

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

MOŽNOSTI MODERNIZACE VSTŘIKOVACÍHO SYSTÉMU TRAKTORŮ ZETOR

POSSIBILITIES OF INJECTION SYSTEM MODERNIZING IN ZETOR TRACTORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADEK STARÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Starý Radek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Možnosti modernizace vstřikovacího systému traktorů Zetor

v anglickém jazyce:

Possibilities of Injection System Modernizing in Zetor Tractors

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Získání přehledu o zadané problematice. Stanovení základních vývojových trendů. Možné uplatnění jednotlivých elektronicky řízených vstřikovacích systémů na motorech Zetor.

Cíle bakalářské práce:

Provedení studie zástavby moderních elektronicky řízených vstřikovacích systémů na motory s řadovým vstřikovacím čerpadlem. Uvedení výhod a nevýhod, možnosti realizace.

Seznam odborné literatury:

- [1] Vlk, F.: Příslušenství vozidlových motorů, Brno 2002
- [2] Vlk, F.: Vozidlové spalovací motory, Brno 2003

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

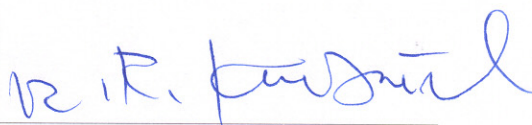
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 21.10.2008

L.S.



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá vstřikovacími systémy používaných na spalovacích motorech traktorů. Obsahuje souhrn jednotlivých typů vstřikovacích soustav, princip jejich funkce a popis odlišností mezi jednotlivými palivovými systémy. V druhé části je přehled nejvýznamnějších výrobců traktorů prodávaných na českém trhu a konkrétní popis řešení vstřikovacích soustav na používaných motorech. Závěrem je jsou shrnuty možnosti konstrukce vstřikovacích soustav a jejich následná modernizace do budoucnosti.

Klíčová slova

vstřikovací systém, modernizace, legislativa, emisní normy

Abstract

Bachelor thesis deals with injection systems used on tractor's combustion engines. Thesis contains a summary of various kinds of injection systems, principle of function and describes the differences among various injection systems. In the second part is an overview of the most important tractor's manufacturers sailed on the Czech market and the description of the technology solution used on the engines. In the end is the summary of possible solutions of injection systems and the following improvement for the future.

Key words

injection system, modernizing, legislature, emissions standarts

Bibliografická citace

STARÝ, R. *Možnosti modernizace vstřikovacího systému traktorů Zetor*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 31 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím dále uvedené odborné literatury.

V Brně dne:.....

.....

Radek Starý

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Radimu Dundálkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce. Dále děkuji každému, kdo mi poskytnul materiály a informace, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. V poslední řadě chci poděkovat všem, kteří mě podporovali po celou dobu studia.

Obsah

Obsah	1
1.Úvod.....	2
2.Traktorové motory	3
2.1 Tvorba směsi a spalování u vznětových motorů.....	4
2.2 Palivová soustava vznětového motoru	5
2.2.1 Palivová soustava s řadovým vstřikovacím čerpadlem	5
2.2.2 Palivová soustava s rotačním vstřikovacím čerpadlem.....	8
2.2.3 Palivová soustava se samostatnými vstřikovacími čerpadly	10
2.2.4 Palivová soustava s tlakovým zásobníkem – Common Rail (CR)..	11
2.2.5 Vstřikovače	13
2.2.6 Vstřikovací trysky	15
2.3 Regulátory dodávky paliva	16
2.3.1 Mechanický odstředivý regulátor.....	16
2.3.2 Elektronický regulátor	16
3.Používané vstřikovací systémy u současné produkce motorů	18
3.1 John Deere	19
3.2 Koncern CNH	21
3.3 Same Deutz-Fahr Group	26
3.4 AGCO Corporation	27
4.Závěr.....	29
5.Seznam použitých zdrojů	31

1.Úvod

Vstřikovací systém vznětového motoru zásadně ovlivňuje výslednou charakteristiku motoru. Volba vhodného vstřikovacího systému je jedním z problémů při řešení konstrukce motoru. Hraje zde roli několik faktorů, které spolu souvisí a vzájemně se ovlivňují. Jsou to především požadavky na výkon motoru, možnosti ovládání motoru, spotřeba paliva, intervaly údržby, spolehlivost a životnost motoru, výsledná cena a také legislativní požadavky jako hladina hluku či produkce emisí. Právě poslední faktor hraje v dnešní době velkou roli a nutí výrobce neustále zdokonalovat proces spalování, aby se co nejvíce využila energie paliva a omezila produkce emisí výfukových plynů.

Současná produkce traktorů na českém trhu je velice pestrá a i paleta používaných motorů je adekvátně široká. S tím souvisí i množství systémů vstřikování paliva do spalovacího prostoru motoru. Vstřikovací systémy se neustále vyvíjejí a výrobci do jejich vývoje investují značné finanční prostředky. Každý výrobce motorů musí vyhovět všem legislativním normám a zároveň nabídnout zákazníkovi vždy něco navíc a být o krok dále před konkurencí. Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi konstrukce jednotlivých typů vstřikovacích systémů a jejich použití u nejvýznamnějších výrobců traktorů. V závěru je daná problematika shrnuta a nastíněna současná situace u motorů traktorů značky Zetor.

2.Traktorové motory

U traktorů jsou v současné době používány téměř výhradně čtyřdobé vznětové motory. Výjimku tvoří pouze některé malotraktory, které pro svůj pohon používají dvoudobé nebo čtyřdobé zážehové motory. Kvůli rozsahu a zaměření této bakalářské práce, se těmito motory, které tvoří pouze zlomek v celkovém prodeji traktorů na trhu, nebudu dále zabývat.

Na moderní traktorový motor jsou kladeny kromě obecných požadavků, které jsou společné i pro motory automobilové (tab. 1), i další speciální požadavky, které vycházejí z podmínek provozu traktorových motorů.

Legislativa	Zákazník	Výrobce
výfukové emise	spotřeba paliva	nenáročnost výroby
spotřeba paliva a emise CO ₂	životnost	kvalita
hluk	výkon	výrobní náklady
recyklovatelnost	spolehlivost	zisk
bezpečnost	údržba	trh a konkurence
	cena	sériovost výroby

Tab. 1 – Obecné požadavky na spalovací motor podle různých hledisek [1]

Jsou to následující požadavky:

- trvalý provoz při maximálním výkonu,
- provoz při velkém kolísání zatížení,
- vysoké převýšení kroutícího momentu,
- práce motoru v širokém rozmezí otáček s konstantním výkonem,
- nízká spotřeba paliva v provozní oblasti motoru,
- motor musí splňovat předpisy a směrnice na kategorie vozidel T dle požadavků MDS,
 - o kouřivost vznětových motorů,
 - o emise výfukových plynů,
 - o regulátor otáček,
 - o hladina vnějšího hluku traktorů,
- možnost automatické regulace výkonu závislosti na provozních parametrech motoru,
- startovatelnost při nízkých teplotách,
- vysoká spolehlivost,
- snadná a rychlá diagnostika poruch,
- dlouhé servisní intervaly,
- vysoká životnost motoru. [1]

Problematika spalovacích motorů je značně rozsáhlá a všechny konstrukční skupiny a podskupiny motoru určují výslednou charakteristiku motoru a jeho určení pro konkrétní aplikaci. V rámci zaměření této práce se dále budu zabývat pouze problematikou a způsobem tvorby palivové směsi.

2.1 Tvorba směsi a spalování u vznětových motorů

Tvorba palivové směsi vznětového motoru je jeden ze zásadních činitelů ovlivňující výsledný chod motoru a jeho parametry. Výrazně ovlivňuje užitečný výkon, spotřebu paliva, emise výfukových plynů a hluk spalování vznětového motoru. Příprava směsi u vznětového motoru se nazývá vnitřní, protože k ní dochází uvnitř spalovacího prostoru motoru. Tato příprava směsi u naftového motoru je prostředkem regulace, protože výkon motoru je řízen kvalitativně, tedy přes obsah paliva ve směsi palivo-vzduch. Regulace se tedy děje změnou množství vstřikovaného paliva do spalovacího prostoru. Palivo je vstříknuto do spalovacího prostoru pomocí vstřikovacího zařízení ve formě malých kapiček, které se pomocí intenzivního víření a vlivem vysokých teplot rychle odpaří, a po vytvoření hořlavé směsi se vzduchem umožní vznícení. Intenzivní víření vzduchu umožňuje lepší přístup kyslíku k hořlavým složkám vstříknutého paliva a napomáhá dokonalejšímu spalování. Tvar spalovacího prostoru a sací kanál je konstruován tak, aby víření nasávaného vzduchu co nejvíce podporoval. Spalovací prostory vyráběných vznětových motorů se dělí na dvě skupiny:

- dělené,
- nedělené.

Dělené spalovací prostory jsou rozděleny na dvě části a to nejčastěji tak, že v hlavě válce je vytvořena zvláštní komůrka, která je s prostorem, který tvoří dno pístu ve válci, spojena jedním nebo více kanálky malého průměru. Palivo je vstřikováno do komůrky v hlavě válců. Proto se těmto motorům říká komůrkové. Naopak motory se spalovacím prostorem neděleným se vyznačují tím, že spalovací prostor je vytvořený ve dně pístu. Palivo u tohoto typu motoru je vstřikováno přímo do válce motoru. Podle způsobu vstřikování do válce motoru a v souvislosti s předcházejícím rozdělením se motory dělí na motory.

- s nepřímým vstřikem paliva,
- s přímým vstřikem paliva.

V současné době se u traktorů používají téměř výhradně motory s přímým vstřikem. Hlavní výhodou oproti komůrkovým motorům je menší měrná spotřeba paliva, která je dána jednoduchým a kompaktním spalovacím prostorem. Díky tomu jsou zde menší tepelné ztráty, které jsou dány velkým a členitým povrchem spalovacího prostoru. Velký povrch je rovněž příčinnou horší startovatelnosti, proto se pro usnadnění spouštění motorů do komůrky umisťuje žhavicí svíčka. Další výhodou motorů s přímým vstřikem paliva je jednodušší konstrukce hlavy válců. K nevýhodám motorů s přímým vstřikem patří větší maximální tlaky ve válci motoru, tím i větší namáhání součástí pístní skupiny a větší tvrdost motoru. Kvůli požadavku velmi jemného rozprášení paliva jsou vyšší nároky na vstřikovací zařízení a nutnost použití víceotvorových vstřikovacích trysek. Tím pádem rostou i požadavky na kvalitu paliva.

Jak už bylo řečeno, příprava směsi palivo vzduch výrazně ovlivňuje parametry motoru. Přitom podstatnou roli hraje provedení vstřikovacího zařízení a jeho řízení, přičemž tvoření směsi a průběh spalování ovlivňují následující činitelé:

- začátek dodávky paliva a začátek vstřiku,
- doba a průběh vstřiku (množství paliva vstříknutého do spalovacího prostoru v závislosti na úhlu natočení klikového hřídele),
- vstřikovací tlak,
- směr a počet vstřikovaných paprsků,
- přebytek vzduchu,
- rozvíření vzduchu.[2]

2.2 Palivová soustava vznětového motoru

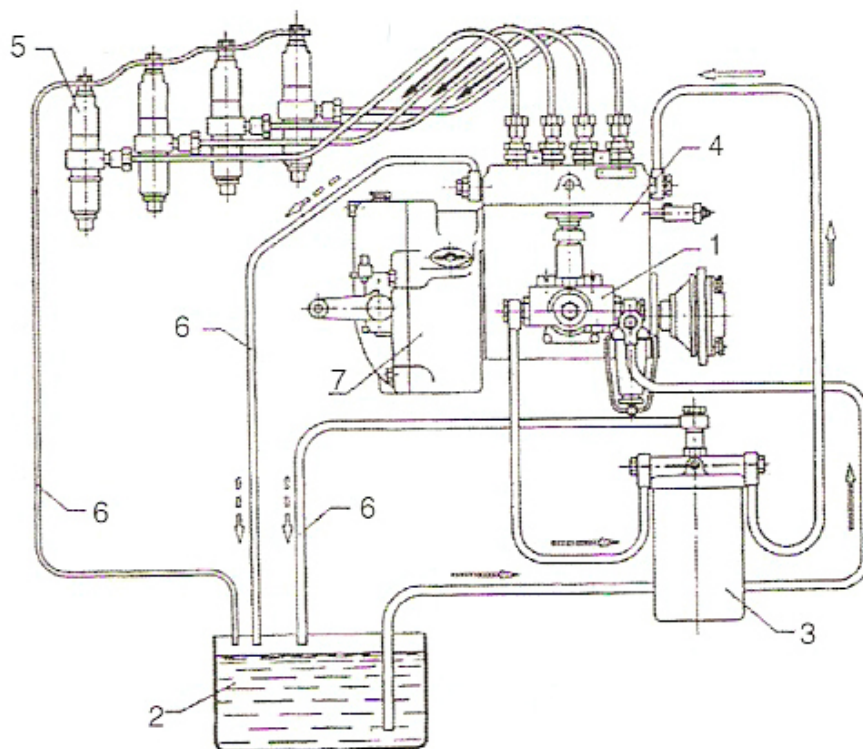
Palivová soustava má za úkol zajistit vstříknutí paliva do válce motoru v přesně stanovený okamžik a ve stanoveném množství. Na funkci palivové soustavy závisí průběh spalování ve válci motoru a tedy i dosahované parametry a ekonomika práce motoru. Palivovou soustavu lze rozdělit na dvě části a to nízkotlakou a vysokotlakou. Nízkotlaká část má za úkol dopravit palivo z nádrže paliva přes soustavu filtrů do vstřikovacího čerpadla. Skládá se z palivové nádrže, nízkotlakého potrubí, dopravního čerpadla a čističe paliva. Dopravní čerpadlo udržuje ve výtlačné části potrubí stálý tlak. Vysokotlaká část palivové soustavy zajišťuje vytvoření vysokého tlaku paliva, dopraveného nízkotlakou částí, a vstříknutí do válce motoru. V dnešní době se u traktorových motorů používají palivové soustavy s řadovým vstřikovacím čerpadlem, rotačním vstřikovacím čerpadlem, se sdruženou vstřikovací jednotkou (čerpadlo – tryska), se sdruženým vstřikovacím systémem (čerpadlo – potrubí- tryska) a vstřikovací systém s tlakovým zásobníkem.

