

Požadavky současných systémů vstřikování u vznětových motorů na paliva a motorové oleje

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Čupera, Ph.D.

Vypracoval:

Tomáš Drda

Brno 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Požadavky současných systémů vstřikování u vznětových motorů na paliva a motorové oleje**

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 25. května 2017

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Čuperovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování této práce.

Abstrakt

Bakalářská práce *Požadavky současných systémů vstřikování u vznětových motorů na paliva a motorové oleje* pojednává o způsobech tvorby směsi a rozdělení vstřikovacích systémů u vznětových motorů. Dále se zabývá členěním paliv a parametry motorové nafty jako paliva pro vznětové motory. V souvislosti s tématem práce pojednává o emisích ze spalování motorové nafty, stejně tak o požadavcích kladených na moderní motorové oleje.

Klíčová slova

emise, low-SAPS olej, mid-SAPS olej, motorová nafta, motorový olej, tryska, tvorba směsi, vstřikovač, vznětové motory

Abstract

Bachelor thesis *Requirements of modern diesel fuel injection systems for fuel and motor oils* focuses on the methods of formation of mixture and differences in diesel fuel injection systems. Its aim is also fuels classification and diesel fuel parameters as fuel for diesel engines. In the context of the thesis, it also deals with emissions from diesel fuel combustion and requirements for modern motor oils.

Keywords

creation of the mixture, diesel, diesel engines, emission, injector, low-SAPS oil, mid-SAPS oil, motor oil, nozzle

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíle bakalářské práce	9
3	Tvorba směsi	10
3.1	Hoření paliva	11
3.2	Způsoby vstřikování.....	13
3.2.1	Nepřímé vstřikování paliva	13
3.2.2	Přímé vstřikování paliva	14
4	Požadavky na vstřikovací systémy	17
4.1	Náhled do historie vstřikovacích systémů	17
4.2	Rozdělení vstřikovacích systémů	19
4.3	Řadová vstřikovací čerpadla	20
4.3.1	Mechanická regulace řadového vstřikovacího čerpadla.....	21
4.3.2	Elektronická regulace řadového vstřikovacího čerpadla	22
4.4	Rotační vstřikovací čerpadla	23
4.4.1	Rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem	23
4.4.2	Rotační vstřikovací čerpadlo s radiálními písty	25
4.4.3	Elektronická regulace rotačních vstřikovacích čerpadel.....	27
4.5	Sdružená vstřikovací jednotka UIS – Unit Injector Systém.....	28
4.6	Sdružený vstřikovací systém UPS – Unit Pump Systém	30
4.7	Vstřikovací systém s tlakovým zásobníkem – systém Common Rail.....	31
5	Vlastnosti a parametry motorové nafty	35
5.1	Rozdělení a výroba paliv	35
5.2	Palivo pro vznětové motory – Motorová nafta	36
5.2.1	Parametry motorové nafty dle platné normy	37
5.2.2	Směsná paliva a čistá biopaliva pro vznětové motory	41
6	Emise vznětových motorů	43

6.1	Emisní normy.....	46
7	Motorové oleje pro moderní vznětové motory	48
7.1	Klasifikace motorových olejů.....	48
7.1.1	Viskózní klasifikace SAE.....	48
7.1.2	Výkonnostní klasifikace	50
7.1.3	Firemní normy výrobců motorů a vozidel	50
7.2	Low-SAPS a Mid-SAPS motorové oleje.....	51
7.2.1	Důsledky používání Low a Mid SAPS motorových olejů.....	51
8	Závěr	55
9	Seznam literatury	56
10	Seznam obrázků	58

1 Úvod

Spalovací motor je tepelný stroj, který spalováním paliva získává tepelnou energii a využitím vhodného plynného media ji převádí na mechanickou práci. (VLK, 2006)

Vznětový motor pracuje na principu samovznícení směsi paliva a vzduchu. Vynálezcem tohoto motoru byl německý inženýr Rudolf Diesel, který v roce 1892 získal patent na vznětový typ motoru. První prakticky využitelný motor spatřil světlo světa až za 5 let od Dieselova vynálezu. Od této doby dozněl mnoha zlepšení a inovací. Tyto motory jsou pro svou účinnost a hospodárnost využívány nejen v osobních automobilech, ale především u nákladních automobilů, zemědělských a stavebních strojů (traktory, bagry), mobilních elektrocentrálách a mnoha dalších.

S neustálou modernizací technologií těchto motorů je v dnešní době kladen mnohem vyšší důraz na kvalitu oleje a paliva do těchto motorů, a tím i na snižování jejich emisí.

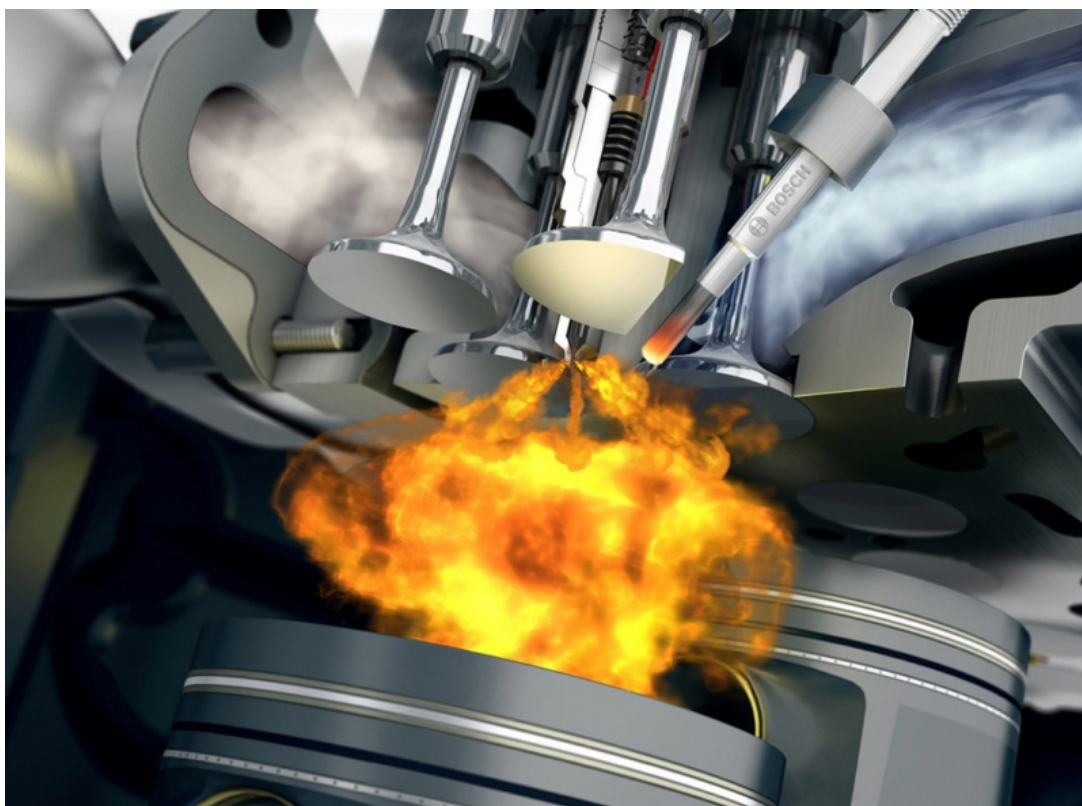
2 Cíle bakalářské práce

Cílem této práce je vytvoření přehledu současných systémů vstřikování u vznětových motorů a jejich požadavkům na paliva a motorové oleje.

V úvodních kapitolách práce popisuje tvorbou směsi pro vznětové motory a analyzuje přehled jednotlivých konstrukčních řešení vstřikovacích systémů pro vznětové motory. Hlavním cílem práce je stanovení požadavků na parametry paliva podle výrobců vstřikovacích systémů v kontextu s požadavky emisních norem. Dále pak vytvořit souhrn požadavků výrobců vozidel na motorové oleje, který zahrnuje klasifikaci olejů do výkonnostních tříd podle norem API, ACEA a firemních norem předních výrobců automobilů. V závěru bych chtěl zmínit low a mid SAPS oleje, které v současné době splňují přísné požadavky výrobců vznětových motorových vozidel.

3 Tvorba směsi

Tvorba palivové směsi je klíčová pro správnou činnost všech spalovacích motorů. Přímo ovlivňuje průběh spalování. Ve vznětových motorech se jako hlavní palivo používá motorová nafta. Ta se může mísit se vzduchem až v okamžiku jejího vznícení. Vznícení je přitom vyvoláno teplotou vzduchu, který je ohřátý velmi vysokou kompresí. Vznícení této směsi je zobrazeno na obrázku 1. Před samotným spalováním se nesmí ve válci motoru vytvořit homogenní směs jako v případě zážehového motoru. Následkem toho by bylo okamžité vzplanutí směsi a vznik příliš vysokého tlaku v celém spalovacím prostoru. Motorová nafta se pod vysokým tlakem vstříkuje do spalovacího prostoru přes vstříkovací trysku. Tlak paliva se liší na systému vstříkování, v dnešní době jde již o stovky MPa. V místě vstříku se palivo pohybuje vysokou rychlostí, jemně se rozpráší do spalovacího prostoru a tím vytvoří nerovnoměrnou, heterogenní směs. (FERENC, 2004)



Obr. 1: Hoření paliva ve válci motoru

Zdroj: <http://www.autoweb.cz/autonovinky/vstrikovani/horenipaliva>

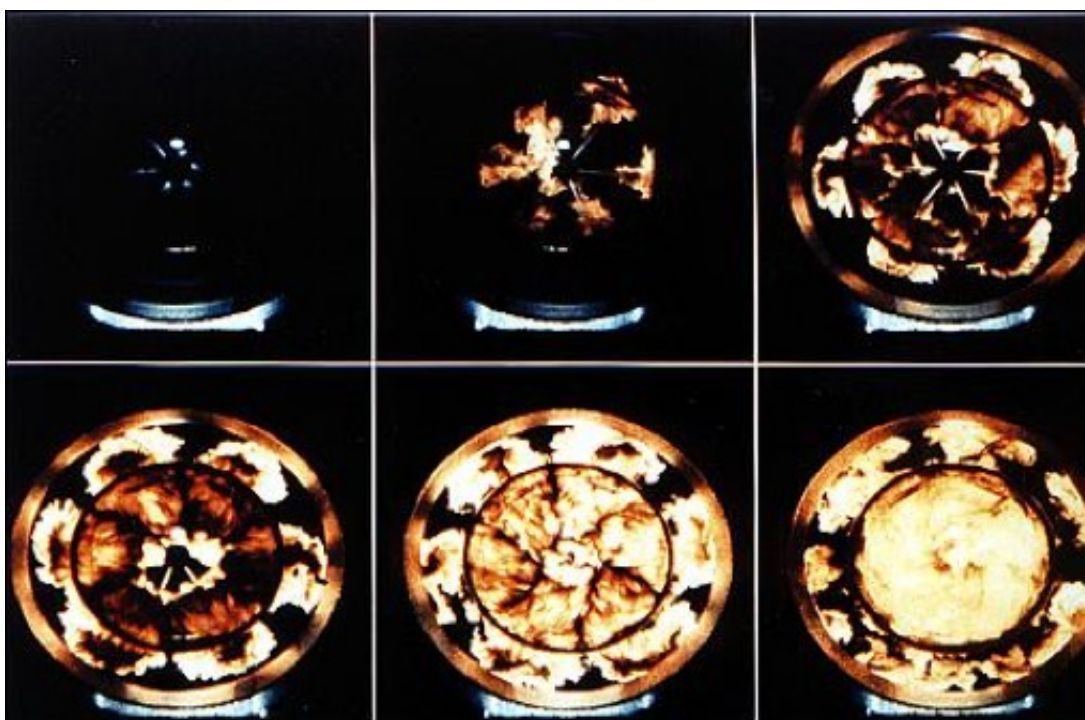
3.1 Hoření paliva

Spalovací proces lze chápat jako rychle probíhající chemicko-oxidační reakci směsi paliva a vzduchu. Ve válci pístového spalovacího motoru se tento děj uskutečňuje v podmínkách rychle se měnících teplot i tlaků směsi. Má jiný průběh v různých typech motorů, závisí na specifických vlastnostech použitého paliva, na způsobu tvoření směsi a na její kvalitě, bohatosti.

Tyto reakce u pístových spalovacích motorů jsou vysvětleny teorií tepelné iniciace spolu s teorií aktivovaných částic a řetězových reakcí. Po iniciaci spalovacího procesu následují reakce jednotlivých složek paliva a vzduchu. Probíhají s jednoduchými nebo s rozvětvenými řetězci chemických změn až do finálních produktů hoření. Z míst vzniku plamene se oxidační proces šíří působením tepelných a chemických jevů. V pohyblivém pásmu reakce vznikají další aktivované částice, které pronikají do nespálené směsi. Celý oxidační proces se skládá z řady probíhajících elementárních reakcí.

Iniciace spalovacího procesu ve vznětových motorech probíhá působením dostatečně vysoké teploty stlačeného vzduchu na směs palivových par a vzduchu, vytvořenou z velmi malých kapek paliva, které bylo vysokým tlakem vstříknuto do spalovacího prostoru ve válci motoru na konci kompresního zdvihu. Nesmí být zanedbána kvalita paliva, které musí mít vhodné fyzikálně-chemické vlastnosti, aby účinkem kompresní teploty a tlaku vzduchu došlo k rozpadu paprsku vstříkovaného paliva do velmi malých kapek a po odpaření relativně malého množství paliva k rozběhu předoxidačních reakcí. Vzniknou výsledná ohniska vznícení rozložená v celém objemu spalovacího prostoru. Vznik ohnisek a následné hoření z těchto ohnisek zajišťuje poměrně rychlé a účinné vyhoření vstříknuté dávky paliva. Na samotný průběh spalování mají značný vliv tepelné, tvarové a vírové vlastnosti spalovacího prostoru. Významný je pak způsob a kvalita vstřikování paliva. (BEROUN, 2002)

Samotný spalovací proces se u vznětového motoru vysvětluje jako kombinace kinetického a difuzního hoření směsi. Kinetické hoření probíhá v místech, kde je směs připravená smísením odpařeného paliva z povrchu kapek vstříknutého paliva. Kinetické hoření směsi pak přechází do difuzního tak, že zóna plamene se udržuje v místech, kde je vzájemnou difuzí palivových par a vzduchu vytvářena směs podobná stechiometrickému složení. Při vysoké teplotě a s relativně velkou rychlostí probíhá hoření difuzní. Celý spalovací proces vznětových motorů se vyznačuje vysokou mezioběhovou stabilitou. Ta je zajištěna velkým množstvím energie, která se uvolní kinetickým hořením v ohniscích vznícení na začátku spalovacího procesu. Hoření z ohnisek je vidět na obrázku 2. Odhad počtu ohnisek v celém průběhu vyhořívání náplně je přibližně 10^4 až 10^5 . (BEROUN, 2002)



Obr. 2: Průběh hoření paliva

Zdroj: <http://www.autoforum.cz/technika/vznetovemotory/horeni>

3.2 Způsoby vstřikování

U vznětových motorů se používá dvou základních způsobů tvorby směsi pro středně nízké a středně vysoké otáčky motoru. Palivo se buď vstřikuje přímo do spalovacího prostoru nebo nepřímo do komůrky vytvořené v hlavě motoru. U obou těchto variant je možné plnění válců atmosférickým tlakem nebo přeplňování turbodmychadlem.

