tronic, Bosh, (2011)

Dílenské příručky: Dílenská příručka Škoda Superb 806/1, (2010)

Dílenská příručka: Škoda Superb II, představení vozidla 1,2 část, (2006)

Dílenská příručka: Škoda Superb: Vznětový motor V6 2,5 i/114 kW TDi, (2009)

Dílenská příručka: Vznětový motor 2,0 l/103 kW TDi s jednotkami čerpadlo-tryska, (2007)

Dílenská příručka: Vznětový motor 2,0 l/125kW TDi se systémem vstřikování Common-Rail, (2010)

Dílenská příručka: vznětový motor 2,0/103kW 2V TDi, Filtr pevných částic s aditivem, (2010)

Prezentace od firmy Robert Bosch odbytová s.r.o. a Škoda auto a.s., Vznětový motor 2,0 l/125 kW TDI CR. Servisní služby – školení. (2009)

Prezentace.: (2002). Technické školení Scania, T 05 Vysokotlaké vstřikování paliva XPI

Internetové stránky: www.skoda-auto.com „staženo dne 11.9.2014“

http://www.vybermiauto.cz/autodata/skoda/octavia-combi/motory# „staženo dne 10.10.2014“

http://www.autokomi.cz/autokomi/5-Bosch-vstrikovaci-cerpadla „staženo dne 9.9.2014“

http://www.auto.cz/dr-diesel-opravy-vstrikovacu-common-railu-od-tri-do-ctrnacti-tisic-67684 „staženo dne 10.12.2014“

9 Přílohy – seznam použitých tabulek, grafů a zkratek

Zkratky

BARO- (Barometric pressure)- barometrický tlak

CARB- (California Air Resources Board)- kalifornský úřad pro čistotu odvzduší, Kalifornský komitét pro monitorování emisí výfukových plynů.

CKP- (Cranks shaft position) poloha klikového hřídele

CMP- (Campshaft Position)- poloha vačkového hřídele

ČSN- Česká státní norma

DPF – (Diesel Particulate Filter) Filtr pevných částic

EDC- (Electronic Diesel Control)- elektronické řízení vznětového motoru

EEC- (Electronic engine control)- elektronické řízení motoru

EGR- (Exhaust-gas recirculation)- recirkulace výfukových plynů, vratné vedení výfukových plynů

EOBD- (Europen On-Board Diagnostics)- Evropská palubní diagnostika

EPA- (Environmental Protection Agency)- agentura ochrany životního prostředí

ESP- (Elektronics Stability program)- elektronický program stability automobilu (elektronický systém porovnává poloměr zatáčení daný natočením volantu s poloměrem vypočteným z modelu vozidla- při odchylce se přibrzďují kola)

FAP- Filtre a Particule

IDM- řídicí jednotka vstřikovacích ventilů

IMA- (InjektorMengenAbgleich)- kód vstřikovače

ISO- (International Organization for Standardization)- mezinárodní organizace pro normalizaci

KS- (Knock Sensor)- snímač klepání motoru

OBD- (On-Board Diagnostics) palubní (vlastní) diagnostika vozidla (display umístěný na palubní desce informuje o stavu vozidla)

PCM- (Powertrain Control Module)- řídicí jednotka motoru

ŘJ- řídicí jednotka

SCR- Selective Catalytic Reduction

STK- stanice technické kontroly

UDS (Unified Diagnostic Services on CAN)

VDS- (Vehicle Descriptor Section)- popisný kód vozidla

VIN- (Vehicle identification number)- identifikační číslo vozidla

VIS- (Vehicle Indicator Section)- indetifikace sekce vozidla (výrobní číslo)

WMI- (World Manufacturer Identifier)- světový kód výrobce

XPI- (eXtra vysoký Pression (tlak) Injection (vstřikováni))