2.2.1 Palivová soustava s řadovým vstřikovacím čerpadlem

U palivové soustavy s řadovým vstřikovacím čerpadlem (obr.1) je palivo nasáváno dopravním čerpadlem z palivové nádrže (2), dále je pak tlačeno přes čistič paliva (3) do vstřikovacího čerpadla. Tlak za dopravním čerpadlem se pohybuje od 0,1MPa do 0,2MPa. Tlaková část paliva je vedena ze vstřikovacího čerpadla (1) vysokotlakým potrubím k jednotlivým vstřikovačům (5). Část paliva je vstříknuta do spalovacího prostoru motoru a zbytek paliva je veden přepadovým potrubím (6) zpět do nádrže. Tento zbytek zajišťuje chlazení čerpadla, čímž se zabraňuje přehřátí a odpaření paliva. Vstřikovač je umístěn v hlavě motoru a vstřikuje palivo pod tlakem do spalovacího prostoru. Palivo, které se vlivem netěsností dostane okolo jehly do horní části vstřikovače je vráceno přepadovým potrubím zpět do nádrže paliva.

Pro dopravu paliva v nízkotlaké části se nejčastěji používá pístové čerpadlo poháněné mechanicky vačkou, které je nejčastěji umístěno na boku čerpadla. Součástí tohoto čerpadla je také ruční čerpadlo, používané pro odvzdušnění palivové soustavy, například při úplném vyčerpání paliva z nádrže nebo po výměně palivových filtrů. Před dopravním čerpadlem bývá namontován hrubý čistič paliva pro zachycení větších nečistot. Bývá vyroben z jemného pletiva nebo z mosazných děrovaných drátů. Mezi dopravním a vstřikovacím čerpadlem je zařazen jemný čistič paliva s výměnnou, nečastěji papírovou vložkou. Kromě filtrace paliva má jemný

čistič ještě funkci odlučovače vody, která se do paliva dostává při tankování nebo kondenzací v nádrži.

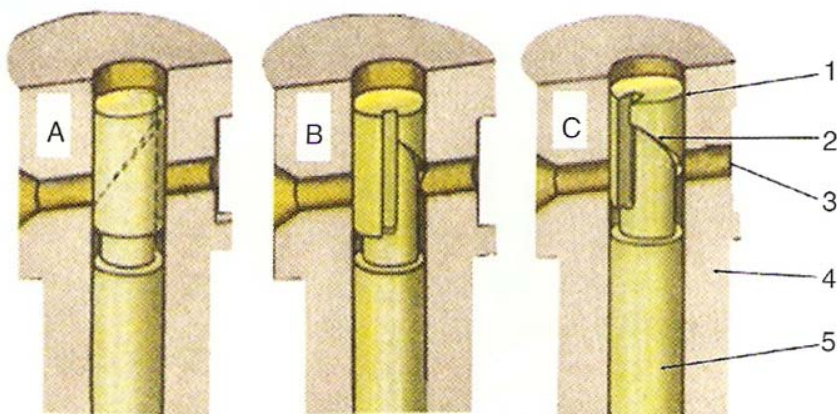


Obr.1 - Schéma palivové soustavy s řadovým vstřikovacím čerpadlem [1]

1 – dopravní čerpadlo, 2 – nádrž, 3 – čistič paliva, 4 – vstřikovací čerpadlo, 5 – vstřikovače, 6 – přepadové potrubí, 7 – regulátor otáček

Řadová vstřikovací čerpadla (obr. 2) mají pro každý válec motoru jeden element čerpadla, který se skládá z válce čerpadla a pístu čerpadla. Píst čerpadla se pohybuje ve směru dodávky prostřednictvím vačkové hřídele poháněného motorem a vrací se zpět vratnou pružinou pístu. Elementy čerpadla jsou uspořádány v řadě, z čehož plyne samotný název čerpadla. Zdvih pístu je neměnný. Aby bylo možné regulovat vstřikovanou dávku paliva podle provozního režimu traktoru, jsou v pístu šikmé řídicí hrany, takže lze pootočením pístu prostřednictvím posuvné regulační tyče dosáhnout požadovaného užitečného zdvihu. Mezi vysokotlakým prostorem čerpadla a začátkem vstřikovacího vedení jsou podle podmínek vstřiku umístěny přidavné výtlačné ventily. Ty určují přesné ukončení vstřiku, zamezují dostřiku u vstřikovací trysky a zajišťují rovnoměrné pole charakteristik čerpadla [2]. Velikost vstřikovacích tlaků dosahuje až 135 MPa. Řadová vstřikovací čerpadla se vyrábějí ve dvou modifikacích jako standardní a se zdvihovým šoupátkem.

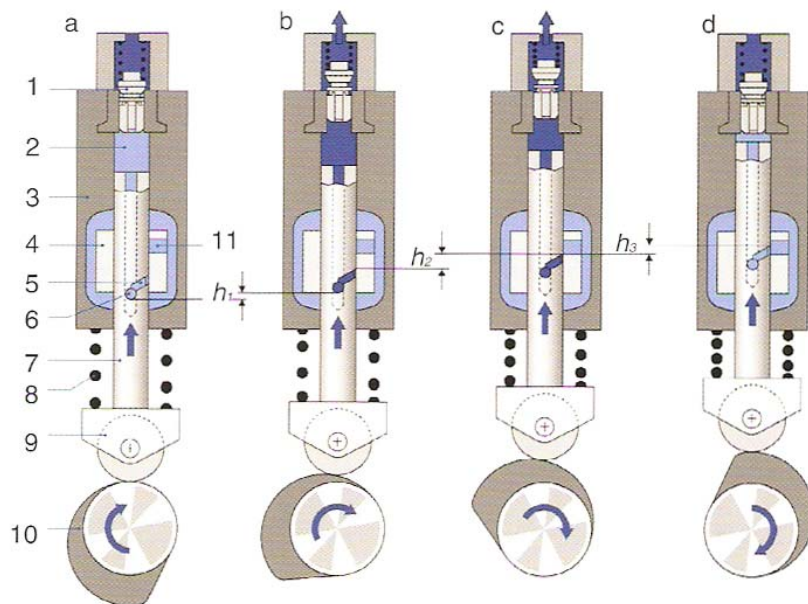
Počátek dodávky u standardního vstřikovacího čerpadla je určen polohou sacího otvoru (3), který je uzavřen horní hranou pístu (1). Šikmá spodní řídicí hrana pístu (2) uvolňuje sací otvor, a tím určuje vstřikovanou dávku. Pomocí regulační tyče se píst natáčí a tím se mění okamžik otevření sacího otvoru spodní hranou pístu. Mění se tak užitečný zdvih, což je dráha pístu, po kterou je palivo vytlačováno z válce vstřikovacího čerpadla. Natáčení pístu je realizováno prostřednictvím regulačního pouzdra s ozubeným pastorkem, který zapadá do ozubení hřebenové regulační tyče. Poloha regulační tyče je u traktorových motorů řízena mechanickým odstředivým nebo elektronickým regulátorem.



Obr.2 - Element standardního řadového vstřikovacího čerpadla [1]

A – nulová dodávka, B – střední dodávka, C – maximální dodávka, 1 – horní hrana pístu, 2 – spodní řídicí hrana pístu, 3 – kanál, 4 – válec, 5 - píst

Vstřikovací čerpadlo se zdvihovými šoupátky se od standardního řadového vstřikovacího čerpadla liší použitím zdvihových šoupátek kluzně uložených na pístech. Pomocí šoupátka lze měnit úvodní zdvih a tedy i počátek dodávky a také vstřiku paliva do válce. Palivo je nad píst nasáváno přes kanálek v pístu. Spodní hranou šoupátka je kanálek uzavírán. Užitečný zdvih pístu je měněn jako u standardního vstřikovacího čerpadla pootočením pístu. Přestavení polohy šoupátka se děje pomocí přídatného ovládacího hřídele a nastavuje se v závislosti na různých veličinách. Řadová vstřikovací čerpadla se zdvihovým šoupátkem mají na rozdíl od standardních vstřikovacích čerpadel další stupně volnosti. Výhodou je možnost změny počátku dodávky paliva.

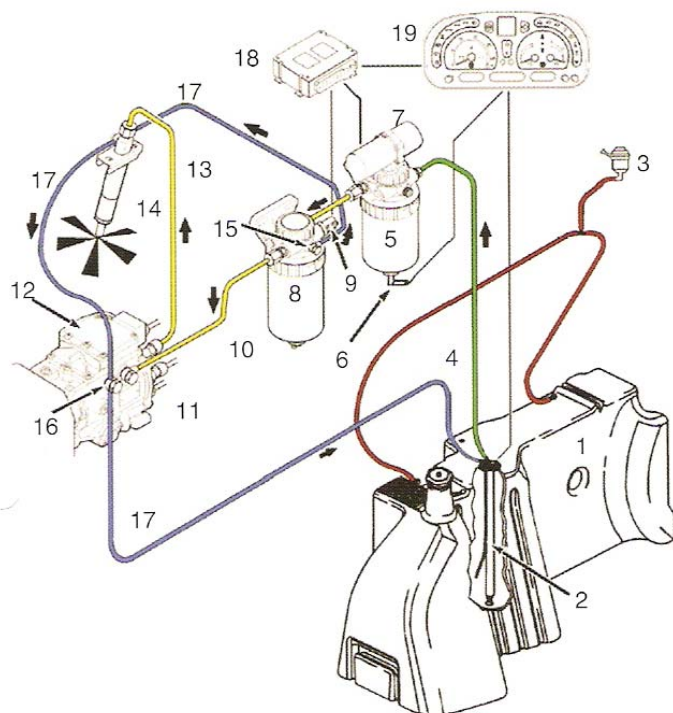


Obr.3 - Schéma elementu čerpadla se zdvihovým šoupátkem [1]

1 – zpětný ventil, 2 – prostor nad pístem, 3 – válec, 4 – zdvihové šoupátko, 5 – řídicí hrana pístu, 6 – řídicí otvor (počátku dodávky), 7 – píst, 8 – pružina, 9 – kladička, 10 – vačka, 11 – sací kanál
 h_1 – zdvih před počátkem dodávky, h_2 – užitečný zdvih, h_3 – zdvih po ukončení dodávky

2.2.2 Palivová soustava s rotačním vstřikovacím čerpadlem

Schéma palivového systému s rotačním vstřikovacím čerpadlem je zobrazeno na obr. 4. O dopravu paliva v nízkotlaké větvi se starají dvě čerpadla. Jedno je zubové s elektrickým pohonem, které je na schématu uloženo na hrubém čističi paliva. Druhé čerpadlo je lopatkové a je součástí rotačního vstřikovacího čerpadla. Ostatní části nízkotlaké části jako filtry a potrubí je obdobné konstrukce jako u systémů s řadovými vstřikovacími čerpadly. Na rozdíl od řadových vstřikovacích čerpadel mají rotační čerpadla pouze jeden výtlačný element pro všechny válce motoru a pomocí rozdělovače je palivo rozdělováno k jednotlivým vstřikovačům v hlavě válce motoru. Z hlediska konstrukce výtlačného elementu lze rozdělit, podobně jako u řadových vstřikovacích čerpadel, na dva druhy a to rotační čerpadla s axiálním pístem a rotační čerpadlo s radiálními pístky.