3.2.1 Nepřímé vstřikování paliva

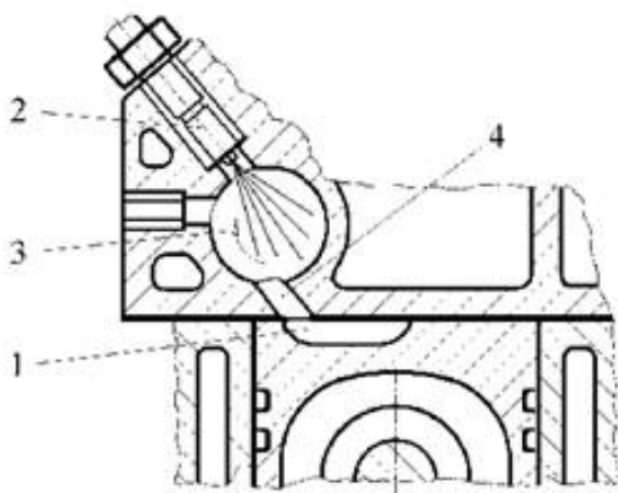
Nepřímé vstřikování paliva funguje na principu, kdy se palivo nevstřikuje přímo do spalovacího prostoru, ale do jeho oddělené části viz. obrázek 3. V osobních automobilech tuto část tvoří vírová komůrka. V té dochází k intenzivnímu víření vzduchu vlivem tangenciálně umístěného spojovacího kanálu. Po vstřiku paliva se zde vytvořená směs vznítí, splodinami je vytlačována nad píst, kde se hoření dokončí.

Palivo se vstřikuje čepovou tryskou, jejíž otevírací tlak je okolo 8 až 15 MPa. Proto nemusí být tlak paliva přiváděného k tryskám tak vysoký jako v případě přímého vstřikování. Motory s tímto vstřikováním se vyznačují tišším a měkčím chodem způsobeným pomalejším nárůstem tlaku nad pístem.

Výhodou je dobré promísení paliva se vzduchem, které je vyvolané intenzivním vířením vzduchu a palivových par v komůrce, ale i v druhé části spalovacího prostoru. Výsledkem je rychlejší příprava směsi a kratší průtah vznícení, tím se dosáhne vyšších otáček jmenovitého režimu u těchto motorů. (HROMÁDKO, 2011)

Nevýhodou nepřímého vstřikování je vyšší měrná efektivní spotřeba paliva způsobená většími tepelnými ztrátami, složitěji členitý povrch spalovacího prostoru a vznikající hydraulické ztráty ve spojovacím kanálku. Další nevýhodou může být spouštění motoru za nižších teplot, komůrka se tedy musí vyhřát, což zabezpečují žhavicí svíčky. Z těchto důvodů se již vznětové motory využívající tento typ vstřiku

paliva nepoužívají. Dříve se však hojně využívaly u osobních automobilů. (HROMÁDKO, 2011)



Obr. 3: Nepřímý vstřík paliva

Zdroj: BEROUN, Stanislav. *Teorie spalovacích motorů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002.

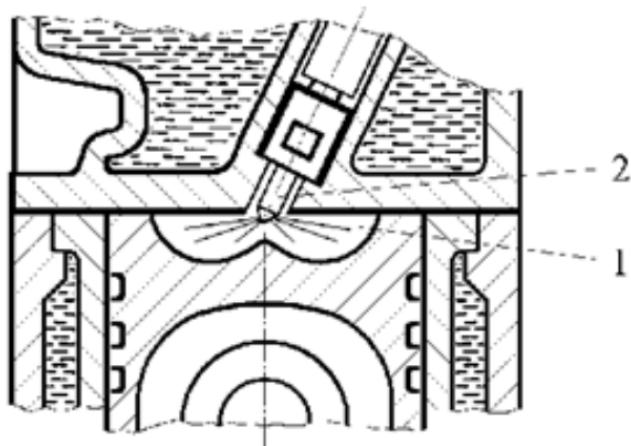
1 - spalovací prostor, 2 - tryska, 3 - směr otáčení víru v komůrce, 4 – kanálek

3.2.2 Přímé vstřikování paliva

Soudobé vznětové motory pracují s přímým vstřikem paliva. Spalovací prostor u těchto motorů je většinou proveden jako souvislé prohloubení v pístu. Provedení přímého vstřiku je vidět na obrázku 4. Vstřikovací tryska je umístěna ve středu hlavy válce a vstřikuje palivo šikmo dolů do spalovacího prostoru, za použití víceotvorových vstřikovacích trysek. Tyto trysky jsou zpravidla uspořádány souměrně a mají až dvanáct otvorů. Vrcholový úhel rozstříku paliva může být až 180°. Otevírací tlak otvorových trysek se pohybuje mezi 10 až 35 MPa, vstřikovací tlak čerpadla může vzrůst až na 100MPa. Tvar, průměr a délka vstřikovacích otvorů v trysce podstatně ovlivňují hloubku vniku palivového paprsku do spalovacího prostoru a tím přispívají k řízení spalovacího procesu. (FERENC, 2004)

Vznětové motory s přímým vstřikem paliva se vyznačují nižší měrnou spotřebou paliva a snadnějším spouštěním při nízkých teplotách okolního vzduchu. Tyto výhody plynou z menších tepelných a hydraulických ztrát. Zjednodušení oproti nepřímému vstřiku přináší nejen konstrukce hlavy válců, ale i spalovací prostor, který je kompaktnější s menším povrchem vzhledem k objemu. Na nižší měrné spotřebě paliva se podílí i menší součinitel přestupu tepla vlivem menší intenzity víření a tím rychlejší průběh hoření. Nevýhodou motorů využívajících přímé vstřikování může být vyšší hlučnost a vibrace vlivem rychlejšího nárůstu tlaku nad pístem v průběhu spalování. Vyšší nároky jsou také kladeny na samotné vstřikovací zařízení a tím i na jakost používaného paliva. Jelikož je kladen důraz na vytvoření co nejjemnější palivové směsi, musí se podstatně zvýšit vstřikovací tlaky. U nejnovějších systému dosahují tlaky až 250 MPa. Používané víceotvorové trysky jsou náchylnější na ucpání a zakarbonování vstřikovacích otvůrků než trysky čepové. (HROMÁDKO, 2011)

Dříve se vznětové motory s neděleným spalovacím prostorem používaly jen pro pohon nákladních automobilů, autobusů, těžké techniky, traktorů a dalších. V současné době se používají i u osobních automobilů a ve své podstatě vytlačily motory s děleným spalovacím prostorem. Jedná se tak o nejobvyklejší způsob vstřikování. (HROMÁDKO, 2011)



- 1 - spalovací prostor
- 2 - otvorová vstřikovací tryska

Obr. 4: Přímý vstřik paliva (prezentace spalovací motory)

Zdroj: BEROUN, Stanislav. *Teorie spalovacích motorů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. Systémy vstřikování pro vznětové motory

Palivová soustava vznětových motorů musí zajistit dodávku stejného množství paliva do všech válců ve stejném okamžiku a v požadovaném množství. Hlavní částí každého vstřikovacího systému je vysokotlaké čerpadlo. Regulace by měla být vždy snadná a plynulá. Dodávka paliva musí odpovídat požadovanému průběhu točivého momentu. Vstřikované palivo do válce musí být vstříknuto s velkou přesností někdy i v několika samostatných vstřicích. Správná funkce palivové soustavy má vliv na průběh spalování ve válci a ekonomiku provozu motoru. (BAUER, 2013)

Palivovou soustavu lze rozdělit na dvě základní části, a to na nízkotlakou a vysokotlakou. Úkolem nízkotlaké části je nasát palivo z nádrže a přes hrubý a jemný palivový čistič jej dopravit do sacího kanálu vstřikovacího čerpadla. Mírný přetlak v nízkotlaké části udržuje přetlakový ventil, který je umístěn na konci sacího kanálu. Přebytečné palivo je odváděno odpadovým potrubím zpět do nádrže vozidla. Úkolem vysokotlaké části je vyvolat svojí činností požadovaný vstřikovací tlak a tím dodat palivu potřebnou kinetickou energii v celém průběhu vstřiku. Pod tímto tlakem je palivo vstřikováno do komůrky nebo přímo do válce motoru. Procesy vstřiku musí být sladěny s přesnou časovou stabilitou. Rozdíly mezi samotnými vstřiky, ať mezi jednotlivými válci nebo do stejného válce musí být minimální. Přebytečné palivo je opět odváděno od vstřikovače zpět do nádrže. (HOREJŠ, 2009)

4 Požadavky na vstřikovací systémy

Vznětový motor musí vždy pracovat s přebytkem vzduchu, palivo je do komprimovaného vzduchu vstřikováno a je zažehnuto kompresním teplem.

Po vstřikovacím systému požadujeme vysoké vstřikovací tlaky, flexibilitu průběhu vstřikování, variabilní počátek vstřiku, úvodní vstřik, správnou dávku, plnicí tlak a počátek vstřiku přizpůsobený celému rozsahu otáček, regulace rychlosti, regulovanou recirkulaci spalin, malé tolerance a vysokou přesnost během celé životnosti motoru. U palivové soustavy je to pak především požadavek na dopravu paliva s palivové nádrže.

Účelem vstřikovací soustavy je:

1. Doprava paliva do prostoru spalování (dle druhu buď prostor válce či komůrky).
2. Rozprach paliva na co nejmenší části ve spalovacím prostoru.
3. Řízení časové závislosti vstřiku.

4.1 Náhled do historie vstřikovacích systémů

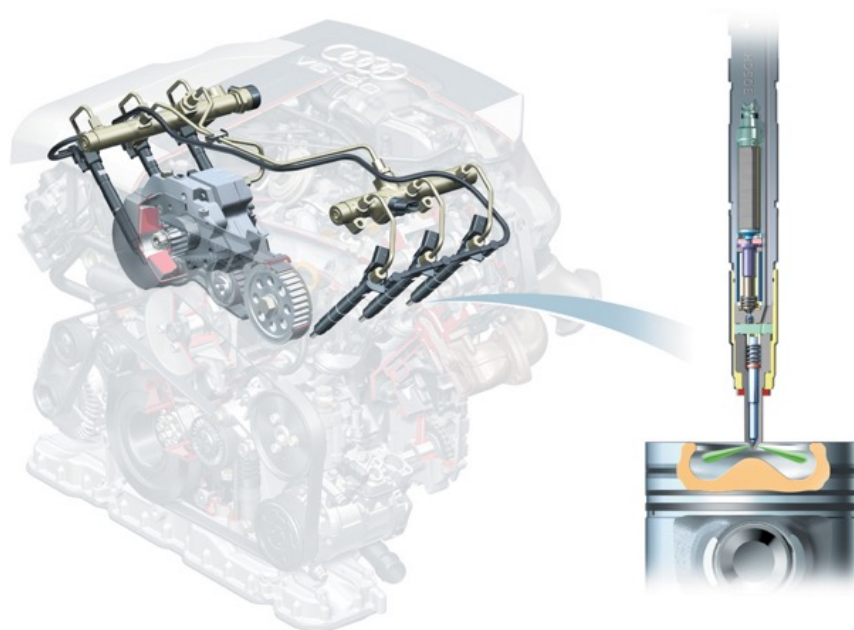
Velký rozmach vstřikovacích systémů nastal záhy po uvedení prvního sériově vyráběného osobního vozu se vznětových motorem, byl to Mercedes-Benz 260D a svou premiéru oslavil v roce 1936. Na stejný výkon mu dostačovalo o třetinu méně paliva než pro zážehový model. Prodeje byly zpočátku zklamáním, konkurenceschopnost oproti zážehovým motorům byla nižší, ale byl to důležitý krok a vznětové motory v poválečných letech nabyly pro osobní automobily většího významu. Jedním z předních výrobců a vývojářů v této oblasti se stala společnost Bosch. Do roku 1950 vyrobila až jeden milion čerpadel pro vznětové motory osobních a nákladních automobilů. Díky své rentabilitě a odolnosti v těžkých jízdních podmínkách popularita těchto systémů významně rostla.

V roce 1960 představila společnost Bosch první rotační vstřikovací čerpadlo. Bylo lehčí a kompaktnější než stávající řadová čerpadla a dláždilo cestu vznětových motorům v osobních automobilech. Toto konstrukční řešení se stalo trendem poloviny 70. let minulého století, kdy se objevilo i v kompaktních třídách osobních automobilů, které tak disponovali vysokými otáčkami, a přesto byly zároveň hospodárné díky distribučnímu podávacímu čerpadlu. Úspěchů se dosáhlo i ve spojení s turbodmychadly, kdy se vznětové motory dostaly i do sportovních modelů osobních automobilů. Rotační vstřikovací čerpadla tak byla použita v mnoha masových modelech.

V roce 1986 uvedla společnost Bosch na trh první elektronické řídicí systémy pro svoje rotační a řadová vstřikovací čerpadla. Byl to začátek elektronické éry vznětových modelů. Jedním z prvních výrobců automobilů, kteří používali elektronicky řízená čerpadla se stalo mnichovské BMW. Nabízelo nejrychlejší sériově vyráběné vozidlo se vznětovým motorem své doby.