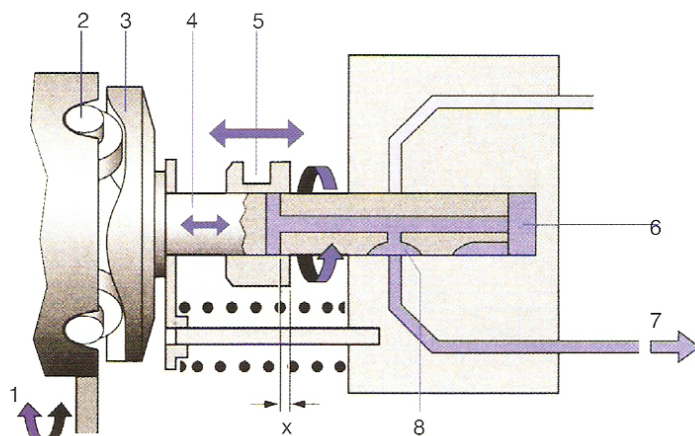


Obr.4 - Palivová soustava s rotačním vstřikovacím čerpadlem [1]

1. Nádrž
2. Plovák
3. Odvzdušňovací ventil
4. Sací potrubí
5. Hrubý filtr s odkalovačem
6. Senzor vody v palivu
7. Elektrické podávací čerpadlo
8. Jemný filtr
9. Senzor tlaku paliva
10. Palivové potrubí
11. Vstřikovací čerpadlo
12. Řídící jednotka vstřik. čerpadla PCU
13. Vysokotlaké palivové potrubí
14. Vstřikovač
15. Přepadový ventil
16. Přepadový ventil
17. Přepadové potrubí
18. Řídící jednotka motoru EEM
19. Přístrojová deska

U rotačního vstřikovacího čerpadla (obr. 5) se o dopravu paliva do skříně čerpadla stará nejčastěji rotační lopatkové (křídlové) čerpadlo, které je součástí vstřikovacího čerpadla. Centrálně uložený rotační píst (4) vstřikovacího čerpadla, který se otáčí spolu s vačkovým kotoučem (3), vytváří tlak a rozděluje palivo k jednotlivým válcům. Během jediné otáčky hřídele pohonu vykoná píst tolik zdvihů, kolika válcům v motoru musí dodat palivo. Vačkový kotouč se odvaluje po prstenci kladek (2), čímž si zajišťuje jak rotaci, tak i zdvih pístu. Rozváděcí drážky a kanálky v pístu (8) a ve válci čerpadla zajišťují při rotaci pístu přivedení tlakového paliva přes rozdělovací hlavu a vysokotlaké potrubí (7) k jednotlivým vstřikovačům. U rotačních čerpadel s mechanickým odstředivým nebo elektronickým regulátorem je dodávka paliva nastavována pomocí regulačního šoupátka (5) na pístu ovládaném regulátorem otáček. Šoupátkem se nastavuje konec dodávky (užitný zdvih pístu x). Počátek dodávky čerpadla lze nastavit pootočením prstence s kladkami (2) přesuvníkem vstřiku (1). U čerpadla s axiálním pístem ovládaného elektromagnetickým ventilem dávkuje elektronicky řízený vysokotlaký elektromagnetický ventil vstřikovanou dávku místo regulačního šoupátka. Řídící a

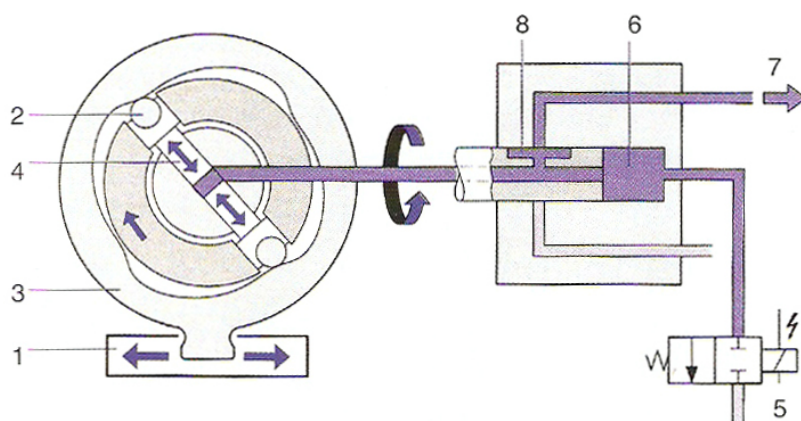
regulační signály jsou zpracovány ve dvou elektronických řídicích jednotkách (řídicí jednotka motoru a vstřikovacího čerpadla).



Obr.5 – Schéma rotačního vstřikovacího čerpadla s axiálním pístem [1]

1 – přesuvní vstříku, 2 – prstenec s kladkami, 3 – vačkový kotouč, 4 – píst, 5 – šoupátko, 6 – vysokotlaký prostor, 7 – přívod ke vstřikovači, 8 – kanálek v pístu, x – užitečný zdvih pístu

U rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními pístky (obr. 6) se o dopravu paliva stejně jako u čerpadla s axiálním pístem stará nejčastěji lopatkové čerpadlo, které je součástí vstřikovacího čerpadla. Místo axiální vačky u vstřikovacích čerpadel s axiálním pístem přebírají vytváření vysokého tlaku radiální pístky. Čerpadlo je tvořeno vačkovým prstencem (3) a dvěma až čtyřmi radiálními pístky (4). Při otáčení rotoru s pístky ve vačkovém prstenci posouvají vačky písty proti sobě. Palivo je z prostoru nad písty vytlačováno přes rotační rozváděč s řídicí drážkou (8), kterým je přiváděno přes vysokotlaké potrubí (7) k jednotlivým vstřikovačům. Vysokotlaký elektromagnetický ventil (5), spojený s vysokotlakým prostorem (6) nad pístem čerpadla, dávkuje vstřikované množství. Počátek dodávky se přestavuje pootočením vačkového kroužku prostřednictvím přesuvného vstříku (1). Řídicí a regulační signály pro nastavení vstřikovaného množství paliva vytváří, stejně jako u rotačního čerpadla s axiálním pístem, řídicí jednotka čerpadla a motoru. U starších konstrukcí těchto čerpadel byla používána regulace dávky škrcením na sací větvi čerpadla [1].



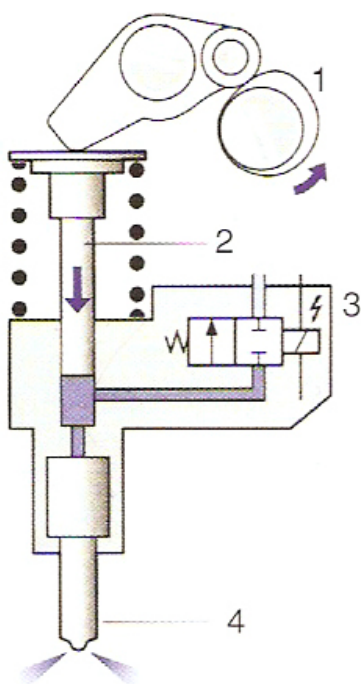
Obr.6 – Schéma rotačního vstřikovacího čerpadla s radiálními pístky [1]

1 – přesuvník vstříku, 2 – kladka, 3 – vačkový prstenec, 4 – radiální píst, 5 – elektromagnetický ventil, 6 – vysokotlaký prostor rotačního rozváděče, 7 – přívod tlakového paliva ke vstřikovací trysce, 8 – řídicí drážka rotačního šoupátka

2.2.3 Palivová soustava se samostatnými vstřikovacími čerpadly

U tohoto systému vstřikování je každý válec vybaven vlastní vstřikovací jednotkou. Tyto jednotky nemají vlastní vačkový hřídel. Poháněcí vačky pro jednotlivá vstřikovací čerpadla jsou umístěna na vačkovém hřídeli rozvodového mechanismu pro ovládání ventilů motoru.

Sdružená vstřikovací jednotka – UIS (Unit Injektor System) je nazývána také jednotka čerpadlo – tryska. U tohoto systému jsou vstřikovací čerpadlo a tryska umístěny v jednom samostatném bloku (obr. 7). Pro každý válec motoru je v hlavě vestavěna jedna jednotka. Píst čerpadla (2) je poháněn buď přímo přes zdvihátko, nebo nepřímo přes vahadlo od vačkového hřídele (1) motoru. Protože není použito žádné vysokotlaké potrubí a palivo je vedeno kanálky přímo k trysce (4), je možné dosáhnout vyššího vstřikovacího tlaku (až 200 Mpa) než u řadových a rotačních vstřikovacích čerpadel. Vstřikované množství paliva je vypočteno řídicí jednotkou a realizováno otevřením a uzavřením vysokotlakého elektromagnetického ventilu (3). Pomocí vysokého vstřikovacího tlaku a elektronické regulace s polem charakteristik a dávek lze dosáhnout podstatného snížení emisí škodlivých látek vznětového motoru.

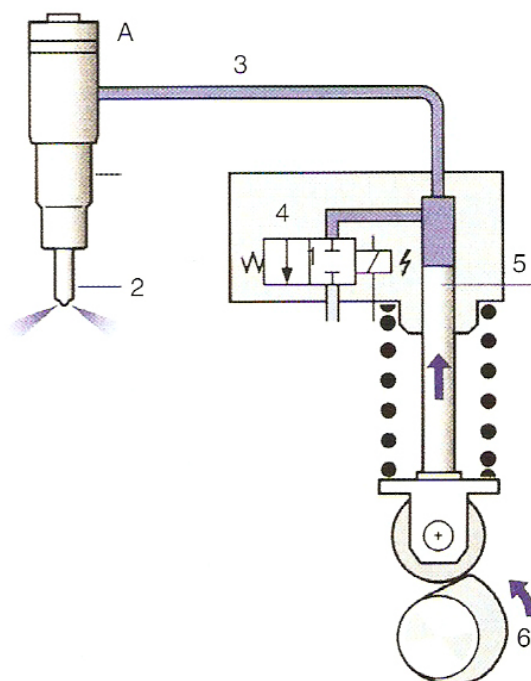


Obr.7 - Schéma sdružené vstřikovací jednotky UIS [1]

- 1 – hnací vačka,
- 2 – píst čerpadla,
- 3 – elektromagnetický ventil,
- 4 – tryska

Sdružený vstřikovací systém – UPS (Unit Pump System) je nazývaný také systém čerpadlo – vedení – tryska a pracuje na stejném principu jako systém čerpadlo – tryska. Na rozdíl od systému čerpadlo – tryska je těleso vstřikovače propojeno s jednotkou vstřikovacího čerpadla krátkým vysokotlakým potrubím, které je přesně přizpůsobeno ke komponentům jednotky. Také tento systém má jednu samostatnou jednotku pro každý válec motoru. Vstřikovací čerpadlo je namontováno na boku motoru a je poháněno vačkou na vačkovém hřídeli rozvodu motoru. Také u sdruženého vstřikovacího systému je doba počátku vstřiku regulována elektronicky, pomocí rychle spínaného elektromagnetického ventilu. U starších konstrukcí traktorových motorů s uvedeným vstřikovacím systémem je jednotka vstřikovacího čerpadla stejné konstrukce jako u řadových čerpadel s natáčením pístu pomocí regulační tyče ovládané regulátorem. Základní nastavení stejné dodávky paliva na

všech válcích motoru se pak dosáhne pootočením válce každého čerpadla přímo na motoru [1].

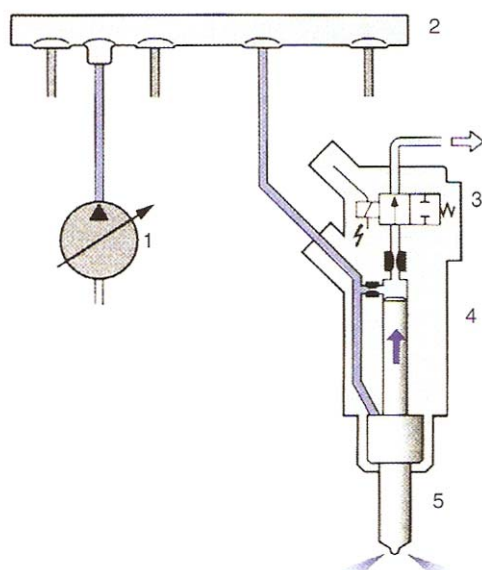


Obr.8 – Schéma sdruženého vstřikovacího systému UPS [1]

- 1 – tryska,
- 2 – těleso vstřikovače,
- 3 – vysokotlaké vedení,
- 4 – elektromagnetický vysokotlaký ventil,
- 5 – píst čerpadla,
- 6 – hnací vačka

2.2.4 Palivová soustava s tlakovým zásobníkem – Common Rail (CR)

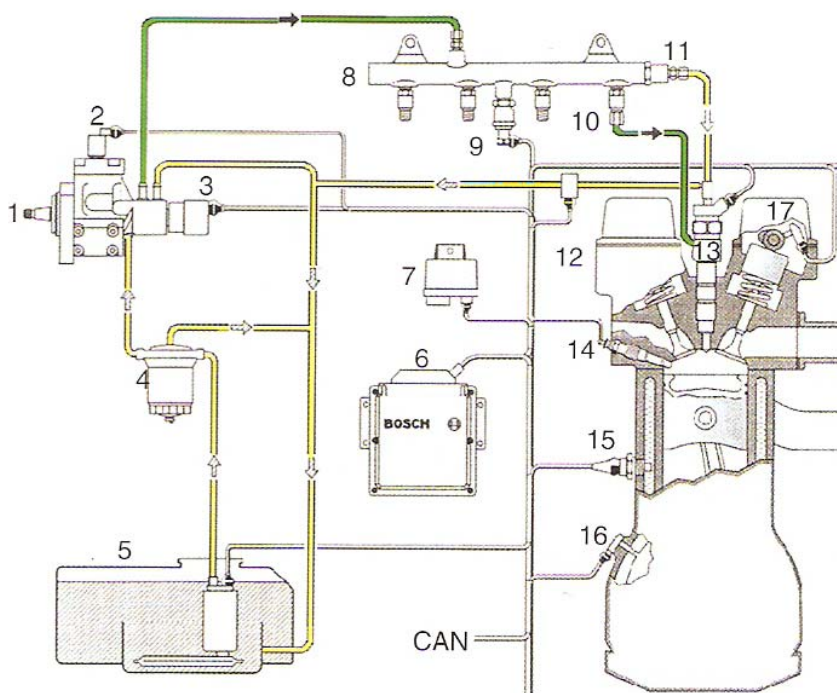
U vstřikovacího systému Common Rail je odděleno vytváření tlaku a vstřikování paliva. Vstřikovací tlak je vytvářen vysokotlakým čerpadlem (1) nezávisle na otáčkách motoru a na vstřikované dávce. Palivo pro vstřikování je připraveno ve vysokotlakém zásobníku (Railu) (2). Vstřikovaná dávka je určena řidičem a okamžik vstřiku a vstřikovací tlak jsou vypočteny z polí hodnot uložených v elektronické řídicí jednotce. Vstřikování je realizováno vstřikovačem (4) na každém válci prostřednictvím elektromagneticky řízeného ventilu (3).