V roce 1989 změnilo vznětový motor první axiální pístové čerpadlo pro přímé vstřikování nafty. Tato nová technologie umožnila přímé vstříknutí nafty do válce pod tlakem téměř 1000 bar, což vedlo k efektivnějšímu spalování. Z toho plynul lepší výkon a kultivovanost chodu spolu s nízkou spotřebou paliva a nižšími emisemi.

V druhé polovině 90. let minulého století zaznamenaly vznětové motory další vzestup díky vývoji třech různých systémů vysokotlakého vstřikování. V roce 1996 rotační čerpadlo s radiálními písty. V roce 1997 systém Common Rail a v roce 1998 systém čerpadlo-tryska. Ze všech dostupných alternativ se nakonec jako přednostní řešení prosadila technologie vstřikování Common Rail, která je zobrazena na obrázku 5 Tento systém vůbec poprvé umožňoval mnohonásobné vstřikování. Společnost Bosch vyrobila milion systémů Common Rail jen rok po zahájení výroby a třech milionů dosáhla v roce 2000. V roce 2009 to už bylo přes padesát milionů těchto systémů. (Motofocus, 2011)



Obr. 5: Vstřikovací systém Common Rail pro osobní automobil Audi
Zdroj: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/common-rail/>

4.2 Rozdělení vstřikovacích systémů

Vstřikovací systémy vznětových motorů se liší podle způsobu vytváření tlaku v systému. Ten vytváří vstřikovací čerpadlo. Vstřikovací čerpadla můžeme rozdělit podle typu jejich konstrukce a charakteristických prvků na:

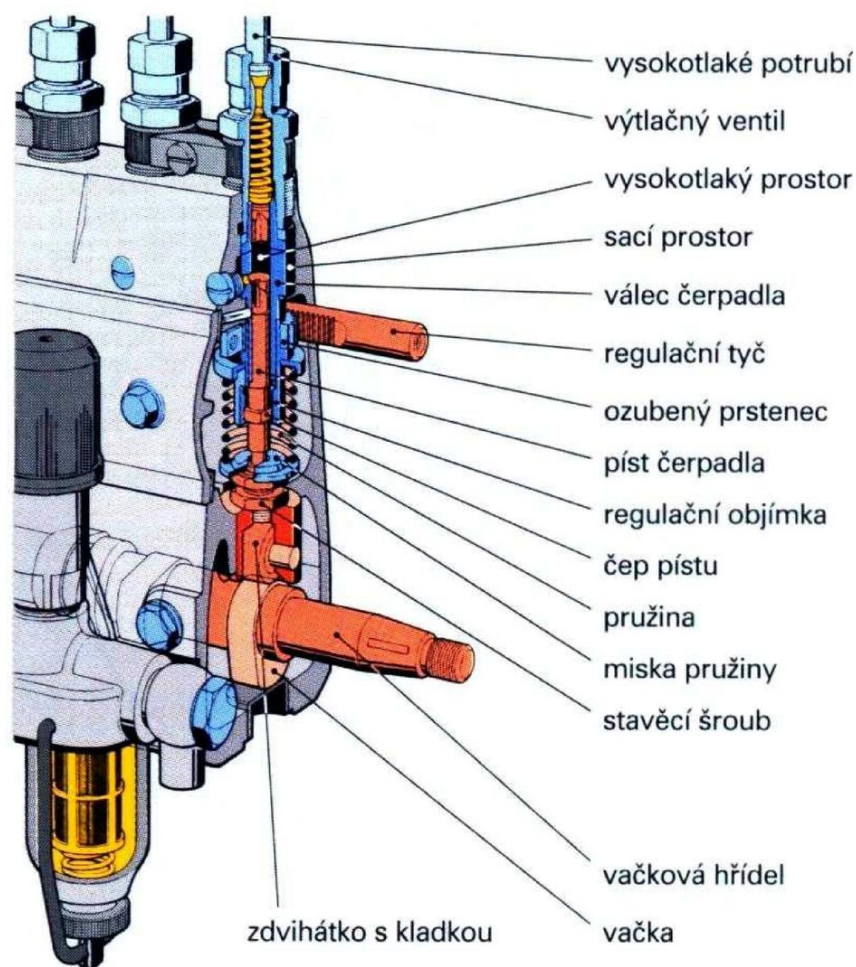
- Čerpadla se samostatnou vstřikovací jednotkou pro každý válec motoru (řadová vstřikovací čerpadla, sdružené nebo samostatné vstřikovací jednotky)
- Čerpadla s jednou společnou vstřikovací jednotkou (rotační vstřikovací čerpadla s axiálním pístem nebo radiálními písty)
- Čerpadla se společným vysokotlakým zásobníkem (systém Common Rail)

4.3 Řadová vstřikovací čerpadla

Jemnému rozptýlení paliva se u řadových vstřikovacích čerpadel dosahuje pomocí samostatných pístových čerpadel, která jsou pro jednotlivé válce umístěna v řadě v jednom tělese čerpadla. Jednotlivá tělesa čerpadla, které jsou v řezu zobrazeny na obrázku 7, se skládají z válce a pístu. Píst se pohybuje ve směru dodávky paliva působením vačkového hřídele v čerpadle poháněného motorem a vrací se do výchozí polohy působením tlaku pružiny pístu. Řízení čerpadla může být jak mechanické, které je zobrazeno na obrázku 6, tak elektronické. (FERENC, 2004)



Obr. 6: Řadové vstřikovací čerpadlo vznětového motoru
Zdroj: <http://www.h-diag.cz/news/motory-zakladni-rozdeleni-car/>



Obr. 7: Konstrukce vstříkovací jednotky řadového čerpadla v řezu
 Zdroj: <http://docplayer.cz/23768276-Pri-teo-po-f-palivova-soustava-vznetove-homotoru-radova-vstrikovaci-cerpadla-konstrukce-1-12.html>

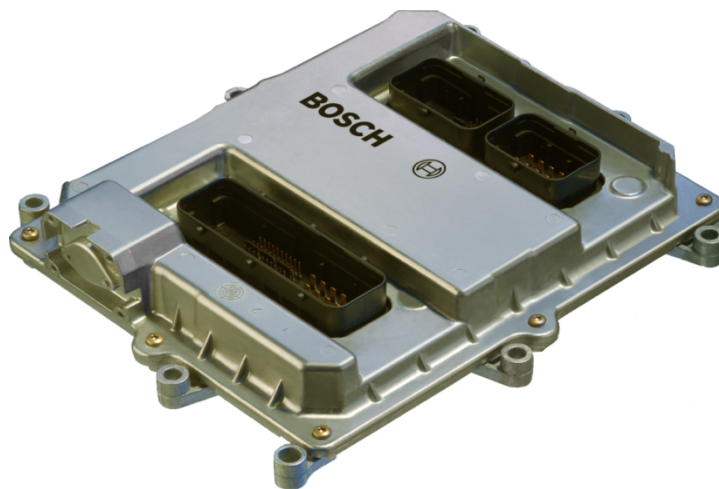
4.3.1 Mechanická regulace řadového vstříkovacího čerpadla

Regulace dávky paliva je u tohoto typu čerpadla prováděna pootočením pístu, které je řízené mechanicky regulační tyčí. Tím se mění regulační zdvih a tedy i vstříkované množství. Nastavení regulační tyče je ovládáno polohou plynového pedálu a dále usměrňováno regulátorem otáček přes tyčové ústrojí. Zdvih pístu je neměnný. Jako využitelný zdvih lze označit dráhu pístu mezi uzavřením a otevřením sacího otvoru.

V době, kdy uzavře horní hrana pístu, při pohybu pístu, sací otvor začíná tvorba vysokého tlaku. Tento okamžik se nazývá počátek dodání paliva. Píst se nadále pohybuje vzhůru, tím se zvýší tlak paliva, tryska se otevře a palivo je vstříknuto do spalovacího prostoru. Šikmo v pístu je umístěna řídicí hrana, která když uvolní sací otvor může palivo odtékat a tlak poklesne. Při poklesu tlaku ve vstřikovacím potrubí se jehla trysky se uzavře a vstřik je ukončen. (HROMÁDKO, 2011)

4.3.2 Elektronická regulace řadového vstřikovacího čerpadla

K dosažení lepších vstřikovacích vlastností bylo zapotřebí k vstřikování připojit elektronický člen, který by zlepšil parametry vstřikovacího cyklu. Změnou u řadových vstřikovacích čerpadel byla náhrada mechanických otáčkových regulátorů za elektronické. (FERENC, 2004) Elektronická regulace spočívá v nahrazení mechanického ovládní regulační tyče vstřikovacího čerpadla lineárním elektromagnetem, který je přímo upevněn na vstřikovacím čerpadle. Součástí už musí být elektronická řídicí jednotka, vidět jí můžeme na obrázku 8, která přivádí signál do elektromagnetického ovladače množství paliva. Dle signálů z řídicí jednotky dochází ke změnám polohy regulační tyče, písty čerpadlových článků se pootočí a vstřikovaná dávka paliva koresponduje s provozním stavem motoru, ten je sledován snímači neelektrických veličin. Počátek vstřikování je řízen zpravidla shodně jako při mechanické regulaci těchto čerpadel.



Obr. 8: řídicí jednotka vstřikovacího čerpadla Bosch

Zdroj: <http://press.bosch.cz/autoprislusenstvi/EDC>

4.4 Rotační vstřikovací čerpadla

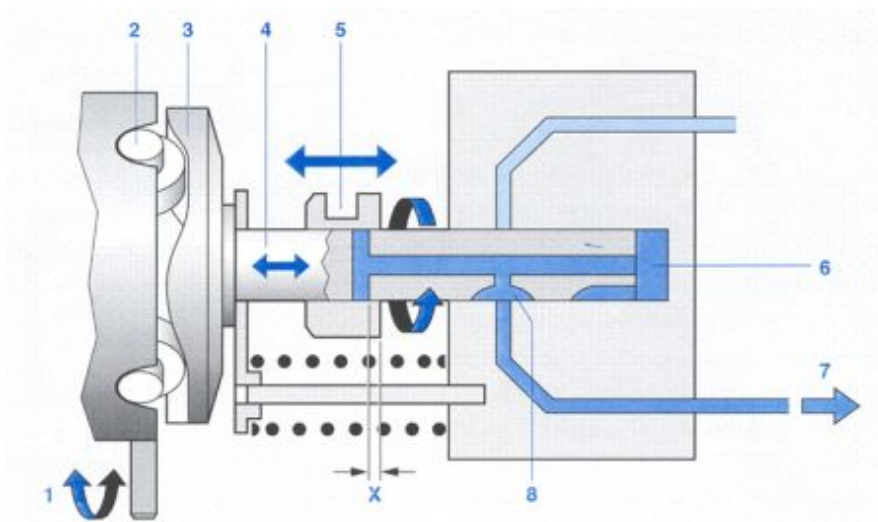
S dalším vývojem vstřikovacího systému se výrobci snažili přizpůsobit požadavkům na menší zastavovací rozměry a snížení hmotnosti vstřikovacích čerpadel. Pro použití u rychloběžných vznětových motorů osobních a nákladních vozidel tyto parametry začali splňovat právě rotační vstřikovací čerpadla. Zpravidla bývá rotační čerpadlo poháněno rozvodovým mechanismem motoru. Jejich vstřikovací jednotka dodává palivo současně všem válcům motoru. Pomocí rozdělovacího pístu dojde k rozdělení paliva k jednotlivým vstřikovacím tryskám. Podle pohybu pístu je můžeme čerpadla s axiálním pohybem (s jedním pístem) a s radiálním pohybem (se dvěma až čtyřmi písty).

4.4.1 Rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem

Na rozdíl od řadových vstřikovacích čerpadel dopravuje tento typ čerpadla dávku paliva pro všechny válce jedním vysokotlakým prvkem a pak jí přiděluje v pořadí vstřiků k jednotlivým válcům. Prvkem je jeden vysokotlaký píst. Čerpadlo tvoří celek spojený z více komponentních částí, kterými jsou podávací čerpadlo, vysokotlaké čerpadlo, otáčkový regulátor i přesuvník vstřiku. Rotující centrální rozdělovací píst otevírá a zavírá drážku a řídicí kanály a přebírá tak rozdělování do jednotlivých válců motoru. Trvání doby vstřiku lze měnit regulačním šoupátkem nebo vysokým elektromagnetickým ventilem. Za hlavní výhodu lze pak považovat nízkou hmotnost, nezávislost na mazacím systému motoru vozidla, celkovou kompaktní konstrukci a vhodné podmínky pro elektronickou regulaci čerpadla. (FERENC, 2004)

Rotující axiální vačka je poháněna motorem. Počtu válců motoru musí odpovídat i počet výstupků vačky na dolní straně axiální vačky. Nafta uvnitř čerpadla je již pod určitým tlakem, zároveň čerpadlo chladí a maže. Vačky se odvalují po kladkách unášeče a u rozdělovacího pístu tak vyvolávají kromě točivého pohybu také zdvihový pohyb. Během jedné otáčky hnacího hřídele udělá píst tolik zdvihů

jako je počet válců motoru, kterým je potřeba dodat palivo. Tento princip je vidět na obrázku 9. (HROMÁDKO, 2011)

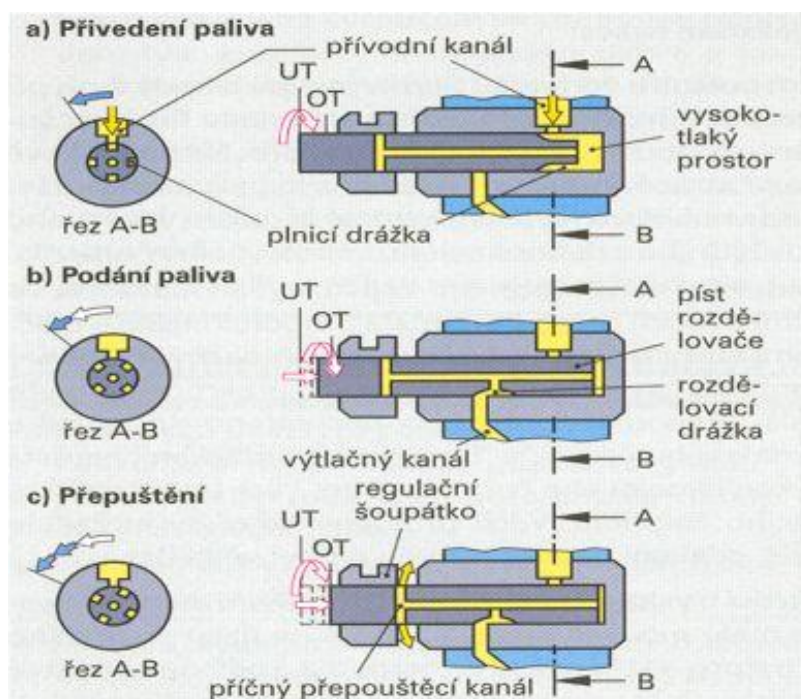


Obr. 9: Princip činnosti rotačního vstřikovacího čerpadla s axiálním pístem

Zdroj: HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory*. Praha: Grada, 2011

Popis obrázku 9: 1 – dráha přesuvníku s unášečem kladek, 2 – kladka, 3 – čelní vačka, 4 – axiální píst, 5 – regulační šoupátko, 6 – vysokotlaký prostor, 7 – vývod paliva ke vstřikovací trysce, 8 – řídicí drážka, X – užitný zdvih

U rotačního vstřikovacího čerpadla s axiálním pístem, řízeného hranou s mechanickým odstředivým regulátorem otáček nebo s elektronickým regulátorem, určuje využitelný zdvih regulační šoupátko, které takto dávkuje vstřikované množství. Na obrázku 10 vidíme princip činnosti rozdělovače paliva ve třech fázích: a) přivedení paliva, b) podání paliva, c) přepuštění.