Obr.9 – Schéma vstřikovacího systému s tlakovým zásobníkem – Common Rail [1]

- 1 – vysokotlaké čerpadlo
- 2 – tlakový zásobník paliva
- 3 – vysokotlaký elektromagnetický ventil
- 4 – vstřikovač
- 5 – vstřikovací tryska

Hlavní části palivového systému Common Rail (obr. 10) jsou podávací čerpadlo, palivový filtr (4), vysokotlaké čerpadlo (1), vysokotlaké potrubí, tlakový akumulátor (8), vstřikovače (13) a řídicí jednotka (6). Podávací čerpadlo může být např. zubové, lamelové a další s mechanickým nebo elektronickým pohonem, které neustále nasává palivo z nádrže a přes filtr ho dopravuje do vysokotlakého čerpadla. Vysokotlaké čerpadlo nevytlačuje palivo přímo ke vstřikovačům, ale do tlakového akumulátoru, kde je udržován stejný tlak paliva. Proto musí čerpadlo stále pracovat. Nejčastěji se jedná o radiální čerpadlo se třemi písty, které vykonávají stále stejný zdvih a jsou mazány palivem. Jeho umístění je na bloku motoru, stejně jako u konvenčních čerpadel. Zdvih pístů čerpadla je odvozen od excentricky uložené vačky. Nad každým pístem je talířový sací ventil, který se otevírá podle tlakových poměrů paliva nad a pod ním.

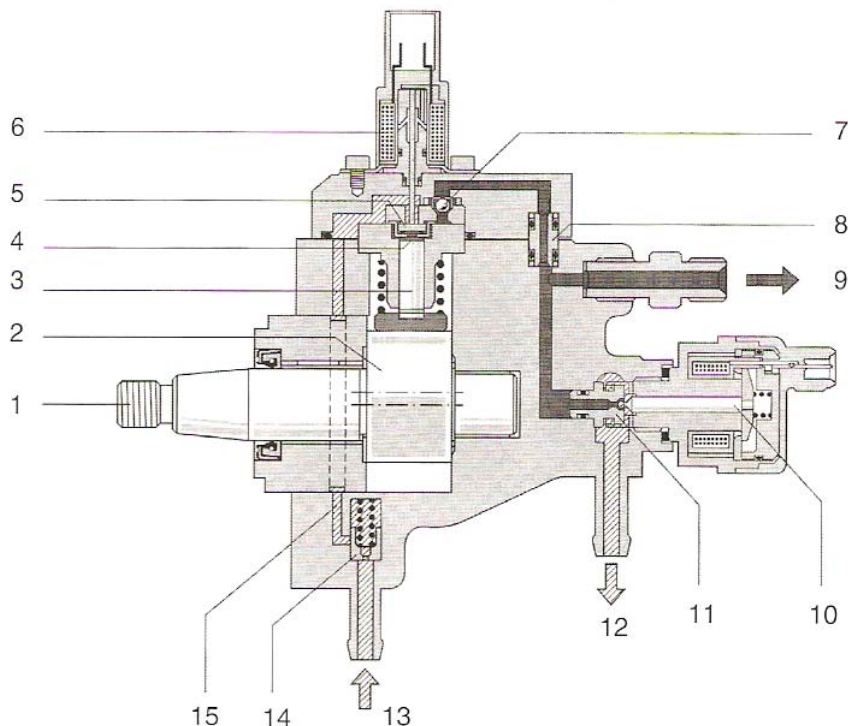


Obr. 10 – Palivová soustava s tlakovým zásobníkem Common Rail [1]

1 – vysokotlaké čerpadlo, 2 – odpojovací ventil elementu, 3 – regulační ventil tlaku, 4 – čistič paliva, 5 – nádrž, 6 – řídicí jednotka, 7 – napájení žhavicí svíčky, 8 – vysokotlaký zásobník, 9 – snímač tlaku v zásobníku, 10 – omezovač průtoku, 11 – pojistný ventil, 12 – snímač teploty paliva, 13 – vstřikovač, 14 – žhavicí svíčka, 15 – snímač teploty chladicí kapaliny, 16 – snímač otáček motoru, 17 – snímač otáček vačkového hřídele

Pístem je palivo vytlačováno přes kuličkový ventil do regulátoru tlaku (3) a odtud do tlakového akumulátoru (8). Při nízkých otáčkách, kdy není tak velká spotřeba paliva, je zbytečné, aby čerpadlo podávalo plný dopravní výkon. Proto se používá odpojení jednoho až dvou elementů čerpadla (obr. 10). Odpojení je zajištěno otevřením sacího ventilu (5) pomocí elektromagnetu (6). Ventil zůstává otevřený i při výtlaku, což zajistí snížení příkonu pohonu čerpadla a současně snížení zahřívání paliva při průtoku do přepadu. Pohon čerpadla je odvozen od pohonu rozvodu motoru. Tlak paliva ve vysokotlakém zásobníku je nastavován a udržován regulačním ventilem (10) v závislosti na zatížení motoru. Vysokotlaký zásobník akumuluje palivo dopravené od čerpadla a současně tlumí kmitání tlaku vzniklé dopravou a vstřikováním. Velikost udržovaného tlaku se pohybuje mezi 40 až 135 Mpa. Na zásobník (obr. 10) jsou napojena vysokotlaká potrubí k jednotlivým vstřikovačům, snímač tlaku (9) a pojistný ventil (11) s přepadovým potrubím.

Vstřikovače (13) jsou elektromagneticky ovládány z řídicí jednotky (6), která rozhoduje o množství a okamžiku vstřiku paliva. Komunikace mezi řídicí jednotkou Common Railu a ostatními řídicími jednotkami probíhá prostřednictvím digitální sběrnice CAN-Bus využívané také k diagnostice. Způsob řízení palivové soustavy přes digitální sběrnici CAN-Bus je rozšířen u velké části traktorových motorů [1].



Obr. 11 – Podélný řez vysokotlakým čerpadlem [1]

1 – hnací hřídel, 2 – excentrická vačka, 3 – píst čerpadla, 4 – prostor válce, 5 – sací ventil, 6 – elektromagnet pro otevření sacího ventilu, 7 – výtlačný ventil, 8 – těsnicí vložka, 9 – připojení k vysokotlakému zásobníku, 10 – regulační ventil tlaku, 11 – kuličkový ventil, 12 – přepad paliva do nádrže, 13 – přívod paliva, 14 – pojistný ventil se škrtícím otvorem, 15 – kanál k čerpacímu elementu

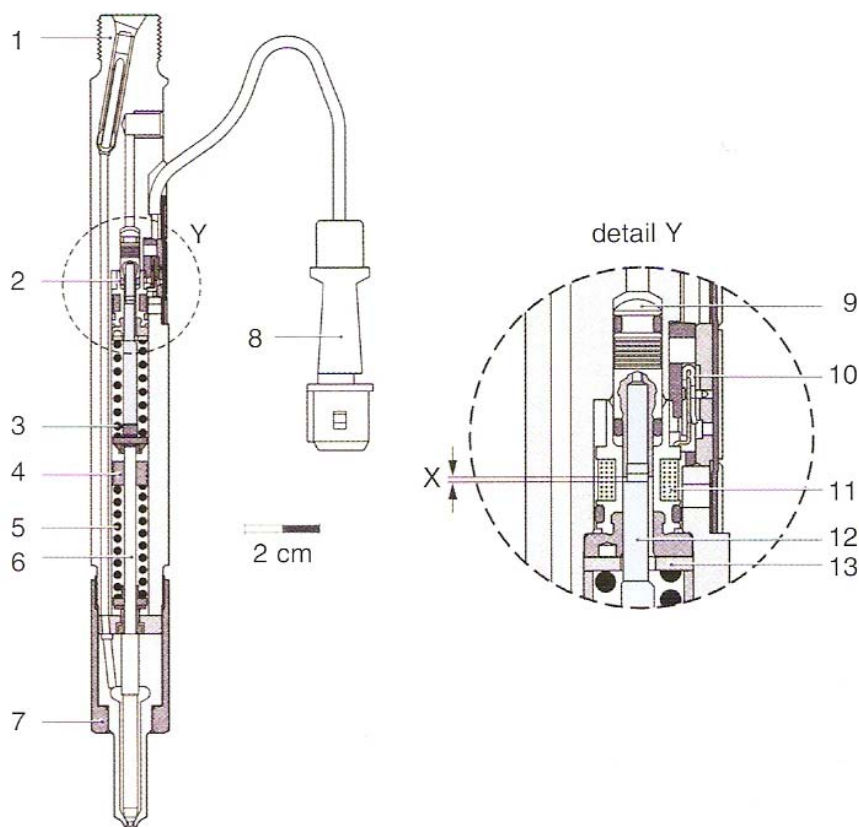
2.2.5 Vstřikovače

Vstřikovače jsou koncovou součástí palivové soustavy vznětových motorů. U palivové soustavy se vstřikovacím čerpadlem je palivo dopravováno přes výtlačný ventil a vysokotlaké potrubí do tělesa vstřikovače. Délka vysokotlakého potrubí k jednotlivým válcům musí být stejná. Tím se zajistí stejné podmínky (časový průběh tlakových vln v potrubí) pro dopravu k jednotlivým vstřikovačům.

Standardní vstřikovač se používá u motorů se vstřikovacím čerpadlem. Hlavní části vstřikovače tvoří těleso, pružina, tlačný čep, tryska, přívodní kanál paliva a odpad paliva. Vstřikovací tryska je částí vstřikovače, která rozprašuje palivo ve spalovacím prostoru. Pomocí seřizovacího šroubu se mění předpětí pružiny umístěné v tělese vstřikovače, která přes čep tlačí jehlu vstřikovací trysky do sedla. Tím se nastavuje vstřikovací tlak paliva. Vstřikovač je namontován do otvoru v hlavě válců a vstřikovací tryska ústí do spalovacího prostoru.

Dvoupružinový vstřikovač se snímačem pohybu jehly je dalším vývojovým stádiem standardních vstřikovačů. Slouží k redukci hluku vzniklého při spalování. Ve vstřikovači jsou za sebou umístěny dvě pružiny. Při otevírání trysky působí

na jehlu pouze jedna pružina, která určuje otevírací tlak. Druhá pružina se opírá o dorazové pouzdro, které omezuje úvodní zdvih jehly. Pro zajištění optimálního provozu vznětového motoru je důležitou veličinou počátek vstřiku. Jeho snímání u motorů s elektronickým řízením umožňuje přestavování vstřiku podle zatížení a otáček v uzavřeném regulačním okruhu. K tomu slouží vstřikovač se snímačem pohybu jehly (obr. 12). Snímač je tvořen cívkou (11), do níž se při otevření trysky zasouvá magnetický čep (12). Pohyb jehly indukují v cívce magnetický tok. Signál ze snímače se přímo zpracovává vyhodnocovacím obvodem v řídicí jednotce. Překročení určitého prahového napětí slouží vyhodnocovacímu obvodu jako signál pro počátek vstřiku. Na motoru je zpravidla použit jeden vstřikovač se snímačem, jehož údaje slouží pro nastavení vstřiku.

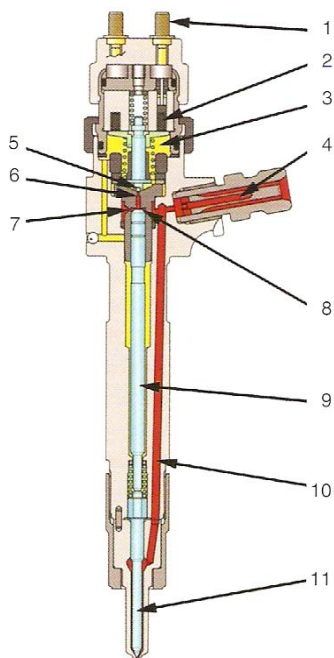


Obr.12 – Dvupružinový vstřikovač se snímačem pohybu jehly [1]

1 – těleso vstřikovače, 2 – snímač polohy jehly, 3 – tlačná pružina, 4 – vodící kroužek, 5 – pružina, 6 – tlačný kolík, 7 – upínací matice, 8 – konektor, 9 – seřizovací čep, 10 – kontakt, 11 – cívka snímače, 12 – tlačný čep, 13 – sedlo pružiny

Motory s tlakovým zásobníkem Common Rail jsou opatřeny vstřikovačem s elektromagnetickým ventilem (obr. 13), v jehož tělese je pružina, píst, tlakové kanálky, odpad paliva a elektromagnetický ventil. Palivo z tlakového zásobníku je přivedené tlakovým kanálem k trysce (10) stejně jako přes přívodní škrťací otvor (7) nad ovládací píst (9). Při uzavřeném elektromagneticky ovládaném ventilu (5) převládá hydraulická síla na píst (9) nad silou vytvořenou hydraulickým tlakem na kuželovou plochu mezikruží jehly (11). Proto je jehla tlačena do sedla a uzavírá přístup paliva do spalovacího prostoru. Při aktivování elektromagnetického ventilu je otevřen odtokový škrťací otvor (6). Tím klesá tlak v prostoru nad ovládacím pístem (8) a s ním také síla na píst (9). Hydraulická síla působící na kužel jehly (11) zvedne

jehlu ze sedla a palivo je vstřikováno do spalovacího prostoru. Palivo, které proteče odtokovým škrťicím otvorem a které prosákne kolem jehly trysky, se přes zpětný odvod vrací do nádrže. Hydraulické otevírání trysky je použito proto, že sílu nutnou pro rychlé otevření trysky není možné dosáhnout přímo elektromagnetickým ventilem [1].

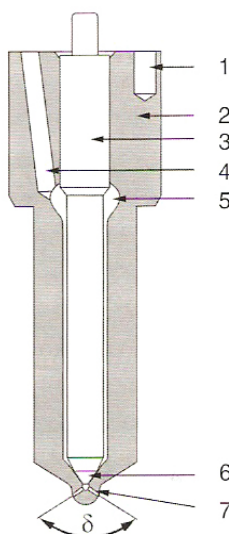


Obr.13 – Vstřikovač Common Rail s elektromagnetickým ventilem [1]

- 1 – konektor,
- 2 – elektromagnet,
- 3 – odpad paliva,
- 4 – přívod tlakového paliva od zásobníku,
- 5 – kulička ventilu,
- 6 – odtokový škrťicím otvor,
- 7 – přívodní škrťicím kanál,
- 8 – prostor nad pístem,
- 9 – ovládací píst,
- 10 – přívodní kanál k trysce,
- 11 – jehla trysky.