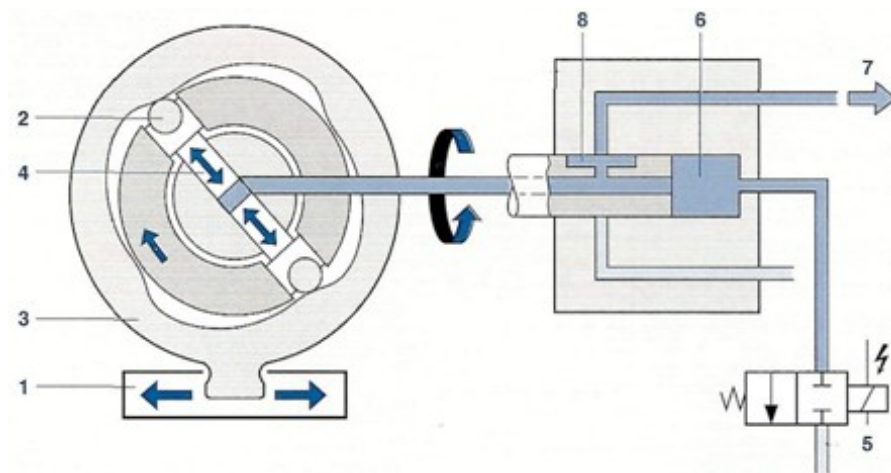


Obr. 10: Princip a popis činnosti rozdělovače paliva v řezu.
Zdroj: <http://net-auto.cz/moodle/cerpadla>

4.4.2 Rotační vstříkovací čerpadlo s radiálními písty

Rostoucí požadavky na snížení emisí výfukových plynů se promítly i v nutnosti zvýšení vstříkovacích tlaků. U rotačních čerpadel s axiálním pístem již nebyly tlaky dostačující. Vyšších vstříkovacích tlaků u rotačních čerpadel lze dosáhnout použitím radiálních pístů.

Místo axiální vačky u čerpadel s axiálním pístem přebírá vytváření vysokého tlaku čerpadlo s radiálními písty a s vačkovým prstencem. Mají dva až čtyři písty. Čerpadla s radiálními písty mohou dosáhnout vyšších vstříkovacích tlaků, řádově až 180MPa, než čerpadla s axiálním pístem. Musí však vykazovat vyšší mechanickou pevnost. Princip činnosti tohoto čerpadla je zobrazen na obrázku 11. Vačkový prstenec se může otáčet působením přesuvníku vstříku. Počátek vstříku a trvání vstříku jsou řízeny výhradně elektromagnetickým ventilem. (HROMÁDKO, 2011)



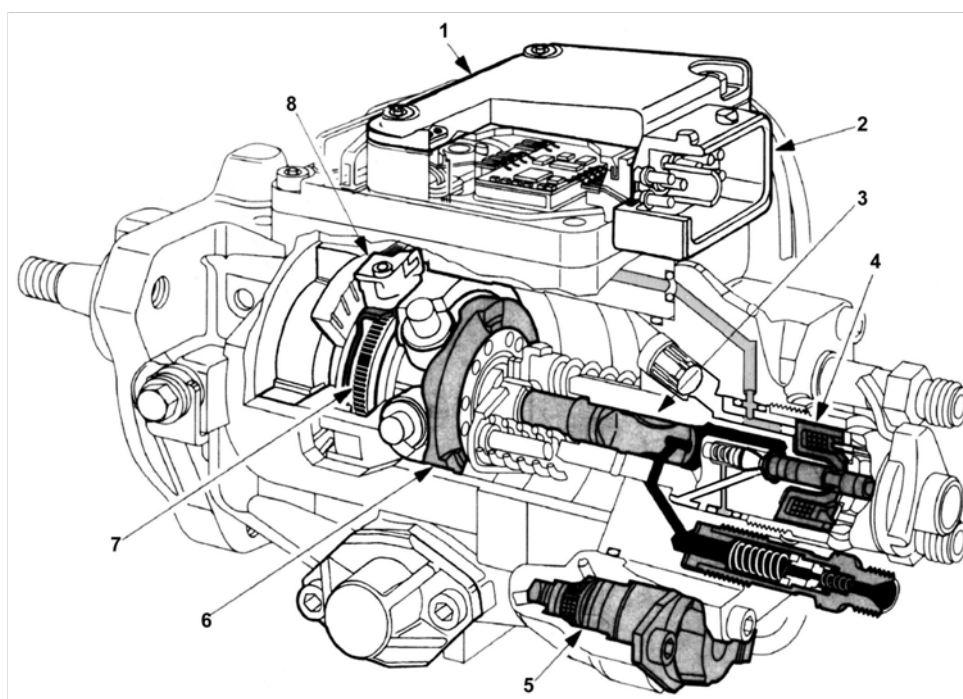
Obr. 11: Princip činnosti rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními písty
Zdroj: HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory*. Praha: Grada, 2011

Popis obrázku 11: 1 – dráha přesuvníku vstřiku na unašeči s kladkami, 2 – váleček, 3 – vačkový prstenec, 4 – radiální píst, 5 – vysokotlaký elektromagnetický ventil, 6 – vysokotlaký prostor, 7 – přítok paliva k vstřikovací trysce, 8 – řídicí drážka

S hnacím hřídelem vstřikovacího čerpadla je spojen rotor podávacího čerpadla, jehož úkolem je dodávat palivo z nádrže do vstřikovacího čerpadla již pod tlakem, který je nutný k správné činnosti vstřikovacího čerpadla. K radiálním pístům probíhá přívod paliva přes rotor rozdělovače, který je pevně spojen s hřídelí vstřikovacího čerpadla. Centrální vývrt se nachází v ose rotoru rozdělovače a propojuje vysokotlaký prostor radiálních pístů s příčnými vývrty pro přívod paliva od podávacího čerpadla a pod vysokým tlakem pro odvod paliva k vstřikovacím tryskám jednotlivých válců. V době spojení průřezu příčného vývrtu rotoru a kanálků ve statoru čerpadla dojde k odvodu paliva. Škracením průtoku paliva proudícího od podávacího čerpadla k vysokotlaké části dochází k regulaci vstřikovaného množství paliva. (FERENC, 2004)

4.4.3 Elektronická regulace rotačních vstřikovacích čerpadel

Při elektronické regulaci rotačních čerpadel se využívá dvou způsobů. První regulace spočívá v nahrazení klasické mechanické regulace elektromagnetickým prvkem. Regulace dodávaného množství je stále řízena regulační hranou. Tento způsob regulace se hojně využívá u rotačních čerpadel s axiálním pístem. Druhý způsob regulace je založen na vysokotlakém elektromagnetickém ventilu umístěném na výstupu vstřikovacího čerpadla, který řídí množství paliva ke vstřikovačům. Některá rotační čerpadla s axiálním pístem mohou být řízena tímto způsobem (obrázek 12). Rotační čerpadla s radiálními písty jsou takto řízena všechna. (HROMÁDKO, 2011)



Obr. 12: Popis rotačního vstřikovacího čerpadla s axiálním pístem v řezu řízeného elektromagnetem

Zdroj: <http://net-auto.cz/moodle/cerpadla>

Popis obrázku 12: 1 – řídicí jednotka čerpadla, 2 – připojovací konektor, 3 – rozdělovací hlava, 4 – elektromagnetický ventil, 5 – magnetický ventil přesuvníku vstřiku, 6 – vačkový kotouč, 7 – impulzní kolo, 8 – snímač úhlu natočení

Elektronicky řízený elektromagnetický ventil reguluje změnu počátku vstřiku a také velikost vstřikovaného množství paliva. V době kdy je elektromagnetický ventil uzavřen tvoří se ve vysokotlakém prostoru tlak, jakmile je ventil otevřen, palivo odtéká, není vytvořen žádný tlak a nedojde ke vstřiku paliva. Řídící a regulační signály vytváří řídicí jednotka motoru a čerpadla. Řídící jednotka čerpadla (obrázek 13) ovládá vysokotlaký elektromagnetický ventil a řídí velikost vstřikované dávky paliva. Dle požadavků řídicí jednotky motoru si nastavuje parametry řídicí jednotka čerpadla. Mezi řídicími jednotkami funguje komunikace pomocí sběrnice CAN. (HROMÁDKO, 2011)

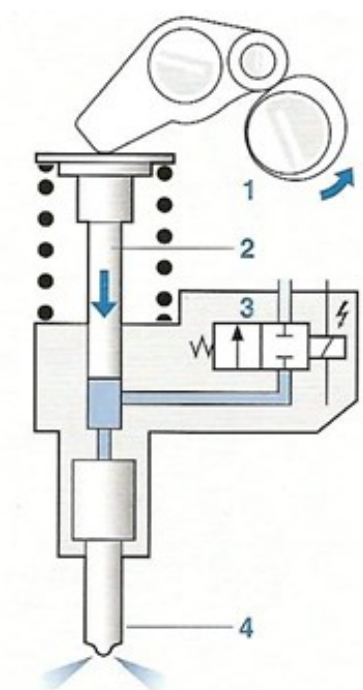


Obr. 13: Pohled na řídicí jednotku rotačního vstřikovacího čerpadla
Zdroj: <http://motofocus.cz/vyrobci/1073,bosch-automobilu-se-vznetovym-moto-rem-je-75-let-fotografie>

4.5 Sdružená vstřikovací jednotka UIS – Unit Injector System

Sdružená vstřikovací jednotka UIS (Unit Injector System) v češtině nazývaná jako jednotka čerpadlo-tryska z původního německého názvu Pumpdüse (PD). Tento systém vstřikování nevyužívá vstřikovací čerpadlo a vysokotlaké potrubí, které bývá nejchoulostivějším článkem mezi vstřikovacím čerpadlem a vstřikovači. U systému UIS tvoří vstřikovací čerpadlo a vstřikovací tryska jednu jednotku

(obrázek 14). Pro každý válec motoru je v hlavě válce vestavěna jedna jednotka. Ta je poháněna přímo přes zdvihátko nebo nepřímo přes vahadlo od vačkového hřídele motoru. Tím, že není nutné použít žádná vysokotlaká vedení, je možné dosáhnout podstatně vyššího vstřikovacího tlaku, až 220 MPa, čehož řadová nebo rotační vstřikovací čerpadla nedosahují. Vstřik je vypočten řídicí jednotkou a řízen otevřením a zavřením vysokotlakého elektromagnetického ventilu. Motory s tímto systémem vstřikování také produkují nižší obsah škodlivých plynů, což je jeden z hlavních aspektů pro zvyšování vstřikovacího tlaku. (HLAVŇA, 2007)



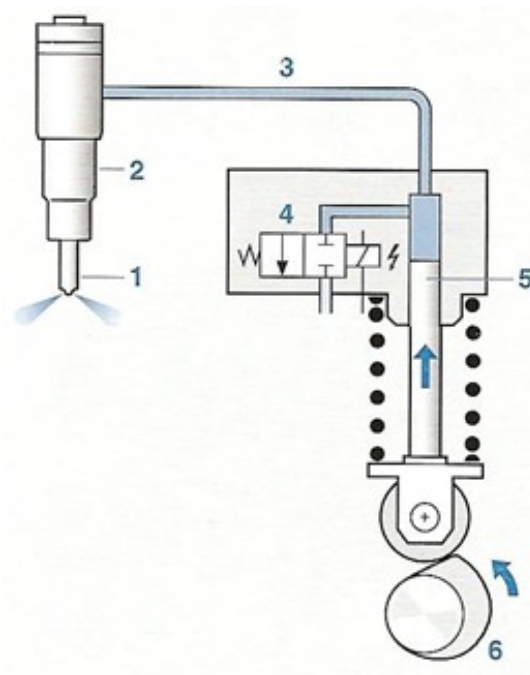
Obr. 14: Vstřikovací jednotka UIS (PD)
Zdroj: HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory*. Praha: Grada, 2011

Popis obrázku 14: 1 - hnací vačka, 2 - píst čerpadla, 3 - vysokotlaký elektromagnetický ventil, 4 - vstřikovací tryska

4.6 Sdružený vstřikovací systém UPS – Unit Pump System

Na stejném principu jako UIS také pracuje stavebnicový systém vstřikování UPS (Unit Pump System) v češtině nazývaný jako systém čerpadlo-vedení-tryska z původního německého názvu Pump Leitung Düse (PLD). Tento systém je zobrazen na obrázku 15. Na rozdíl od systému UIS jsou kombinace držáku trysek a vstřikovací čerpadlo propojeny krátkým vysokotlakým vedením, které je přesně přizpůsobeno komponentám systému. Toto oddělení vytváření vysokého tlaku od držáku trysek umožňuje jednodušší montáž k motoru. Vždy jedna vlastní vstřikovací jednotka (vstřikovací čerpadlo, vedení a držák trysky) náleží každému válci motoru. Jednotka je poháněna od vačkového hřídele motoru.

Také u systému Unit Pump jsou doba vstřiku a počátek vstřiku regulovány elektronicky, pomocí rychle spínajícího vysokotlakého elektromagnetického ventilu. Elektronická regulace sdruženého vstřikovacího systému je stejná jako u sdružené vstřikovací jednotky. (HROMÁDKO, 2011)



Obr. 15: Vstřikovací jednotka UPS (PLD)
Zdroj: HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory*. Praha: Grada, 2011

Popis obrázku 15: 1 – vstřikovací tryska, 2 – kombinace držáku trysky, 3 – vysokotlaké vedení, 4 – vysokotlaký elektromagnetický ventil, 5 – píst čerpadla, 6 – hnací vačky

4.7 Vstřikovací systém s tlakovým zásobníkem – systém Common Rail

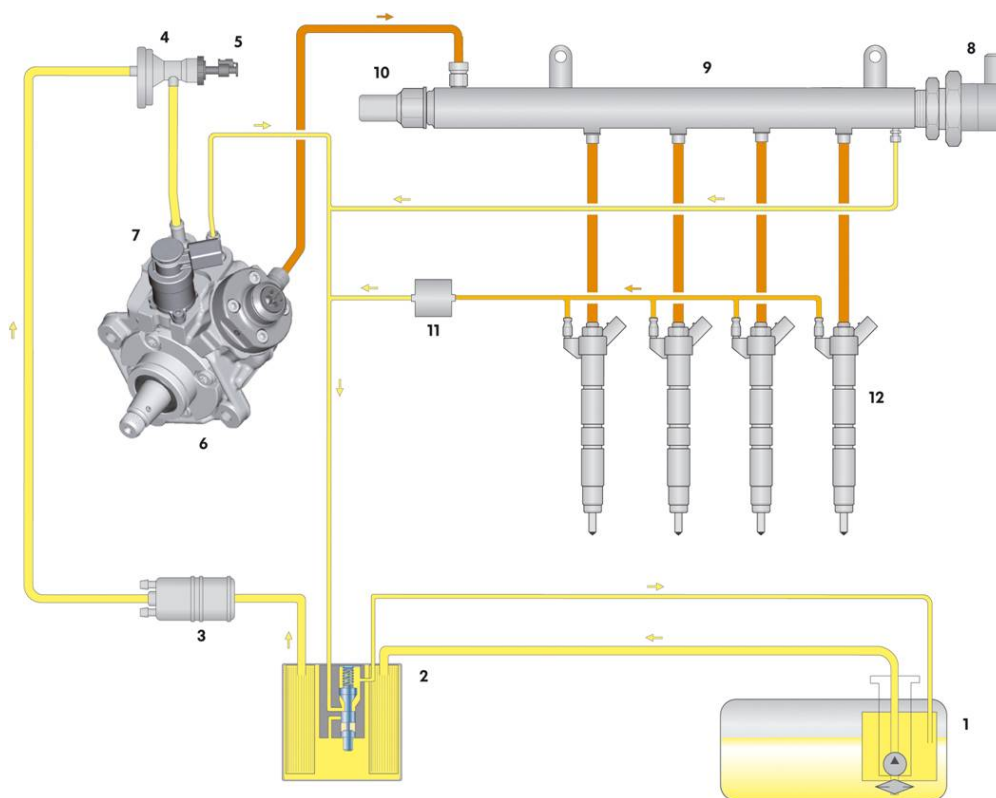
Vstřikovací systém Common Rail je v současné době nejrozšířenější a nejmodernější systém vstřikování paliva u vznětových motorů. Pohled na vstřikování paliva je vidět na obrázku 16. Umožňuje velké množství přizpůsobení dle každého jízdního stavu. Variabilitou vstřikovacích tlaků a okamžiku tlaku přispívá k přizpůsobení jízdním stavům. Právě tato schopnost pružně se přizpůsobit umožňuje systému dosáhnout vyššího výkonu, snížení hlučnosti, výfukových emisí škodlivin a snížení spotřeby paliva.



Obr. 16: Vstřikování systému Common Rail
Zdroj: <https://www.audi-technology-portal.de>

Palivová soustava se skládá z vysokotlakého čerpadla a zásobníku paliva, který je společný pro všechny válce. Přívod paliva pro vysokotlaké čerpadlo zajišťuje elektrické podávací nebo zubové čerpadlo, či kombinace obou těchto čerpadel.

Palivo je dopravováno vysokotlakým čerpadlem do zásobníku, tlak v zásobníku je přibližně 200MPa v závislosti na typu a provedení. Ze zásobníku je palivo rozvedeno k jednotlivým vstřikovačům. Celý proces vstřikování paliva je řízen elektronicky pomocí elektromagnetických ventilů umístěných ve vstřikovačích. Palivo je přesně dávkováno podle zatížení motoru tak, jak určí program řídicí jednotky, ta vše průběžně vyhodnocuje. Systém Common Rail, jehož schéma je vidět na obrázku 17, pracuje s takzvaným předvstřikem malého množství paliva, který předchází hlavnímu vstřiku, po hlavním vstřiku ještě může následovat dodatečný vstřik. Takto flexibilní řešení zajišťuje výborné využití vysokého tlaku paliva. (HINRICHSSEN, 2004)



Obr. 17: Schéma vstříkovacího systému Common Rail CP4
Zdroj: Prezentace BOSCH, Robert Bosch odbytová s.r.o., 2010

Popis obrázku 17: 1 – elektrické palivové čerpadlo, 2 – palivový filtr s předehřevem, 3 - elektrické podávací čerpadlo, 4 – filtrační vložka, 5 – snímač teploty paliva, 6 – vysokotlaké čerpadlo, 7 – ventil dávkování paliva, 8 – ventil regulace tlaku 9 – rail - zásobník, 10 – snímač tlaku v railu, 11 – ventil protitlaku, 12 – vstříkovací ventily

Díky vysokému a stálému tlaku paliva v potrubí je palivo lépe rozptýleno ve válci a směs lépe hoří. Tím je dosaženo vyšší účinnosti pracovního cyklu motoru. Výhoda motorů s vysokotlakým přívodem paliva je vyšší výkon, zvýšení točivého momentu a snížená spotřeba paliva. Motory s Common Rail systémem se vyznačují svým kultivovanějším a tišším chodem. Ke známým výrobcům vstříkovacích systémů Common Rail patří zejména firmy BOSCH, CONTINENTAL (SIEMENS), DELPHI a DENZO.

System Common Rail postupem času provázelo několik inovačních milníků, které přispěli ke zlepšení všech parametrů, zejména vyššího vstřikovacího tlaku. Rozdělení tvoří generační stupně systému. Jednotlivé generace se liší v typu vysokotlakých čerpadel, způsobu regulace tlaku a použitím určitého typu vstřikovačů. Rozdělení je vidět v tabulce 1.

Tab. 1: Generace systému vstřikování Common Rail (BOSCH, 2005)

Generace	Maximální tlak	Vysokotlaké čerpadlo	Vstřikovač
1. Generace	150 MPa	CP1 – regulace tlaku na straně vysokého tlaku regulačním tlakovým ventilem	Vstřikovač s elektromagnetickým ventilem
2. Generace	190 MPa	CP2 – regulace tlaku na straně sání s dvěma elektromagnetickými ventily	Vstřikovač s elektromagnetickým ventilem
3. Generace	200 MPa	CP3 – Dávkovací jednotka (škrťací ventil)	Piezoelektrický vstřikovač inline
4. Generace	250 MPa	CP4 – regulace množství na straně sání s dávkovací jednotkou	Hydraulicky posilovaný vstřikovač

V současné době je nejmodernější 4. Generace, kde se úplně poprvé objevil hydraulicky posilovaný vstřikovač paliva. Vstřikovač označovaný jako HADI (Hydraulically Amplified Diesel Injector) pracuje s převodovým pístem, který zvyšuje stávající tlak v systému, a umožňuje tak vstřikovací tlak do 250MPa. Tato technologie umožňuje pracovat v systému Common Rail i s výrazně nižším tlakem a vytvářet požadovaný maximální tlak teprve ve vstřikovači. (HROMÁDKO, 2011)

Tento systém také přispívá k dalšímu snížení emisí škodlivin. Speciálním geometrickým dimenzováním není palivo vstřikováno rázem, ale zvyšujícím se tlakem. Tím vzniká mnohem příznivější průběh vstřikování. Zlepšuje se tedy příprava zápalné směsi a zabraňuje tomu, aby nedokonalým spalováním vznikaly usazeniny sazí a karbon. Systém stejně tak umožňuje vícenásobné vstřikování, které přispívá k regeneraci filtru pevných částic. (HROMÁDKO, 2011)

5 Vlastnosti a parametry motorové nafty

5.1 Rozdělení a výroba paliv

Rozeznáváme paliva konvenční a nukleární. Paliva konvenční uvolňují tepelnou energii na základě chemické reakce, především na základě oxidace. Palivo můžeme definovat jako látku, která splňuje tyto tři hlediska: energetické, ekonomické a ochrany životního prostředí.

Z hlediska skupenství je možno paliva rozdělit do tří skupin:

- paliva tuhá (dřevo, uhlí, kokos, rašelina)
- paliva kapalná (ropa, benzín, motorová nafta, topné oleje, mazut, syntetický benzín)
- paliva plynná (zemní plyn, bahenní plyn, svítiplyn, generátorový plyn apod.)

Práce se zabývá kategorií paliv kapalných, konkrétním palivem vznětového motoru je motorová nafta vyráběná z ropy. Ropa je hnědá až černá olejovitá kapalina s hustou menší než voda. Je směsí alkanů, cykloalkanů a arenů, jejichž vzájemný poměr se různí podle místa výskytu. Některé ropy obsahují větší množství dusíkatých a sirných látek, které ztěžují jejich chemické zpracování. Po odstranění vody a hrubých příměsí se ropa zpracovává kontinuálně v destilačních kolonách. Výsledkem je získání různých druhů frakcí, pro vznětové motory je výslednou frakcí plynový olej (motorová nafta), tato frakce se ještě dále krakuje. Krakování, jedno z nejvýznamnějších petrochemických procesů, je složitý chemický děj značného technologického významu, uskutečňovaný bez přítomnosti kyslíku.

Kapalná paliva je možno rozdělit dále dělit do tří skupin:

- paliva uhlovodíková
- paliva neuhlovodíková
- paliva pro speciální účely

Největší význam mají paliva uhlovodíková, která dělíme podle distančního rozmezí a patří do nich skupina plynových olejů, jejichž hlavní složkou jsou motorové nafty. (ZEHNÁLEK, 2005)

5.2 Palivo pro vznětové motory – Motorová nafta

Motorová nafta se z hlediska výroby řadí mezi střední ropné destiláty. V hospodářsky vyspělých zemích se tato komodita řadí na nejvýznamnější pozice s ohledem na rozsah jejího použití. V Evropě je to nejrozšířenější palivo pro dopravní účely. Využití nachází jako palivo pro rychloběžné vznětové motory u osobních, nákladních motorových vozidel a autobusů, ale i jako palivo v železniční a lodní dopravě a pro pohon zemědělských strojů. Se vzrůstajícím počtem vznětových motorů se však zvyšuje i množství škodlivých emisí z výfukových plynů těchto motorů.

Přírůstek osobních i nákladních automobilů poháněných motorovou naftou se každoročně stále zvyšuje. V současné době již na pokrytí spotřeby motorové nafty nestačí pouze zdroje poskytované prostou destilací ropy, ale stále častěji jsou k výrobě používány složky pocházející z konverze frakcí původně sloužících k výrobě topných olejů. Tyto konverzní procesy zahrnují krakování a hydrokrakování. (Petroleum.cz, 2012)

Za jakostní ukazatel u nás platí norma, která stanovuje požadavky na parametry motorové nafty dle ČSN EN 590. V minulých letech se vedle významných změn ve spotřebě motorové nafty významně změnila i jakostní parametry a složení. Nejvýznamnější změnou v jakosti bylo snížení obsahu síry z 1000 mg/kg v roce 1993 na dnešních 10 mg/kg. Změna ve složení je povinnost nahradit část fosilní složky v naftě biopalivy. Tato povinnost je dána zákonem o ochraně ovzduší. Od 1. 9. 2007 byla tuzemskou legislativou stanovena povinnost užívat v motorové naftě biopaliva (MĚŘO – methylestery řepkového oleje nebo FAME – methylestery mastných kyselin). Současná legislativní povinnost je náhrada 6,0 % fosilní biosložky motorové nafty MĚŘO/FAME. Pro jakostní ukazatele dle ČSN

EN 590 Motorová paliva – Motorové nafty platí technické požadavky a metody zkoušení, které umožňují dodávat na trh motorovou naftu s obsahem biosložky maximálně 7 % objemu. (Petrolmedia, 2013)

V tuzemsku se jako biosložka převážně používají MEŘO. Toto palivo se běžně označuje B7. Dle další platné normy ČSN 65 6500 Motorová paliva – Podmínky skladování a doporučená doba použitelnosti jsou stanoveny speciální podmínky pro skladování a dobu upotřebitelnosti. Splnění podmínek vyplývajících z normy má zaručit bezporuchový chod motoru. Některé motorové nafty neobsahují biosložku. Může se jednat o nafty určené pro arktické podmínky či určité druhy prémiových naft, jež mají dle každého výrobce individuální aditivaci pro zlepšení vlastností nafty. (Petrolmedia, 2013)

5.2.1 Parametry motorové nafty dle platné normy

Požadavky na kvalitu motorových naft pro nejbližší budoucnost specifikuje evropská norma EN 590, do které jsou v plném rozsahu implementovány všechny požadavky směrnice 98/70/EC, ve znění směrnice 2003/17/EC. Tato evropská norma je převzata do systému českých norem. Požadavky na kvalitativní vlastnosti motorové nafty podle platné normy jsou uvedeny v tabulce 2. (Petroleum.cz, 2012)