2.2.6 Vstřikovací trysky

U motorů s přímým vstřikem se používají otvorové vstřikovací trysky. Otvorové trysky se podle počtu otvorů dělí na jedno a víceotvorové. Tyto otvory svírají vrcholový úhel, pod kterým je palivo rozprašováno do spalovacího prostoru. Vrcholový úhel, počet otvorů, jejich umístění a průměr závisí na tvaru spalovacího prostoru motoru. Počet otvorů bývá 1 – 12 s průměrem 0,05 až 0,2 mm a vrcholovým úhlem kužele 15 – 180°. Zdvih jehly je 0,2 – 0,8 mm a je omezený dorazem [1].



Obr.14 – Otvorová vstřikovací tryska [1]

- 1 – polohovací otvor,
- 2 – těleso trysky,
- 3 – jehla,
- 4 – přívodní kanál paliva,
- 5 – tlaková komora,
- 6 – těsnící kužel,
- 7 – výstřikové otvory,
- 8 – vrcholový úhel výstřikového kužele.

2.3 Regulátory dodávky paliva

Provoz spalovacího motoru je třeba přizpůsobit jeho zátěži, protože málo kdy pracuje v režimu konstantního zatížení. Spolupráce soustavy motoru a poháněného stroje je tím stabilnější, čím rychleji se po provedené změně obnoví ustálený stav vzájemné rovnosti výkonů. Regulace by měla být pokud možno samočinná. U vznětových motorů je proti zážehovým dosažení samovolné stability chodu nedostatečné, nebo se jí vůbec nedosáhne. Proto se vznětových motorů používají regulátory dodávky paliva různých typů v závislosti na provozu vozidla a konstrukci palivové soustavy. U kolem regulátoru je rychle reagovat na změny otáček a nastavit vstřikovanou dávku paliva tak, aby se co nejrychleji motor přizpůbil změně zatížení. Existuje několik typů regulátorů. U současných traktorových motorů se používají mechanické nebo elektronické regulátory v provedení výkonnostním.

2.3.1 Mechanický odstředivý regulátor

Tento typ regulátoru se používá nejčastěji pro regulaci řadových vstřikovacích čerpadel. Regulátor dodávky paliva bývá zpravidla připojen přímo ke vstřikovacímu čerpadlu a je poháněn jeho vačkovým hřídelem. Pracuje na principu působení odstředivé síly na rotující závaží. Pohyb odpružených závaží je při změně otáček motoru převeden přes pákový mechanismus na posuv regulační tyče. Úkolem regulátoru je přizpůsobovat během provozu samočinně výkon motoru měnícímu se zatížení, reagovat na změnu otáček a přizpůsobovat dávku vstřikovaného paliva, aby kolísání otáček za provozu bylo co nejmenší. Regulátor určí potřebnou dávku paliva a příslušně posune regulační táhlo, které pak nastaví správnou polohu pístku vstřikovací jednotky [2].

2.3.2 Elektronický regulátor

U řadových vstřikovacích čerpadel lze provádět regulaci také elektronicky. Stejně jako u mechanické regulace je vstřikované množství dáno polohou regulační tyče a otáčkami. Místo mechanického regulátoru je na tyč vstřikovacího čerpadla upevněný lineární elektromagnet. Ten je připojen na elektronickou řídicí jednotku, která změnou šířky impulsů modulovaného signálu ovládá dráhu regulační tyče mezi nulovou a maximální dodávkou paliva. Příslušná charakteristika čerpadla je naprogramována v řídicí jednotce. Na tělese vstřikovacího čerpadla je také namontován elektromagnetický uzavírací ventil, který při vypnutí klíčku přeruší dodávku paliva. Zároveň se také nastaví nulová dávka paliva regulační tyčí. U čerpadel se zdvihovými šoupátky lze kromě vstřikovaného množství paliva měnit elektronicky také počátek dodávky paliva. To se děje opět elektromagnetem, který ovládá polohu zdvihových šoupátek.

Stejně jako u řadového vstřikovacího čerpadla je možná elektronická regulace i u rotačních vstřikovacích čerpadel. Pokud není čerpadlo vybaveno elektromagnetickým ventilem, jedná se o řízení čerpadel hranou. Konkrétně u rotačního čerpadla s axiálním pístem působí jako regulátor dodávky paliva rotační elektromagnet, který je spojený s regulačním šoupátkem na axiálním pístu. Vstřikované množství se může plynule měnit od nulové dávky až do maximální dodávky paliva. Uhel natočení elektromagnetického regulátoru a tím i poloha šoupátka na axiálním pístu jsou snímány snímačem a předány elektronické řídicí jednotce. Ta v závislosti na otáčkách určí vstřikovanou dávku paliva. Počátek vstřiku je nastavován pomocí elektromagnetického ventilu přesuvníku vstřiku. Odchylka

mezi skutečnou a předepsanou hodnotou počátku vstřiku je detekována snímačem pohybu jehly na vstřikovací trysce a je upravována na nulovou. I u toho systému je instalován elektromagnetický uzavírací ventil paliva, který funguje stejně jako u řadového vstřikovacího čerpadla.

Elektronická regulace vstřikovacích systémů s elektromagnetickým ventilem je také plně řízena elektronickou řídicí jednotkou. Jednotka podle vstupních údajů ze snímačů veličin důležitých pro chod motoru určuje přesně okamžik a množství vstřikované dávky. Zpracování dat probíhá velmi rychle a umožňuje rozdělit vstřik paliva do spalovacího prostoru do více samostatných částí (úvodní, hlavní a popř. dodatečný vstřik).

3.Používané vstřikovací systémy u současně produkce motorů

Současná paleta traktorů na českých polích je opravdu pestrá. Zatímco před 20-ti lety bylo u nás k vidění pouze pár značek traktorů, dnes je situace úplně jiná a lze se setkat se všemi významnými světovými značkami. Toto široké spektrum značek s sebou nese i celou škálu technických řešení a technické úrovně jednotlivých značek. A to se týká všech základních konstrukčních skupin traktorů, ke kterým patří podvozek, motor, převodovka, hydraulický systém a další. Vše prošlo za celou dobu existence dlouhým vývojem.

Motor byl vždy jednou z nejdůležitějších částí, na kterou se při výběru traktoru hodně hledí, a jeho parametry bývají rozhodujícím faktorem při koupi. V současné době se dostaly do popředí zájmů kvůli stále vyšším nárokům na jejich parametry. Je to způsobeno hlavně stále přísnějšími emisními normami, které tlačí výrobce motorů neustále snižovat emise výfukových plynů. Dále je to pak požadavek větších výkonů, který roste se stále zvyšujícími záběry pracovních strojů a požadavky těchto strojů na vyšší výkon. V dnešní době také nemalou roli hraje jednoduchost ovládání, komfort obsluhy, malé provozní náklady při vysoké spolehlivosti. Proto můžeme v dnešní produkci traktorových motorů sledovat neustálé inovace a zavádění nových technologií, aby se předchozím požadavkům vyhovělo v plné míře. Proto se ke slovu dostává čím dál více elektronika, která v řízení a regulaci všech systémů v dnešní době hraje obrovskou roli.

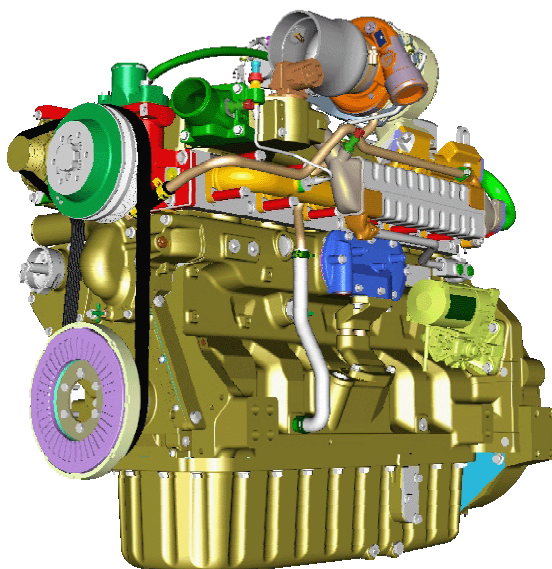
Jak už bylo řečeno v úvodu kapitoly, výrobci traktorů je v dnešní době opravdu hodně a je z čeho vybírat. Každá značka se snaží o nabídku ucelené řady modelů, která je přizpůsobená svým rozsahem a úrovní vybavení rozdílným podmínkám zemědělství i dalším oblastem, kde jsou traktory využívány. Toto se týká i traktorových motorů a vyrobit kvalitní motor, s dobrými výkonnostními parametry a dlouhou životností není jednoduché. Je k tomu zapotřebí hodně finančních prostředků investovaných do vývoje a také určité zkušenosti, které jsou výsledkem mnohaleté práce. Proto se výrobcům traktorů nabízí několik možností, kde hrají roli především ekonomické aspekty, ale také požadavky z oblasti marketingu, jako například tradice výroby a jméno značky. Prakticky zde existují tři rozdílné cesty:

- výroba motorů ve vlastní motorárně,
- strategické spojení v rámci koncernu,
- dodávky motorů od specialistů na dieselové motory [4].

Následující text bude průřezem použitých technologií na traktorových motorech se zaměřením na vstřikovací systém jednotlivých značek traktorů (popř. koncernů). Nutno říci, že jednotlivá konstrukční řešení bývají hodně podobná a liší se pouze v detailech. Lze se setkat také s tím, že pokud výrobci traktorů nemají vlastní motory a odebírají motory od stejného výrobce, tak lze v rozdílných značkách traktorů nalézt shodné motory. Pak už záleží pouze na výrobcu, jak motor začlenil do celého konstrukčního celku traktoru, aby vytěžil z daného motoru maximum.

3.1 John Deere

Výrobce zemědělské techniky John Deere je stále věrný stavět své stroje ze svých komponentů. Proto všechny důležité části traktorů jako motor, převodovka, podvozek a jiné jsou vlastní konstrukce. Tato firma se zabývá vývojem motorů po desetiletí, svůj první diesellový motor vyrobila v roce 1949 a od té doby vyrobila téměř 6 milionů motorů. Vývoj techniky hnacího ústrojí, tedy i motorů, probíhá pod označením Deere Power System (DPS). Patří sem také motorárny ve městech Saran (Francie) a Waterloo (Iowa/USA). Motory těchto závodů jsou používány pro všechny stroje se značkou John Deere, s výjimkou největší sklízecí řezačky, vybavené motorem Cummins. Motory jsou vyráběny pod obchodním názvem PowerTech a dělají se v několika řadách výkonových variant. Základem je čtyřválec o zdvihovém objemu 4,5 l, poté tři šestiválce o objemu 6,8 l, 9,0 l a 13,5 l. S výjimkou viničních traktorů produkce zahrnuje 7 modelových řad traktorů ve výkonovém rozpětí od 80 do 530 koní. Výkonnostní rozdíly jsou dány samozřejmě použitím rozdílného počtu válců a zdvihového objemu, ale také použitím různé konstrukce hlavy motoru, různých variant turbodmychadla atd.



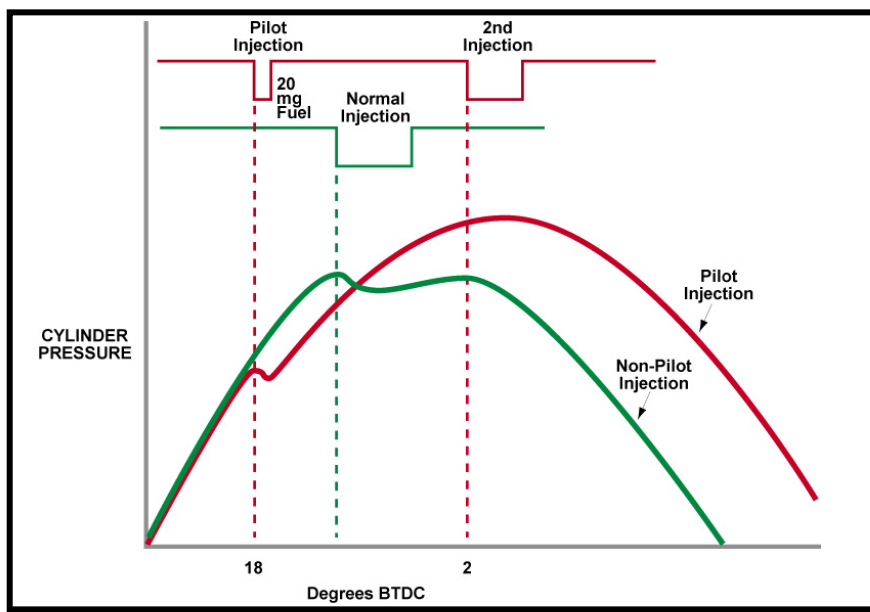
Obr.15 – Motor PowerTech Plus 6090 [6]

Všechny motory plní normu Tier III a všechny mají elektronicky řízený systém Common Rail. Výjimku tvoří pouze největší motor o zdvihovém objemu 13,5l, který používá systém sdružených vstřikovačů čerpadlo – tryska. Výrobce vstřikovacích systémů je japonská firma Denso. Ovšem řídicí elektroniku a diagnostiku motoru si John Deere vyrábí sám.