Tab. 2: Parametry motorové nafty dle ČSN EN 590

Zdroj: (Petroleum.cz, 2012)

Znak jakosti	ČSN EN 590	
	min.	max.
Všeobecné požadavky		
Bod vzplanutí, °C	nad 55	
Karbonizační zbytek, % m/m (vztaženo na 10 % destilační zbytek)		0,30
Obsah popela, % m/m		0,01
Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků, % m/m		8
Obsah vody, mg/kg		200
Obsah celkových nečistot, mg/kg		24
Korozivní působení na měď, stupeň (3 h při 50 °C),		třída 1
Oxidační stabilita, g/m ³		25
Obsah síry, mg/kg		10
Mazivost (wsd 1,4) při 60 °C, μm		460
Obsah FAME, % V/V		7
a) Normální klima – třídy B, D, F:		
CFPP, °C*: třída B (léto) třída D (přechod) třída F (zima)		0 -10 -20
Hustota/15°C, kg/m ³	820	845
Viskozita/40 °C, mm ² /s	2,00	4,50
Cetanové číslo	51	
Cetanový index	46	
Odpař. množství při 250 °C, % V/V		<65
Odpař. množství při 350 °C, % V/V	85	
95 % V/V předestiluje při, °C		360
b) Arktické klima – třída 2:		
CFPP, °C		-32
CP, °C		-22
Hustota/15°C, k g/m ³	800	840
Viskozita/40 °C, mm ² /s	1,50	4,00
Cetanové číslo	48	
Cetanový index	46	
Odpař. množství při 180 °C, % V/V		10
Odpař. množství při 340 °C, % V/V	95	

Na českém trhu se stejně jako ve většině ostatních státech EU distribuuje motorová nafta s rozdílnými nízkoteplotními vlastnostmi v závislosti na ročním období. Pro úpravu těchto vlastností na požadovanou úroveň se využívá celá škála aditiv. Pro zajištění bezporuchového provozu vznětových motorů za silných mrazů se vyrábí arktická motorová nafta s filtrovatelností nižší než $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ a bodem zákalu nižším než $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dělení motorové nafty podle použitelnosti v závislosti na klimatických podmínkách a její distribuce:

- letní motorová nafta – motorová nafta pro mírné klima třídy B v období od 15. 04. do 30. 09. s filtrovatelností nižší než $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- přechodová motorová nafta – motorová nafta pro mírné klima třídy D v období od 1. 3. do 14. 04. a od 1. 10. do 15. 11. s filtrovatelností nižší než $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- zimní motorová nafta – motorová nafta pro mírné klima třídy F v období 16. 11. do 28. 02. s filtrovatelností nižší než $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Kvalitu motorové nafty nejvíce určuje cetanové číslo, které vyjadřuje její vznětovou charakteristiku. Další důležité vlastnosti jsou viskozita, mazací schopnost, vlastnosti za nízkých teplot – filtrovatelnost. Cetanové číslo má u nafty vysoký význam, představuje paralelu k oktanovému číslu u automobilových benzínů pro zážehové motory. Čím vyšší cetanové číslo palivo pro vznětové motory má, tím je kvalitnější. Motor s přímým vstřikováním v takovém případě lépe startuje, má lepší výkon, tišší a hladší chod a také výfukové plyny obsahují méně nežádoucích zplodin hoření. (CSGOLD, 2014)

Motorové nafty jsou s ohledem na svůj ropný původ poměrně komplikovanou směsí alkanických, cyklických a aromatických uhlovodíků s 12 až 22 atomy uhlíku v molekule vroucí v rozmezí cca $180\text{ až }370\text{ }^{\circ}\text{C}$, jejichž vzájemné poměrné zastoupení vyplývá z kvality použité ropy a použitých navazujících technologických procesů.

Palivová směs musí pro to, aby byla použitelná jako palivo pro vznětové motory, splňovat řadu kvalitativních ukazatelů, kterými jsou:

- fyzikální – chemické charakteristiky
- nízkoteplotní vlastnosti
- chemické složení
- detonační vlastnosti
- mazivost
- parametry charakterizující čistotu

(Petroleum.cz, 2012)

Výrobci vstřikovacích systémů se přizpůsobili tuzemským normám pro paliva a vyrábí vstřikovače, čerpadla a další komponenty těchto systémů tak, aby zvládaly pracovat s motorovou naftou zmíněných vlastností a parametrů. Vstřikovače největších světových výrobců jsou zobrazeny na obrázku 18. Spotřebitel by měl vždy ve svém zájmu klást důraz na použití vhodného paliva, který výrobce předepisuje. Mnozí spotřebitelé proto více důvěřují značkovým prémiovým palivům nebo paliva dodatečně vlastní pomocí aditivují. Kvalitně aditivovaná paliva vhodných vlastností mají pozitivní vliv na opotřebení jednotlivých komponentů, tak i na celkový chod vznětového motoru.



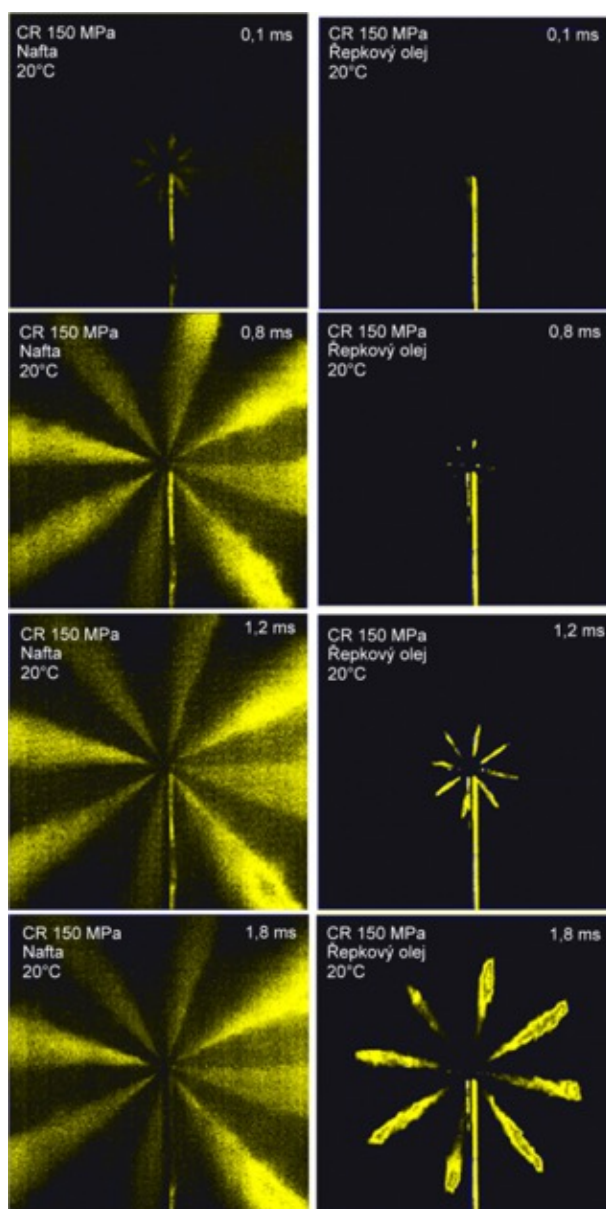
Obr. 18: Vstřikovače světových výrobců pro systém Common Rail
Zdroj: <http://www.auto.cz/dr-diesel-opravy-vstrikovacu-common-railu>

5.2.2 Směsná paliva a čistá biopaliva pro vznětové motory

Na trhu jsou pro vznětové motory k dispozici vysoko koncentrované směsi motorové nafty s MEŘO představované směsným palivem s obsahem min. 30 % MEŘO, obvykle označované B30 a čisté MEŘO/FAME označované jako palivo B100. Zvýhodnění paliva spočívá v daňové úlevě oproti standardní motorové naftě (B7), a je tudíž pro dopravce lukrativní. Vozidla používající palivo B30 však musí být pro tyto účely upravena. Pro skladování a dobu upotřebitelnosti ve zvýšené míře platí ČSN 65 6500. Předpokládá se, že úspěch tohoto paliva na trhu budoucnosti je závislý na daňovém zvýhodnění. Z technického pohledu je jeho místo na trhu především pro nákladní vozidla a stroje v zemědělské výrobě. (Petrolmedia, 2013)

Z pohledu budoucnosti a vývoje biopaliv se předpokládá náhrada dnes používaných biopaliv I. generace (vyrobených z potravinářských surovin) zčásti nebo úplně vyspělými biopalivy vyrobenými z biomasy nepotravinářského užití a biologického odpadu vyrobenými technologickými procesy na bázi rafinérských a chemických technologií. Problém je, že tyto technologie nejsou v ČR k dispozici a do roku 2020 je veškerá biomasa určena pro energetické využití. (Petrolmedia, 2013)

Experimentální zkoušky sledující vliv vstřikovacího tlaku a teploty paliva na vstřikovací poměry u palivové soustavy Common Rail ukázaly, jaký rozdíl je mezi vstřikováním motorové nafty a řepkového oleje při teplotě paliv 20 °C. Jak je vidět na obrázku 19, zřetelně lepší poměry tvorby vstřikovacího paprsku má motorová nafta než řepkový olej. Při vyšších teplotách řepkového oleje není vliv vstřikovacího tlaku u palivové soustavy Common Rail tak výrazný, jako při nižších teplotách. Tento úkaz prokazuje, že nadměrné množství řepkového oleje v naftě má horší vlastnosti na průběh vstřikování, hlavně za nízkých teplot.



Obr. 19: Průběh vstřikování motorové nafty (vlevo) a řepkového oleje (vpravo), vstřikovací tlak 150 MPa při teplotě paliv 20 °C, palivová soustava Common Rail

Zdroj: ŠMERDA, Tomáš a další. *Vznětové motory vozidel: biopaliva, emise, traktory*. Brno: CPress, 2013.

6 Emise vznětových motorů

V evropských zemích roste v posledních letech ekologické uvědomění veřejnosti, které se projevuje tlakem na výrobu "ekologicky čistých" motorových paliv, tj. paliv co nejméně zatěžujících životní prostředí. Zvláště devadesátá léta minulého století lze charakterizovat převratem v ekologickém posuzování motorových paliv ve vyspělých zemích světa.

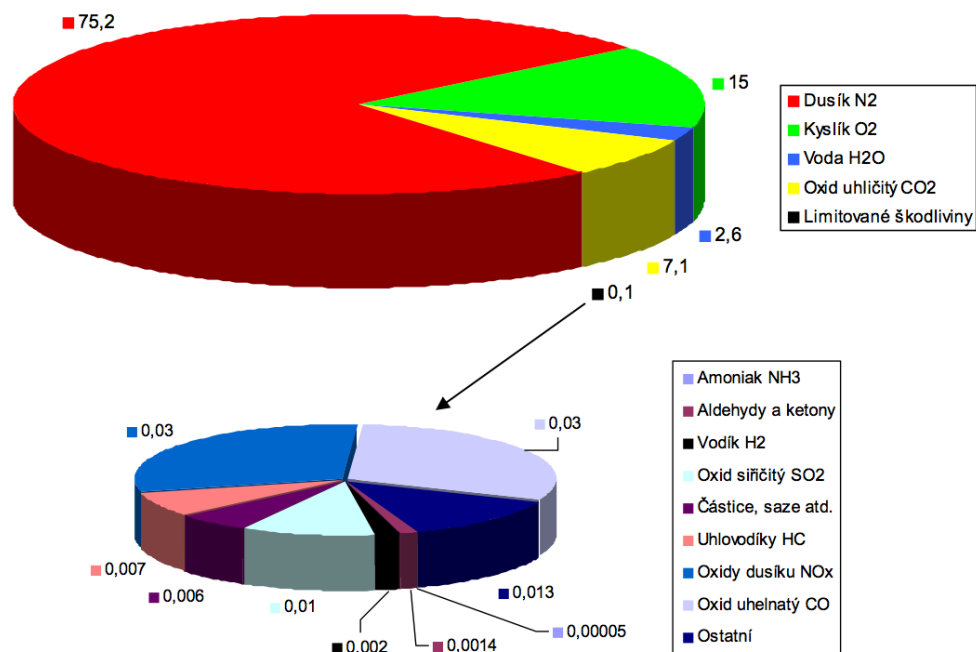
Zpřísnování emisních limitů v celosvětovém měřítku od začátku devadesátých let a hlavně zavedení nových emisních předpisů limitujících obsah pevných částic, nespálených uhlovodíků, oxidu uhelnatého, oxidu siřičitého, oxidů dusíku a další nutí výrobce věnovat výrobě motorové nafty stále větší pozornost a snažit se trvale o zvyšování jejich užitečných vlastností. To by se mělo projevit jejím dokonalejším spalováním v motorech a z toho rezultujícím snižováním uvedených škodlivých emisí. (Petroleum.cz, 2012)

Činnost spalovacího motoru je založena na spalování směsi paliva a vzduchu, na základě oxidace hořlavých složek paliva s kyslíkem obsaženým ve vzduchu a palivu v podmínkách spalovacího prostoru rychle se měnících teplot a tlaků. Během hoření dochází ke vzájemným reakcím jednotlivých složek za vysokých teplot a tlaků při uvolňování tepelné a tlakové energie. Během těchto pochodů navíc probíhají také vedlejší vzájemné reakce prvků obsažených ve vzduchu. Následkem reakcí dochází k tvorbě složek ve všech skupenstvích vystupujících ze spalovacího prostoru a některé složky reagují a vznikají až při průchodu výfukovým potrubím. Na průběh spalování mají vliv tepelné, tvarové a vírové vlastnosti spalovacího prostoru a především způsob a kvalita vstřikování paliva. Podle dosavadních analýz obsahují výfukové plyny pístových spalovacích motorů téměř 160 jednotlivých složek. (ŠMERDA, 2013)

Používáním paliv lze ovlivnit produkty spalování s chemickým působením na okolí. Ty jsou obsaženy především ve výfukových plynech a vznikají jako důsledek spalovacího procesu, kdy jsou výfukovými plyny emitovány do ovzduší. Emise

motorů obsahují stovky chemických látek v různých koncentracích, jejichž biologické vlastnosti (účinky na zdraví člověka) nebyly doposud jednoznačně určeny. Podle odhadů jsou spalovací motory zodpovědné za více než 70% globální produkce CO emisí a 19% CO₂. Mimo produktů dokonalého spalování tzn. CO₂, H₂O, přebytku kyslíku, zbytkového dusíku, které tvoří dominantní zastoupení se vyskytuje celé řada plynů a pevných látek, z nichž největší pozornost se věnuje: oxidu uhelnatému CO, nespáleným uhlovodíkům HC (Hydrocarbons) (parafiny, olefiny, aromatické uhlovodíky), částečně spáleným uhlovodíkům (aldehydy, ketony), produktům štěpení (acetylen, etylen, vodík, saze), oxidům dusíku NO_x (NO – oxid dusnatý, N₂O oxid dusný, NO₂ – oxid dusičitý) a pevným částicím PM.