Palivo je nasáváno z palivové nádrže pomocí elektrického čerpadla napájeného přímo z elektronické řídicí jednotky. Poté je tlačeno dvojicí filtrů se senzorem vody v palivu k vysokotlakému čerpadlu. U motorů řady 6090 je navíc za dopravním čerpadlem senzor tlaku paliva. Vysokotlaké čerpadlo vytlačuje palivo do regulátoru tlaku a odtud do tlakového akumulátoru. Na ten jsou připojeny jednotlivé vstřikovače. Startovací tlak při startu motoru je min 40 Mpa, pokud není v případě poruchy čerpadlo schopno takový tlak vyvinout, tak motor vůbec nenastartuje (elektronická řídicí jednotka vůbec neotevře vstřikovače a vypíše chybový kód). Vstřikovací tlak se během provozu pohybuje od 50 (volnoběh) do 140 Mpa (plný

výkon) u motorů splňující normu Tier III. U motorů plnící normu Tier II byl maximální tlak do 120 MPa. U systému čerpadlo – tryska je vstřikovací tlak o něco vyšší, zhruba 160 MPa.

Plně elektronické řízení vstřikovacího systému Common Rail může také vstříknutí paliva rozdělit na dva dílčí vstřiky, na pilotní dávku, která zvýší tlak a teplotu ve spalovacím prostoru a připraví tak příznivé podmínky pro vstříknutí hlavní dávky paliva. To vede ke snížení hluku spalování, protože nárůst tlaku ve válci je více pozvolný, snížení spotřeby paliva a snížení emisí výfukových plynů. Rozdíl průběhu nárůstu tlaku s/bez pilotního vstřiku je znázorněn na obr. 16.



Obr.16 – Průběh tlaku ve válci motoru s/bez pilotní vstřikované dávky paliva [7]

Další výhodou elektronického řízení motoru je také systém navyšování výkonu motoru. V podstatě se jedná o další výkonovou charakteristiku motoru, na kterou motor přechází za přesně stanovených podmínek. Technicky se jedná o navýšení výkonu vstřikováním většího množství paliva, což u elektronicky ovládané vstřikovací soustavy není žádný problém. U traktorů John Deere je systém nazývá Intelligent Power Management a je aktivován buď při práci s vývodovým hřídelem nebo při transportu. Systém tedy musí detekovat připojené zařízení na vývodovém hřídeli, nebo se pohybovat rychlostí vyšší než 15 km/h. S narůstající rychlostí narůstá také výkonové navýšení, které je na 100% okolo rychlosti 20 – 23 km/h. V tab. 2 jsou uvedeny hodnoty maximálního navýšení u některých modelů traktorů John Deere.

Model	Additional Engine HP	Additional Engine HP	Additional Engine HP
6230	10		
6330	10		
6430	10		
6530		20	
6630		20	
6830			25
6930			25
7430			25
7530			25

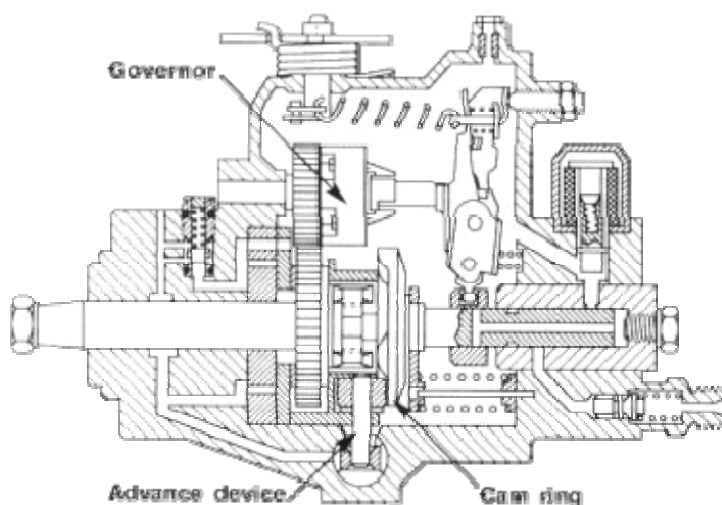
Tab.2 – Výkonové navýšení některých modelů traktorů John Deere [7]

3.2 Koncern CNH

CNH je nadnárodní koncern, který vyrábí množství značek, a to nejen zemědělských strojů. Počet značek traktorů, který je integrovaný v této skupině je opravdu velký. (Ford, New Holland, David Brown, Case, International Harvester a Steyr). Dnes už se vyrábí pouze značky New Holland, Case a Steyr. Každá značka navenek vypadá jako samostatná, avšak při bližším srovnání zjistíme, že technika traktorů jako motory, podvozek, převodovky a jiné jsou až na malé rozdíly naprosto stejné. Z toho plynou značné úspory při vývoji a výrobě všech konstrukčních celků. Stejně jako počet značek traktorů integrovaných v této skupině, tak i počet používaných motorů pro traktory CNH je opravdu pestrý. I když i zde můžeme vidět snahu o zavedení vlastní řady motorů. Po několika fúzích a na sebe navazujících odkoupení byl založen společný podnik pro vývoj dieselových motorů s parametry odpovídajícími světovým emisním předpisům. Bylo to již v roce 1996, poté co byly zveřejněny mezinárodní směrnice pro emise výfukových plynů Tier s výhledem až do roku 2010 [4].

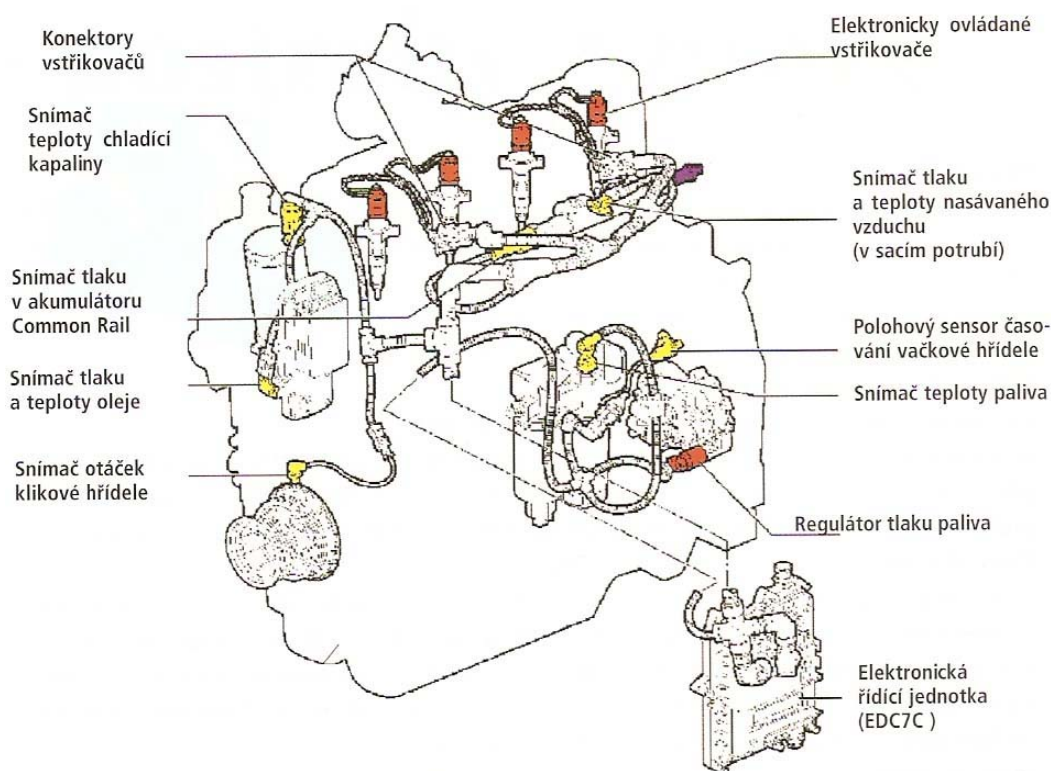
V současné produkci můžeme najít 5 značek motorů používaných v traktorech koncernu CNH. Jsou to Iveco – NEF (New Engine Family) se čtyř- a šestiválcovým blokem motorů a objemem 4,5l a 6,75l. Dalším je motor s označením CNH – Powerstar. Jedná se o šestiválcové motory se zdvihovým objemem 6,5l. Poslední tři značky jsou od externích dodavatelů a tyto motory můžeme najít i v traktorech, které s koncernem CNH nemají nic společného. Jedná se o motory šestiválce Sisu Forticus, Iveco Cursor a motoru Cummins řady QSC, QSL a QSX.

Motory Iveco – NEF jsou montovány do traktorů o výkonovém rozpětí 100 – 200 koní. Jako základ slouží čtyř- a šestiválcový blok motoru a různé výkonové varianty jsou dosaženy montáží různého příslušenství, jako dvou nebo čtyřventilová hlava motoru a různé uspořádání vstřikovacího systému. Ten je dodáván jako mechanicky řízený u nižších výkonových variant a nebo jako elektronicky řízený systém Common Rail. Vstřikování u mechanicky řízeného systému zajišťuje rotační vstřikovací čerpadlo Bosch VE nebo Deplhi DP 210. Rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem Bosh VE (obr. 17) má mechanický regulátor, který ovládá šoupátko umístěné na axiálním pístu, a tím mění délku vstřiku a vstřikovanou dávku. Změna počátku vstřiku je ovládána také mechanicky, mechanickým přesuvníkem vstřiku.



Obr.17 – Mechanicky řízené rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem Bosch VE [8]

Jako elektronicky řízené vstřikování paliva se u motorů NEF používá systém s tlakovým zásobníkem Common Rail značky Bosch. V nízkotlaké části je zubové dopravní čerpadlo, které nasává palivo z palivové nádrže přes řídicí jednotku (slouží pro její chlazení) a hrubý filtr. Z dopravního čerpadla, které je uloženo na čerpadle vysokotlakém jde přes jemný filtr do čerpadla vysokotlakého. Na tělese filtrů je umístěna ruční pumpička pro pumpování paliva například po výměně filtrů a zavzdušnění soustavy. Vysokotlaké čerpadlo Bosch CP3 tlakuje palivo na požadovaný tlak. To je akumulováno v tlakovém zásobníku a přiváděno vysokotlakým potrubím k elektromagneticky ovládaným vstřikovačům. Celý systém je řízen elektronickou řídicí jednotkou, která určuje tlak vstřikovaného paliva, začátek a délku vstřiku. Tyto veličiny jsou vyhodnocovány řídicí jednotkou na základě signálů z čidel montovaných na motoru (obr. 18), které snímají veličiny důležité pro chod a řízení motoru.

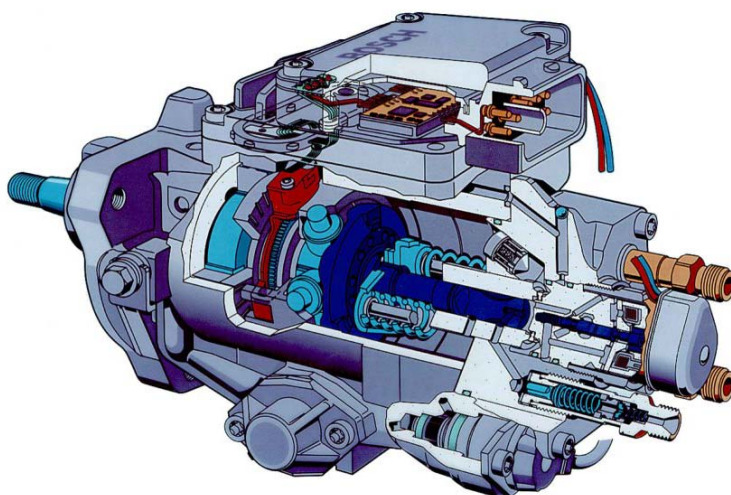


Obr.18 – Řídicí jednotka a použité snímače provozních veličin [5]

Díky elektronickému ovládání může řídicí jednotka v širokém rozsahu měnit předstřík, dávku paliva (pilotní i hlavní) a řídí i vstřikovací tlak, který je nižší při volnoběhu, kdy postačuje 65 MPa, zatímco při plné dodávce paliva je tlak maximální, a to 140 MPa. Změnu tlaku zabezpečuje elektronicky řízený regulátor umístěný na vysokotlakém čerpadle [4].

Další z používaných motorů byl koncernový motor CNH – Powerstar. Byly to šestiválcové motory o objemu 7,5l a výkonovém rozmezí 120 – 200 koní. U těchto motorů byl použit mechanický systém vstřikování paliva s rotačním čerpadlem Bosch VE nebo elektronicky řízený systém Bosch VP30 s rotačním čerpadlem s axiálním pístem. S tím elektronickým řízením motor dosahoval emisního limitu Tier II. Tyto motory byly používány na traktorech modelové řady TM/MXM.

Pro traktory s plynulým systémem pojezdu CVT jsou dodávány s motory finského výrobce Sisu Diesel. Díky svému elektronickému vstřikování se hodí pro traktory, vyžadující vzájemnou součinnost motoru s převodovkou rámci plně automatického managementu. Jsou vybavovány elektronicky řízeným systémem Bosch VP30 s rotačním vstřikovacím čerpadlem s axiálním pístem nebo vysokotlakým elektronicky řízeným systémem Bosch Common Rail CP1H. Systém VP 30 (obr. 19) je rozdělovací vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem řízeným elektromagnetickými ventily s plně elektronickým řízením množství paliva a okamžiku vstřiku. Má mj. snímač impulzů a snímač úhlu natočení, vysokotlaký elektromagnetický ventil pro řízení vstřikované dávky paliva pro odpojování paliva, elektromagnetický ventil přestavování začátku vstřiku pro okamžik vstřiku a pro dobu vstřiku a řídicí jednotku čerpadla. V tomto vysokotlakém čerpadle je vytvářen vysoký tlak až 90 MPa. Díky elektronické regulaci i u toho systém probíhá předvstřikování pilotní dávky paliva do válce, což uvede horní část válce do optimálního rozsahu teploty. Nárůst spalovacího tlaku je více plochý a vede k menšímu hluku při spalování [3].



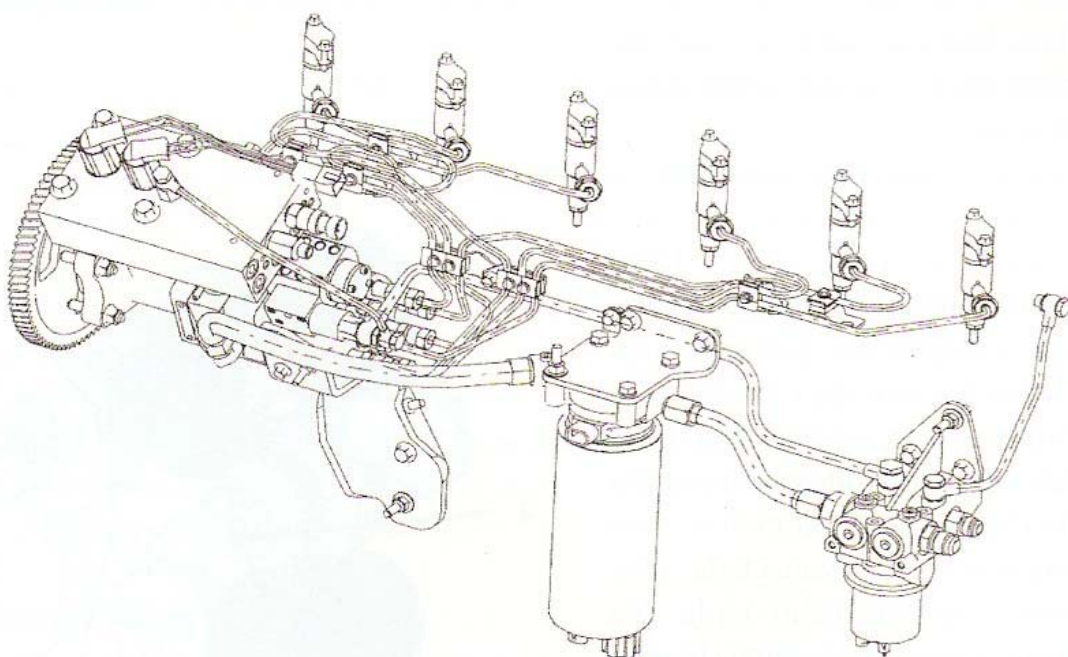
Obr.19 – Vstřikovací čerpadlo Bosch VP 30 [9]

Motory s elektronicky řízeným systémem Bosch Common Rail s vysokotlakým čerpadlem CP1H mají obdobnou funkci jako u motorů NEF a čerpadlem CP3. Vstřikování paliva probíhá pod maximálním tlakem 110 MPa, 5-ti otvorovými tryskami ve 3 cyklech na základě otáček motoru, teploty motoru, sacího vzduchu a paliva, tlaku sacího vzduchu, paliva v zásobníku a tlaku motorového oleje.

Dalším dodavatelem motorů je americká firma Cummins, která dodává tři řady svých šestiválcových motorů s názvy QSC, QSL a QSX ve výkonovém rozmezí 200 – 350 koní a 450 – 600 koní pro nejsilnější traktory. Všechny tyto motory používají elektronicky řízené vstřikování paliva, avšak každé pracuje na jiném principu. Použité palivové systémy jsou CAPS, Cummins Common Rail systém a elektronicky řízený HPI-TP.

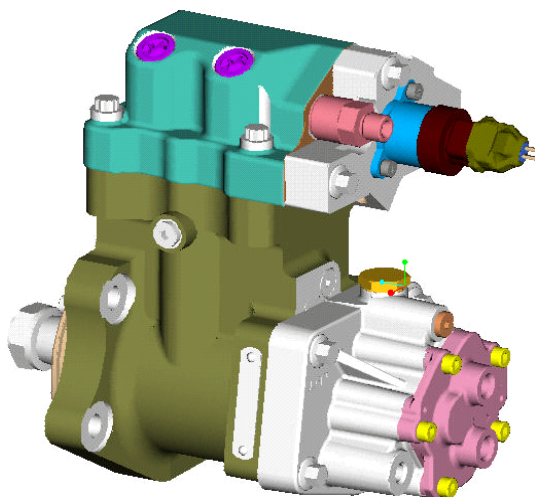
Systém CAPS (Cummins Accumulator Pump System) je speciálně zkonstruovaný firmou Cummins. U něho je palivo nasáváno z nádrže elektrickým dopravním čerpadlem, které palivo dále dopravuje do palivového filtru s odlučovačem vody. Elektrické dopravní čerpadlo nepracuje nepřetržitě, je využíváno jenom krátce po startu motoru. Jeho úkolem je zaplavit nízkotlakou dopravní větev palivem, tak, aby mohlo začít pracovat čerpadlo zubové, které je už součástí vlastního vstřikovacího čerpadla. Zubové čerpadlo dopravuje palivo během vlastní práce

motoru. Z něj pokračuje přes dva solenoidové ventily ke dvěma jednopístkovým čerpadlům. Tady začíná vysokotlaká větev palivové soustavy. Pístky jsou zvedány vačkou o třech vrcholech poháněnou od rozvodu motoru. Palivo pokračuje pod vysokým tlakem, který může být až 100 Mpa, do akumulátoru stlačeného paliva. Dva solenoidové ventily řídí tlak v akumulátoru podle potřeb motoru. Tím se v zásobníku udržuje požadovaný tlak. Na výstupu ze zásobníku je opět elektronicky řízený ventil, který uvolňuje ze zásobníku přesné množství paliva vždy, když se mechanický rozdělovač nachází v poloze pro dopravu ke konkrétní vstřikovací jednotce. U studeného motoru je palivo vstřikováno nadvakrát, prvně menší pilotní dávka a poté hlavní vstřik. U zahřátého motoru je palivo vstříknuto najednou pomocí jedné dávky. [13]



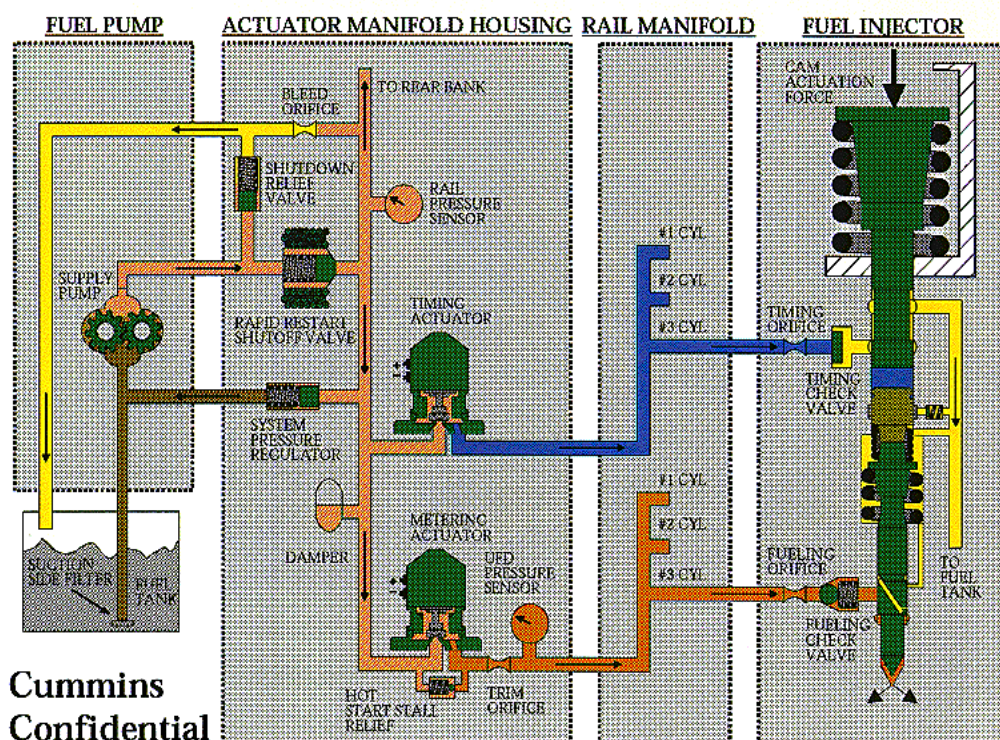
Obr.20 – Elektronicky řízený systém vstřikování paliva CAPS [13]

U motorů se systémem vstřikování Common Rail je způsob řízení stejný jako u motorů NEF. Jedinou výjimkou je, že vysokotlaké čerpadlo a řídicí jednotku vyrábí Cummins sám. Proto tento systém bývá označován jako CCR (Cummins Common Rail). Tlakový zásobník a vstřikovače jsou od firmy Bosch. Palivo je nasáváno z palivové nádrže a je opět filtrováno dvojicí filtrů. V nízkotlaké části jsou dvě podávací čerpadla. Jedno elektrické, které je namontováno na chladicí desce, na které je i elektronická jednotka, a druhé mechanické zubové čerpadlo namontované na tělese vysokotlakého čerpadla. Vysokotlaké čerpadlo se odlišuje od předešlé konstrukce čerpadel Bosch. Ve vačkové skříni je dvojice pístů umístěných za sebou v řadě, které vytváří potřebný tlak ve vysokotlaké části. Na hlavě vysokotlakého čerpadla je umístěn výstup tlakového paliva do tlakového zásobníku, řídicí ventil, který nastavuje požadovaný tlak a přepad do nádrže. Součástí vysokotlakého čerpadla je i dopravní zubové čerpadlo.



Obr.21 – Vysokotlaké čerpadlo vstřikovacího systému Cummins Common Rail [10]

Dalším systémem vstřikování je opět specialita firmy Cummins s názvem HPI – TP (High Pressure Injection – Time Pressure). Vysokotlaká část tohoto systému začíná až v hlavě válců, kde je umístěn vstřikovač ovládaný vačkou. Dopravní čerpadlo přivádí ke vstřikovačům palivo přes filtry a soustavu ventilů, které řídí dopravu v nízkotlaké části. Dále je ke vstřikovačům vedena větev paliva, která řídí samotné vstřikování, tj. počátek vstřiku a vstřikovanou dávku. Tato řídicí větev je řízena elektronickými ventily. Palivo, které prosákne kolem vstřikovací trysky a které je v rámci řízení nepotřebné je odváděno vratným vedením zpátky do nádrže.



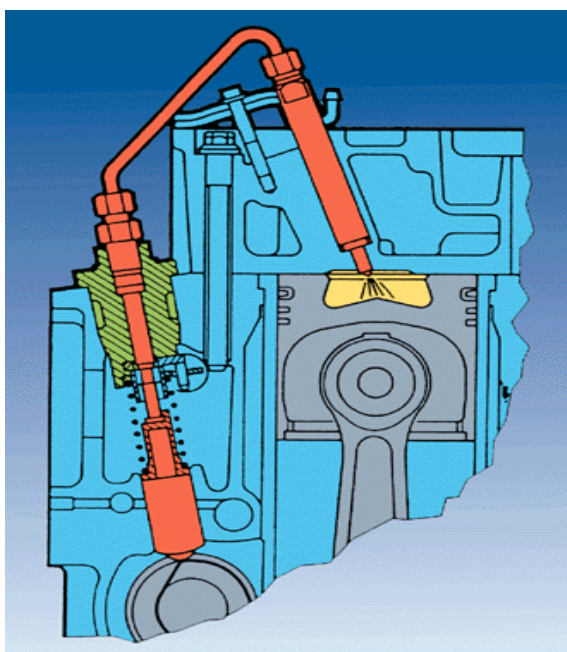
Obr.22 – Vstřikovací systém HPI - TP firmy Cummins [11]

Poslední typ motorů používaných koncernem CNH jsou motory značky Iveco (Industrial Vehicle Company). Konkrétně jde o šestiválcové motory o objemu 12.9l ve výkonovém rozmezí 300-400 koní. Tyto motory plní emisní normu Tier 3 a pro vstřikování paliva do válce je použito sdružených vstřikovačů. Konkrétně jde o výrobek značky Bosch, typ PDE. V nízkotlaké větvi je palivo dopravováno postupně přes hrubý filtr, elektronickou jednotku a jemný filtr k jednotlivým vstřikovačům. Součástí sdruženého vstřikovače je elektronický ventil, který je ovládán elektronickou řídicí jednotkou. Ta určuje počátek a délku vstřiku, případně vstřikovanou dávku rozdělí na pilotní a hlavní. Jelikož vačka pro pohon vstřikovacích jednotek je umístěna v hlavě motoru, seřizuje se ventilová vůle na vstřikovačích podobně jako u ventilového rozvodu motoru.

3.3 Same Deutz-Fahr Group

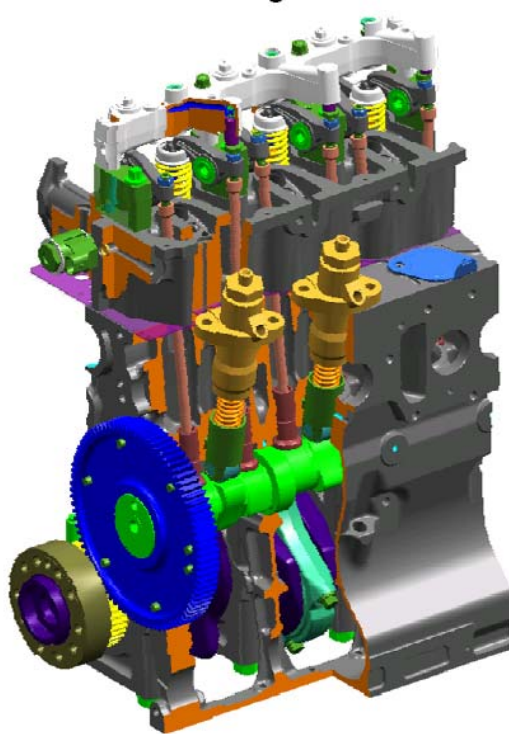
Same Deutz Fahr Group je další koncern prodávající traktory na českém trhu. V roce 1995 italský výrobce (spolu se značkami Lamborghini a Hürlimann) začal s nákupem divize traktorů a zemědělských strojů Deutz-Fahr. Tento koncern je ale také hlavním akcionářem firmy Deutz AG v Kolíně nad Rýnem, která se zabývá právě vývojem motorů pro tento koncern a je plánován postupný přechod k motorům Deutz. Italská produkce motorů Same bude postupně utlumena [4]. Pod tento koncern spadají značky jako Deutz-Fahr, Same, Lamborghini a další.