Míra škodlivosti jednotlivých složek ve výfukových plynech se někdy uvádí srovnáním se škodlivostí oxidu uhelnatého CO. Objektivní vyjádření jednotlivých úrovní škodlivosti je jistě obtížné, za nejzávažnější škodlivinu výfukových plynů jsou však považovány tuhé částice. V porovnání se škodlivostí CO se míra škodlivosti částic uvádí v násobku několika desítek, pro oxidy dusíku se škodlivost uvádí rovněž více jak desetinásobná a u nespálených uhlovodíků se uvažuje násobek škodlivosti v jednotkách. Celkové typické složení výfukových plynů vznětového motoru je vidět na obrázku 20. (TAKÁTS, 1997)



Obr. 20: Typické složení výfukových plynů vznětového motoru v %
 Zdroj: TAKÁTS, Michal. 1997. *Měření emisí spalovacích motorů*. Praha : České vysoké učení technické, 1997

Sledované emisní složky:

CO – bezbarvý plyn, bez chuti a bez zápachu, lehčí než vzduch, nedráždivý, výbušný; oxid uhelnatý se váže na hemoglobin (krevní barvivo) 200-300 krát rychleji než kyslík, který je tímto způsobem vytěsňován, tím je zabráněno přenosu vzduchu z plic do tkání, je silně jedovatý. Vzniká při nedokonalém spalování uhlovodíků. V normálních koncentracích v ovzduší poměrně brzo oxiduje na oxid uhličitý CO₂.

CO₂ – bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu; není jedovatý, ale zvyšuje účinky CO a podílí se na vzniku skleníkového efektu. Emisní norma EURO nelimituje množství CO₂.

HC – nespálené uhlovodíky, obsahují karcinogenní aromáty, jedovaté aldehydy a nejedovaté alkeny a alkeny, plus další složky. Vznikají v průběhu spalování, pokud není dostatečný přísun kyslíku nebo je příliš chudá směs a obsah válce dostatečně

neprohoří. Na slunečním světle reagují s oxidy dusíku a vytvářejí látky dráždící sliznici. V létě se tyto látky podílejí na vzniku jedovatého přízemního ozónu.

NO_x – oxidy dusíku mají podobné účinky jako NO, NO₂, napadají plíce a sliznice. Vznikají v motoru za vysokých teplot a tlaků během hoření při nadbytku kyslíku. Některé oxidy dusíku jsou zdraví škodlivé. Opatření vedoucí ke snížení spotřeby paliva mohou vést ke zvýšení podílu oxidů dusíku ve výfukových plynech, neboť účinnější spalování vede k vyšším teplotám spalování. Příkladem může být moderní vznětový motor, který má sice nízké emise CO₂, ale díky nadměrné produkci NO_x dosahuje pouze emisní normy Euro 4. Snížení produkce oxidů dusíku lze za pomoci systému selektivní katalické redukce (SRC) za pomoci kapaliny AdBlue.

SO₂ – štiplavě páchnoucí, bezbarvý, nehořlavý plyn, napadá sliznici a plíce. Podporuje vznik onemocnění dýchacích cest. Používáním paliva s nižším obsahem síry se obsah oxidu siřičitého ve výfukových plynech sníží.

Pb – olovo je jedovatý těžký kov, dnes jsou všechna paliva u čerpacích stanic běžně k dostání pouze bez olova, mazací vlastnosti olova jsou nahrazeny aditivou a přísadami.

PM (Saze) – PM (Particulate Matter) částice sazí, způsobují mechanické dráždění, fungují jako nosiče karcinogenů a mutagenů. Množství těchto částic sazí se snažíme snížit použitím filtrů pevných částic (DPF,FAP). (VLK, 2006)

6.1 Emisní normy

Z důvodu vzrůstajících exhalací v hustě obydlených oblastech jsou emise výfukových plynů pozorně sledovanou veličinou, reakcí na tuto skutečnost bylo zavedení ekologické daně. Výrobci automobilů automaticky udávají hodnotu CO₂ v technických datech ke každému vozu. Oxid uhličitý bohužel není jedinou složkou výfukových plynů.

Pro homologaci musí vozidla splnit řadu norem, mezi jinými i důležitou emisní normu. Emisní norma určuje množství spalin, které může automobil vypouštět do ovzduší. V České republice upravuje tyto hodnoty zákon č. 56/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Tyto předpisy vycházejí z norem Evropské hospodářské

komise EHK a Evropského společenství (ES). Jako souhrnné označení norem emisních předpisů se používá označení EURO + číslo normy. Díky těmto normám se v Evropě daří snižovat emise např. CO₂, i když paradoxně tu norma Euro jako limit pro oxid uhličitý nestanovuje.

Euro-normy (třídy škodlivých látek) určují mezní hodnoty pro emise škodlivých látek u nových vozidel. Rozdělení je uvedeno v tabulce 4. Emisní norma EURO omezuje množství oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC), oxidů dusíku (NO_x) a množství pevných částic (PM). Hodnoty se uvádějí v miligramech na ujetý kilometr. (ŠMERDA, 2013)

Tab. 4: Přehled emisních limitů pro vozidla se vznětovým motorem do 3,5t

Zdroj: <https://www.ngk.de/cz/technicke-detaily/euro-normy/>

Emisní limity pro nová vozidla s vznětovým motorem						
	Platnost od	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	HC+NO _x (g/km)	PM
Euro I	01/92	3,16	-	-	1,13	0,14
Euro II	01/96	1,00	0,15	0,55	0,70	0,08
Euro III	01/00	0,64	0,06	0,50	0,56	0,05
Euro IV	01/05	0,50	0,05	0,25	0,30	-
Euro V	09/09	0,50	0,05	0,18	0,23	0,005
Euro VI	08/14	0,50	0,09	0,08	0,17	0,005

7 Motorové oleje pro moderní vznětové motory

Vývoj v konstrukci hnacích agregátů postupně donutil výrobce olejů a maziv ke stálému zdokonalování výroby, ať už to bylo změnou technologie při výrobě nebo přidáváním různých přísad, které například zabraňují usazování karbonu, zajišťují ochranu motoru oproti opotřebení a zajišťují jeho dostatečné mazání, kdy dochází k odvodu tepla vzniklého třením a hořením v bloku. Do dalších pozitivních vlastností lze zařadit odstraňování nečistot, ochrana před korozí, tlumení hluku a dotěsnění spalovacího prostoru, obzvláště v oblasti pístních kroužků. (ZEHNÁLEK, 2005)

Podle technologie výroby se motorové oleje dělí na :

- minerální (ropné) oleje
- syntetické oleje
- polosyntetické oleje

7.1 Klasifikace motorových olejů

Pro jednotné značení a sjednocení vlastnosti motorových olejů bylo vhodné vytvoření klasifikačních tříd. Motorový olej je hodnocen mnoha parametry. Je to složitý produkt, který má svou výrobní technickou náročnost. Pro správnou volbu vhodného oleje jsou zpravidla nejdůležitější dva hlavní parametry, a to viskozita oleje a výkonnostní klasifikace. (VLK, 2006)

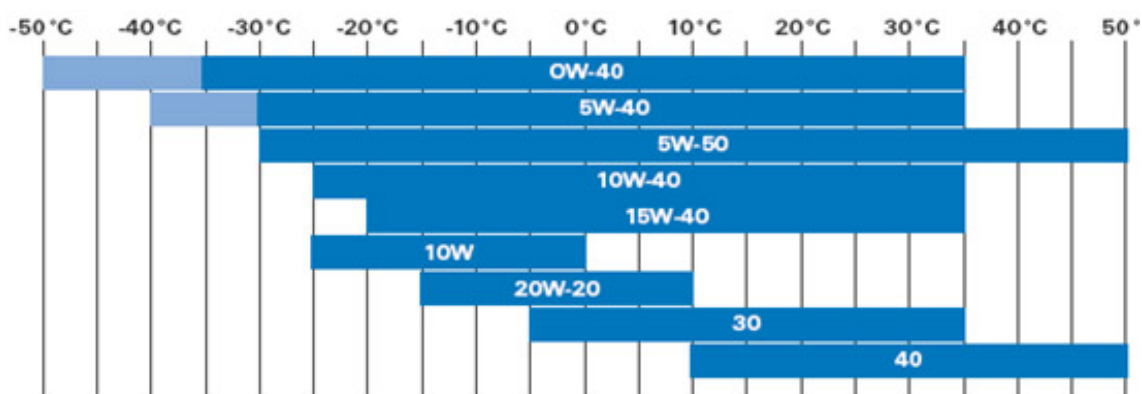
7.1.1 Viskózní klasifikace SAE

Viskozita neboli míra vnitřního tření se mění se změnou teploty a se stářím oleje. Předepsaná viskozita olejů se nestanovuje jako konkrétní hodnota, ale jako rozmezí hodnot, ve kterých se může viskozita pohybovat. Tato hodnota se označuje

pojmem viskózní třídy a jejich označení a vlastnosti jsou dány normou. Viskózní třídy olejů pro motorová vozidla jsou definovány normou SAE J300 (SAE – Society of Automotive Engineers). V tuzemsku je v platnosti norma ČSN 65 6601, která klasifikaci olejů dle viskozity také zahrnuje. Na obrázku 22 jsou zobrazeny doporučené viskózní třídy SAE podle teploty okolí. (Oleje.cz, 2011)

První číslo, označované jako zimní značení, řeší tzv. startovatelnost při nízkých teplotách. Hlavním kritériem, na které se zde hledí je, aby zůstala zaručena dobrá tekutost oleje i při nízkých teplotách okolí. Zaručí pak snadnější start motoru a rychlejší přesun oleje na mazané části agregátu.

Druhé číslo, označované jako letní značení, řeší viskozitu oleje za vysokých letních teplot okolí a provozní teploty motoru. Zde je hlavním kritériem zachování dostatečné hustoty i za vysokých teplot, ať zahřátím samotného motoru či vysoké teploty okolí.



Obr. 21: Doporučené viskozitní třídy SAE motorových olejů podle vnějších teplot
Zdroj: <http://www.petroleum.cz/vyroby/oleje-motorove-specifikace.aspx>

7.1.2 Výkonnostní klasifikace

Výkonnostní klasifikace charakterizuje okamžité i dlouhodobé vlastnosti motorového oleje při různých formách provozního zatížení. Hodnocena je různorodá škála vlastností jako například ochrana proti otěru, pění oleje, ochrana proti oxidaci a korozi stěn a další. Pro označení výkonnostní kategorie motorových olejů se používají následující normy:

- klasifikace API (American Petroleum Institute, USA)
- klasifikace CCMC (Comité des Constructeurs d'Automobile du Marché Commun, EU)
- klasifikace ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobile, EU)
- firemní normy výrobců motorů a vozidel (VW, MB, MAN, atd.)
- klasifikace MIL-L (normy americké armády)
- jiné klasifikace (ILSAC)

V současné době mají pro určení výkonnosti oleje dominantní význam klasifikace API, ACEA a firemní normy předních výrobců automobilů. (Oleje.cz, 2011)

7.1.3 Firemní normy výrobců motorů a vozidel

Výrobci automobilů a motorů očekávají od motorových olejů splnění dodatečných požadavků, které nejsou zahrnuty v metodice testů API nebo ACEA. Stanovují si je tedy sami výrobci, dle vlastních požadavků z technologické výroby motorů a testování. V kategorii osobních automobilů jsou nejčastěji uváděny normy výrobců VW/AUDI, BMW a PORSCHE. V kategorii užitkových automobilů pak normy výrobců MERCEDES BENZ, MAN a VOLVO. (Oleje.cz, 2011)

Příkladem velmi často využívaného oleje pro moderní vstříkovací systémy čerpadlo-tryska je norma VW 505.01 zahrnující celoroční oleje pro přeplňované i nepřepřňované naftové motory osobních automobilů, včetně motorů čerpadlo-tryska, výměna po 15.000 km. Další norma VW 506.01 zahrnuje pouze vznětové motory s přímým vstřikem, včetně systémů čerpadlo-tryska a intervalem výměny až 30.000km, těmto olejům se také nazývá tzv. LongLife oleje pro prodloužené servisní intervaly. Takto dlouhý interval předepisují sami výrobci, není však vhodný pro krátké jízdy.