Motory Deutz používají dva systémy vstřikování paliva. První je sdružený vstřikovací systém čerpadlo – vedení – tryska s mechanickou nebo elektronickou regulací a druhý systém je Deutz Common Rail. Nízkotlaká palivová větev je skoro stejná a má za úkol dodávat, filtrovat a případně ochlazovat palivo, které bude pod tlakem vstříknuto do spalovacího prostoru motoru. Sdružený vstřikovací systém je řízený mechanicky nebo elektronicky řídicí jednotkou motoru. V případě elektronického řízení jsou motory vybaveny elektronickým navyšováním výkonu, které je zapnuto při velkém zatížení motoru (práce s vývodovou hřídelí, transport).



Obr.23 – Sdružený vstřikovací systém čerpadlo – vedení – tryska [12]

U motorů se vstříkovacím systémem Deutz Common Rail jsou veškeré komponenty jako tlakový zásobník, vstřikovače a řídicí jednotka motoru od firmy Bosch. Pouze řešení přísunu paliva do tlakového zásobníku je patentem firmy Deutz. Rozdíl spočívá v tom, že vysokotlaké čerpadlo není poháněno do rozvodů ale přímo vačkovou hřídelí. Nacházejí se zde dvě vysokotlaká čerpadla mezi kterými se je umístěna rozdělovací jednotka, která řídí jejich provoz. Výhodou tohoto systému je, že čerpadla jsou mazána olejem z olejové náplně motoru, tudíž není systém tolik náchylný na špatnou kvalitu paliva. Další výhodou, který tento systém má, je to, že při poruše nebo problému s jedním čerpadlem je motor schopen pracovat v nouzovém režimu a nedojde k úplnému zastavení motoru. Traktor je tak při poruše na poli schopen dojet na požadované místo, kde bude závada odstraněna. Díky elektronické regulaci je opět možnost navyšování výkonu, spolupráce řídicí jednotky motoru s převodovkou a dalšími konstrukčními uzly traktoru či dělený vstřík paliva, který může být v závislosti na podmínkách provozu motoru rozdělen až na tři dílčí vstříky. Samozřejmostí je vysoký vstříkovací tlak paliva, který se pohybuje v rozmezí 30 – 150 MPa.



Obr.24 – Řez vysokotlakým vstříkovacím čerpadlem systému Deutz Common Rail

3.4 AGCO Corporation

Vedení koncernu Agco, sdružující traktory Fendt, Masery Ferguson, Valtra a Challenger se vydalo jinou cestou. Každé značce traktorů ponechali vlastní výkonovou charakteristiku a tedy i dodavatele motorů. Příslušný dodavatel motorů se vždy podílí na vývoji nových traktorů a zároveň výkonové a provozní parametry svých motorů upravuje společně s výrobcem traktorů, aby spolupráce mezi motorem, převodovkou a dalšími uzly traktoru byla co nejlepší [4]. Proto postupně proberu jednotlivé značky a jejich dodavatele motorů.

Pro traktory Fendt jsou osazovány motory Deutz. Jedinou výjimku tvoří model viničního traktoru, který je montován s tříválcovými motory finského výrobce Sisu Diesel. Dříve byly traktory Fendt řady 900 poháněny motory německého výrobce Man, které však už v dnešních traktorech nejsou používány. Co se týče vstřikovacího systému, jedná se o stejné motory jako používá koncern Same Deutz-Fahr Group, tedy se vstřikováním Deutz Common Rail se dvěma vysokotlakými čerpadly, mazanými tlakovým olejem z olejové náplně motoru. Elektronické řízení dodávky paliva je u těchto motorů nutností, protože traktory Fendt jsou již v řadě 300, která obsahuje výkonové rozpětí traktorů mezi 80 – 110 koňmi, nabízeny s plynulou převodovkou Vario.

Další značkou z koncernu Agco jsou finské traktory Valtra. Tím přešel pod vlastnictví koncernu i výrobce motoru Sisu Diesel. Tyto motory byli od začátku vyráběny pro nasazení v zemědělské a lesnické technice a jsou tedy dostatečně robustní. Tento výrobce motorů opět nabízí ucelenou řadu motorů v širokém výkonovém rozpětí. Nejmenší tří- a čtyřválce jsou vybavovány vstřikováním paliva od firmy Bosch. Pro nejmenší jednoduché traktory je to konkrétně rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem Bosch VE, které je používáno i v motorech NEF koncernu CNH. Pro výkonnější řady je motor osazován vstřikováním Common Rail s komponenty firmy Bosch. Zvláštností největších motoru Sisu je systém SCR (selektivní katalytická redukce), který je používán pro snížení emisí výfukových plynů motoru a je používán u těžkých nákladních automobilů. Motor je tak naladěn na optimální výkon a spotřebu a emise se řeší až za motorem ve výfukovém potrubí, kde je do spalín vstřikována kapalina močovinnového základu AdBlue. U těchto motorů je tedy vedle hlavní nádrže na palivo i menší nádrž na kapalinu AdBlue.

Massey Ferguson používá pro svoje modelové řady dva druhy motorů od dvou výrobců. Motory Perkins jsou montovány do nižších výkonových řad modelů. Jedná se o čtyř- a šestiválcové motory. Pro nižší výkonové varianty je použito mechanického vstřikování, a to pomocí rotačního vstřikovacího čerpadla Bosch VE. Pro výkonnější motory se používá elektronické vstřikování paliva Common Rail, které už nabízí další výhody spojené s montáží elektronického vstřikování, jako navyšování výkonu motoru nebo dělený vstřik paliva. Pro výkonnější řady traktorů Massey Ferguson jsou používány motory Sisu, které mají elektronické vstřikování Common Rail. Jsou shodné s motory v traktorech Valtra, takže i zde můžeme u nejvýkonnější řady 8600 najít systém SCR pro snížení emisí výfukových plynů.

4. Závěr

Požadavky kladené na současně traktorové motory se neustále zvyšují. Základními parametry, který každý motor musí splňovat, je spolehlivost a dlouhá životnost. Dalším požadavkem je vysoký výkon a důležité kritérium motoru je i nárůst točivého momentu, který poskytuje nezbytnou pružnost při měnících se podmínkách zatížení. Při jeho vysoké hodnotě je výsledkem relativně konstantní výkon motoru v širokém rozsahu otáček a při proměnlivém zatížení motoru. Dalším faktorem související s ekonomikou provozu je nízká měrná spotřeba paliva, kterou se u nejlepších motorů podařilo stlačit pod úroveň 200g/kWh. Po zavedení směrnic, zpřísňující normy pro složení spalin, jsou výrobci nuceni neustále inovovat svoje motory tak, aby vyhověli emisním normám a udrželi krok s konkurencí.

Správná konstrukce vstřikovacího systému zásadním způsobem ovlivňuje výslednou charakteristiku motoru. Méně výkonné motory si prozatím vystačí s mechanicky řízenou vstřikovací soustavou, která však během provozu nenabízí takové možnosti jako moderní elektronicky řízené systémy. Ty se do budoucna jeví jako efektivní řešení výše uvedených problémů. Nabízejí možnost komfortního řízení motoru a systému navyšování výkonu motoru za předem stanovených podmínek, jako například práce s vývodovým hřídelem nebo zařazení vyššího převodového stupně při dopravě. Další výhodou je sladění výkonové charakteristiky motoru s převodovkou, která bývá v řadě případů také elektronicky řízena. Vzájemná spolupráce mezi motorem a převodovkou má při dané pracovní operaci využít maximální sílu motoru při jeho nejekonomičtějším provozu. Počet úkonů řidiče je tedy omezen na minimum a ten se může maximálně věnovat řízení a kvalitě práce připojeného stroje. Elektronické řízení může dále v širokém pásmu ovlivnit začátek a množství vstřikovaného paliva nebo rozdělení vstřiku na více dílčích vstřiků. To má za následek, spolu s většími vstřikovacími tlaky, snížení hodnoty emisí výfukových plynů a také měkčí a tišší chod motoru. Nevýhodou oproti mechanickému řízení dodávky paliva je větší náchylnost paliva, která bývá u strojů v agrárním sektoru horší kvality, a také další faktory, jako vyšší tvorba prachu a nečistot během práce na poli. Právě směrnice zpřísňující normy emisí výfukových plynů dnes nejvíce dostávají výrobce motorů po tlak a ti jsou neustále nuceni zdokonalovat systém spalování paliva, aby těmto normám vyhověli.

Traktory Zetor jsou vybavovány motory vlastní konstrukce, se kterou mají dlouholeté zkušenosti. Jedná se o čtyřválcové, přeplňované motory s mezichlazením stlačeného vzduchu, které jsou vyráběny v jednotné řadě a mají tedy hodně společných dílů. Ke vstřikování paliva se používá klasické mechanické řadové vstřikovací čerpadlo. Aby bylo vyhověno emisním limitům, jsou motory vybaveny systémem recirkulace spalin. Podle polohy regulační tyče ve vstřikovacím čerpadle, kterou udává snímač namontovaný na čerpadle, a rovněž s ohledem na otáčky motoru dochází k řízenému přisávání spalin do sání motoru. Při nízkém zatížení motoru je ventil otevřen recirkulace otevřen a spaliny se přisávají, při vysoké zátěži, kdy se vstřikuje více paliva a spotřebovává se tedy i více kyslíku, se ventil uzavře a k přisávání nedochází [14].

V dalších letech je však potřeba počítat s další inovací těchto motorů, které budou muset nutně vyhovět především emisním limitům. A modernizaci se nespíše nevyhne ani vstřikovací soustava, která velkou mírou ovlivňuje tvorbu emisí. Mechanické řízení vstřikování paliva je v současné době schopné vyhovět, s pomocí

všech podpůrných systémů, legislativě tvorby emisí. Otázkou však je, jestli tohoto bude schopné i po zavedení dalšího stupně emisního limitu. Pokud u současné produkce motorů je určitá rezerva ve tvorbě výfukových plynů a motory nejsou na hraně příslušného emisního limitu, je zde možnost instalací nových systémů (např. filtr pevných částic) nebo případně úpravou stávajících instalovaných zařízení nové emisní normě vyhovět. Poté by si motory mohli zanechat současně uspořádání vstřikovací soustavy a její mechanické řízení dodávky paliva. V opačném případě bude nutné inovovat vstřikovací soustavu a nahradit ji některým elektronicky řízeným systémem paliva. Motor by se musel příslušně upravit pro montáž daného vstřikovacího systému, především pro pohon vysokotlakého vstřikovacího čerpadla. Dále by se jednalo o menší dílčí úpravy, které by umožnily montáž potřebných čidel a snímačů, které jsou nezbytné pro snímání potřebných provozních parametrů motoru. Potřebné informace z těchto čidel by vyhodnocovala elektronická jednotka motoru, která by po dobu chodu motoru upravovala okamžik a délku vstřiku paliva do spalovacího prostoru. To by přineslo i další výhody spojené s řízením motoru, jako například možnost nastavení konstantních otáček při práci s vývodovým hřídelem nebo možnost komunikace mezi řídicí jednotkou motoru a převodovky. Otázkou je, zda-li je současně konstrukční řešení motoru dostatečně robustní, aby odolalo vyšším tlakům ve válci motoru a dalším změnám spojených s instalací nového vstřikovacího systému.

Poslední možností je nákup motorů od jiného výrobce, který se vývojem motorů intenzivně zabývá. Jak je patné, není to nic neobvyklého a spousta výrobců traktorů se vývojem vlastních motorů, který určitě není jednoduchý a bývá velmi nákladný, nezabývá. Vše už je otázkou ekonomiky výroby traktoru a také marketingu, které z řešení je pro danou značku traktorů nejvýhodnější.

5. Seznam použitých zdrojů

- [1] BAUER, František, et al. *Traktory*. 1. vyd. Praha : Profi Press, 2006. 192 s.
- [2] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. 1. vyd. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2003. 580 s.
- [3] VLK, František. *Automobilová elektronika 3 : Systémy řízení motoru a převodů*. 1. vyd. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. 355 s.
- [4] BENEŠ, Petr. Moderní produkce motorů pro traktory. *Mechanizace zemědělství*. 2005, č. 1, s. 34-37.
- [5] STEHNO, Luboš. Detailní pohled na Case IH MXU Maxxum - motor. *Mechanizace zemědělství*. 2005, č. 5, s. 21-26.
- [6] Motor 6090. 2005. Elektronická prezentace firmy Strom Praha a.s.
- [7] Traktory řady 6030. 2006, Elektronická prezentace firmy Strom Praha a.s.
- [8] *BOSCH VE INFORMATION PAGES* [online]. 2000 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://home.comcast.net/~vwgtd/vepump.htm>>.
- [9] Palivový systém VP30. 2002. Elektronická prezentace firmy Agrotec.
- [10] Palivový systém CR Cummins. 2005. Elektronická prezentace firmy Agrotec.
- [11] Palivový systém HPI - TP Cummins. 2001. Elektronická prezentace firmy Agrotec.
- [12] JIRKA, Otto. Novinky 2009. . 2009. Elektronická prezentace firmy Albín Hanák, Brno - Slatina
- [13] MIKULIČ, Miroslav. Den s traktorem McCormick ZTX 260. *Mechanizace zemědělství*. 2005, č. 5, s. 6-12.
- [14] STEHNO, Luboš. Zetory v roce 2008. *Mechanizace zemědělství*. 2008, č. 1, s. 24.