7.2 Low-SAPS a Mid-SAPS motorové oleje

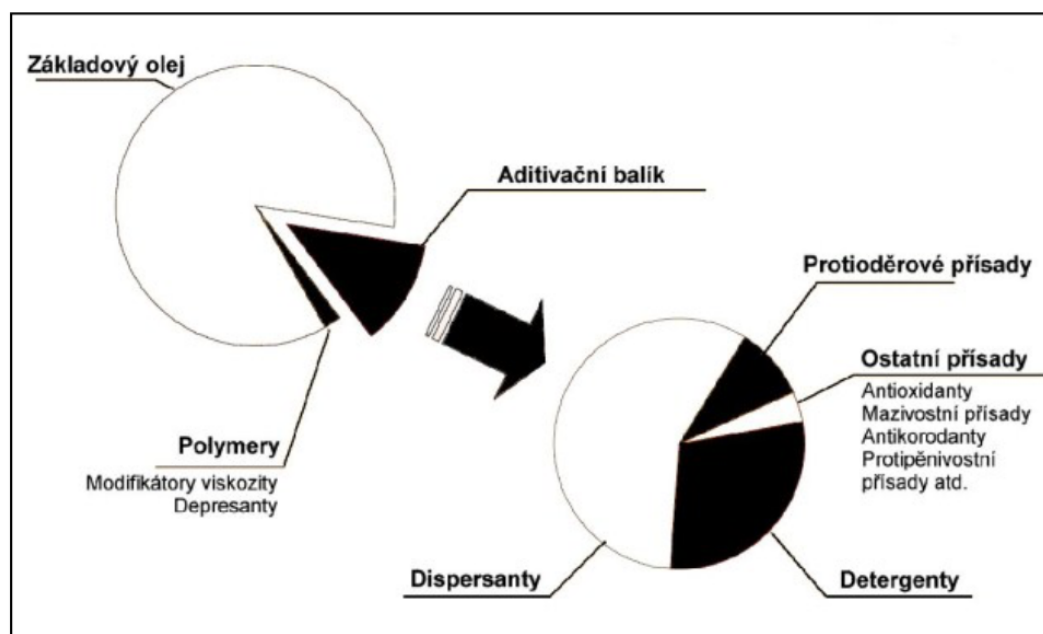
Motorové oleje, jejich výkonnost a kvalita podléhají systému klasifikace. Během několika let bylo vyvinuto několik klasifikačních systémů.

U nových olejů dochází k omezení obsahu síry, jejíž obsah dříve nebyl nijak limitován a pohyboval se od přibližně 0,5 % hm. do 1 % hm. a více v závislosti na typu použitého základového oleje. Závažné je snížení obsahu fosforu a množství sulfátového popela. Fosfor a popelotvorné látky jsou obsaženy v aditivaci motorových olejů, snížení jejich obsahu proto zasahuje přímo do formulace motorových olejů, to je do složení a množství použitých aditiv. V současné době jsou rozlišovány motorové oleje tzv. mid-SAPS s koncentrací fosforu kolem 0,07 - 0,09 % a low-SAPS s koncentrací fosforu do 0,05 %. (ČERNÝ, 2010)

7.2.1 Důsledky používání Low a Mid SAPS motorových olejů

Motorový olej je složen ze základového oleje a aditiv. Základový olej je většinou vyroben mícháním různých destilačních olejových řezů s cílem dosažení požadované viskozity základového oleje. Protože v nových motorových olejích je limitován obsah síry, pro jejich výrobu nepřipadají v úvahu tradiční rozpouštědlové rafináty, které obsahují 0,5 - 1,0 % hm. síry. Základový olej musí být vyroben z hydrokrakových olejů nejméně skupiny II nebo ze syntetických polyalfaolefinů, v nichž je obsah síry pod 300 ppm nebo dokonce nulový. (ČERNÝ, 2010)

V základovém oleji jsou při výrobě rozpouštěny modifikátory viskozity a aditivační balík výkonových přísad. Aditivační balík obsahuje všechny přísady nutné ke správné funkci oleje v motoru a zaručuje také dostatečnou životnost oleje. Na obrázku 23 je uvedeno také přibližné složení aditivačního balíku. Přibližně 60 % všech aditiv tvoří dispersanty, přibližně 25 % aditivace tvoří detergenty. Tyto dva typy přísad pomáhají udržovat motor v náležitě čistotě. Zbylých asi 15 % aditivace tvoří všechny ostatní typy přísad protiúderové přísady, modifikátory tření, antioxidanty, depresanty, antikoroďanty, protipěnovostní přísady a další. (ČERNÝ, 2010)



Obr. 22: Složení motorových olejů

Zdroj: ČERNÝ, Jaroslav. *Dopad emisních limitů na motorové oleje*. VŠCHT, Praha, 2010.

Sledované prvky, tedy fosfor, síry a organokovy, zajišťují výkon motorového oleje, délku výměnného intervalu a životnost oleje. Pokud je jejich obsah snížen až na polovinu, nutně dochází ke zhoršení užitečných vlastností nových motorových olejů. Obsah síry vyplývající pouze z běžné aditivace je přibližně 0,35 - 0,40 % hm. Pro splnění limitního obsahu síry v low SAPS olejích je proto kromě použití hydrokrakových základových olejů nutné změnit i obsah a kvalitu aditiv, které obsahují síru. (ČERNÝ, 2010)

Kvalitu olejů je ale nutné udržet alespoň na dosavadní úrovni, a proto je potřeba chybějící množství kritických aditiv nahradit jinými typy aditiv, které neobsahují sledované prvky. Problém ale je, že nové a stejně účinné přísady nejsou k dispozici. Běžné antioxidanty a protiotěrově působící dithiofosfáty zinku lze nahradit dithiokarbamáty, které neobsahují fosfor, ale obsahují síru a popelotvorný kov. Vysokoteplotní antioxidační účinky dithiofosfátů lze do určité míry nahradit nízkoteplotními antioxidanty fenolového a aminového typu.

Současný evropský trend automobilizmu spočívá ve snaze:

- Zvyšovat jednotkové výkony současných motorů
- Prodlužovat servisní intervaly a s tím i výměnné intervaly motorových olejů
- Snižovat emisní zatížení ovzduší
- Současně se pomalu mění charakter provozu, průměrná délka ujetá na jedno nastartování motoru se zkracuje

Je zcela evidentní, že tyto trendy nejsou navzájem kompatibilní a mají zásadní vliv na kvalitu motorových olejů. Mění se charakter provozu, zvyšování výkonů motorů a prodlužování servisních intervalů olejů vyžadují zvýšenou kvalitu motorových olejů a zároveň tedy zvýšenou koncentraci aditiv.

Ekologické aspekty vyžadují změnu složení motorových olejů ve smyslu snižování kritických prvků, to je sulfátového popela, fosforu a síry. Existuje nebezpečí, že snížení koncentrace těchto prvků může vést k omezení některých výkonových vlastností motorových olejů a to se neslučuje s vyššími nároky na motorový olej. Požadavky na motorový olej jsou tak navzájem ne příliš slučitelné a bude pravděpodobně nutné zvážit další vývoj v oblasti výměnných intervalů motorových olejů. (ČERNÝ, 2010)

Současná generace motorových olejů pro osobní vozy API SM a ACEA Cx je většinou typu mid-SAPS. Tyto oleje mají snížený obsah kritických prvků na úroveň fosforu maximálně 0,05 % a jsou předepisovány pro použití v moderních osobních automobilech koncernu VW pro prodloužené servisní intervaly, které jsou v Evropě velmi rozšířené. Teprve čas zřejmě ukáže, jak si oleje nové generace poradí s náročnými provozními podmínkami, zejména ve vznětových motorech, kde velkou zátěž pro motorový olej představují saze ze spalování nafty. (ČERNÝ, 2010)

8 Závěr

Záměrem této bakalářské práce je poskytnout čtenáři komplexní přehled vstřikovacích systémů jejich konstrukčních řešení pro vznětové motory spolu s náhledem na tvorbu a hoření směsi. Další kapitoly analyzují požadavky výrobců motorových komponentů a vozidel na parametry motorové nafty a moderních motorových olejů v kontextu splnění požadovaných emisních norem.

Konstrukční řešení jednotlivých druhů vstřikování zaznamenalo od svých začátků významný vývoj a modernizaci. Dozvalo mnoha konstrukčních úprav, které byly cíleny za požadavkem vyššího vstřikovacího tlaku, který má dopomáhat lepšímu hoření směsi, snížení hlučnosti a vibrací motorů, snížení spotřeby paliva a snížení škodlivin z výfukových plynů. Nyní využívané vstřikovací systémy Common Rail, které fungují již ve své čtvrté generaci, byly vyvíjeny tak, aby tyto požadavky co nejlépe splňovali. Zda moderní vstřikovací systémy vždy dopomohly ke snížení spotřeby paliva a výfukových není vždy shodujícím se názorem.

Dle platných emisních norem a přísných kritérií na výrobu motorové nafty a olejů pro moderní vznětové motory se výrobci přizpůsobují a navrhují své produkty v souladu s platnými normami. Dalším pohledem na tuto problematiku je hledisko, že emisní normy a kritéria na obsahy látek v motorové naftě a olejích nepracují s úvahami, které by zaručovali ekvivalentní podmínky pro životnost a správnou funkčnost vstřikovacích systému a dalších komponentů vznětových motorů, při dodržení shodných výrobních kvalit těchto částí vozidel. Splnění těchto podmínek je právě úkolem samotných výrobců. Budoucnost ukáže jak se výrobcům bude dařit tyto přísné kritéria i nadále splňovat v kontextu zachování stejné kvality a pro společnost přijatelných cen za jejich výrobky.

9 Seznam literatury

BAUER, František. 2013. *Traktory a jejich využití 2. vyd.* Praha : Profi Pres, 2013. str. 223. ISBN 978-80-86726-52

BEROUN, Stanislav. 2002. *PARAMETRY HOŘENÍ MOTOROVÝCH PALIV VE VÁLCI PÍSTOVÝCH SPALOVACÍCH MOTORŮ.* Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-467-6

BOSCH, Technická příručka. 2005. *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory.* Praha : Robert Bosh odbytová spol. s r.o., 2005. str. 96. ISBN 80-903132-7-2.

CSGOLD. 2014. CSGOLD. *Lugo plus s.r.o.* [Online] 25. Leden 2014. [Citace: 27. Duben 2017.] <http://www.csgold.cz/nafta.html>.

ČERNÝ, Jaroslav. 2010. *Dopad emisních limitů na motorové oleje.* Praha : VŠCHT Praha, Ústav technologie ropy a alternativních paliv, 2010.

FERENC, Bohumil. 2004. *Spalovací motory: karburátory a vstřikování paliva.* Praha : Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0207-6

HINRICHSEN, Claus. 2004. *Advanced Diesel Common Rail System for Future Emission Legislation.* Stuttgart : Robert Bosch GmbH, 2004.

HLAVŇA, Vladimír. 2007. *DOPRAVNÝ PROSTRIEDOK JEHO MOTOR.* Žilina : Žilinská Univerzita, 2007. ISBN 978-80-8070-662-3.

HOREJŠ, Karel a Vladimír MOTEJL. 2009. *Příručka pro řidiče a opraváře automobilů. Vyd.4.* Brno : Littera, 2009. ISBN 978-80-85763-14-0

HROMÁDKO, Jan. 2011. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol.* Praha : Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.

MATĚJOVSKÝ, V. 2005. *Automobilová paliva.* Praha : Grada, 2005. str. 223. ISBN 80-247-0350-5.

MOTEJL, Vladimír. 2001. *Vstřikovací zařízení vznětových motorů.* České Budějovice : Kopp, 2001. ISBN 80-723-2141-2

Motofocus. 2011. Motofocus/vyrobci/automobilu se vznětovým motorem už je 75let. *Motofocus*. [Online] 6. Leden 2011. [Citace: 16. Duben 2017.] <http://motofocus.cz/bosch>.

Oleje.cz. 2011. Oleje.cz svět maziv. *Porovnání klasifikací automobilových motorových olejů*. [Online] 10. Březen 2011. [Citace: 5. Května 2017.] <https://www.oleje.cz/clanek/Porovnani-klasifikaci-automobilovych-motorovych-oleju>.

Petroleum.cz. 2012. Motorová nafta. *Petroleum.cz*. [Online] 15. Březen 2012. [Citace: 25. Duben 2017.] <http://petroleum.cz/vyroby/nafta.aspx>.

Petrolmedia. 2013. Budoucnost motorových paliv. *petrol.cz*. [Online] 5. Září 2013. [Citace: 26. Duben 2017.] <http://www.petrol.cz/aktuality/budoucnost-motorovych-paliv-motorova-nafta-3033.aspx>.

ŠMERDA, Tomáš, ČUPERA, Jiří a FAJMAN, Martin. 2013. *Vznětové motory vozidel: biopaliva, emise, traktory*. . Brno : Cpress, 2013. ISBN 978-80-264-0160-5.

TAKÁTS, Michal. 1997. *Měření emisí spalovacích motorů*. Praha : Praha : České vysoké učení technické, 1997. ISBN 80-01-01632-3.

VLK, F. 2006. *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno : František Vlk, 2006. ISBN 376. 80-239-6461-5.

ZEHNÁLEK, Josef. 2005. *Chemie, paliva, maziva*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005. ISBN 179. 80-7157-900-9.

10 Seznam obrázků

Obr. 1: Hoření paliva ve válci motoru	10
Obr. 2: Průběh hoření paliva.....	12
Obr. 3: Nepřímý vstřík paliva	14
Obr. 4: Přímý vstřík paliva (prezentace spalovací motory)	16
Obr. 5: Vstříkovací systém Common Rail pro osobní automobil Audi	19
Obr. 6: Řadové vstříkovací čerpadlo vznětového motoru.....	20
Obr. 7: Konstrukce vstříkovací jednotky řadového čerpadla v řezu	21
Obr. 8: řídicí jednotka vstříkovacího čerpadla Bosch	22
Obr. 9: Princip činnosti rotačního vstříkovacího čerpadla s axiálním pístem	24
Obr. 10: Princip a popis činnosti rozdělovače paliva v řezu.	25
Obr. 11: Princip činnosti rotačního vstříkovacího čerpadla s radiálními písky	26
Obr. 12: Popis rotačního vstříkovacího čerpadla s axiálním pístem v řezu řízeného elektromagnetem.....	27
Obr. 13: Pohled na řídicí jednotku rotačního vstříkovacího čerpadla.....	28
Obr. 14: Vstříkovací jednotka UIS (PD).....	29
Obr. 15: Vstříkovací jednotka UPS (PLD)	31
Obr. 16: Vstříkování systému Common Rail	32
Obr. 17: Schéma vstříkovacího systému Common Rail CP4.....	33
Obr. 18: Vstříkovače světových výrobců pro systém Common Rail.....	40
Obr. 19: Průběh vstříkování motorové nafty a řepkového oleje, vstříkovací tlak 150 MPa při teplotě paliv 20 °C, palivová soustava Common Rail	42
Obr. 20: Typické složení výfukových plynů vznětového motoru v %.....	45
Obr. 21: Doporučené viskozitní třídy SAE motorových olejů podle vnějších teplot	49
Obr. 22: Složení motorových olejů	52