



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

TRENDY VE VÝVOJI MODERNÍ POHONNÉ JEDNOTKY OSOBNÍHO AUTOMOBILU

PASSENGER VEHICLES DRIVE UNIT RECENT DEVELOPMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MIROSLAV KORENKO

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN BERAN

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Miroslav Korenko

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:

Trendy ve vývoji moderní pohonné jednotky osobního automobilu

v anglickém jazyce:

Passenger Vehicles Drive Unit Recent Development

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracujte přehled moderních motorů používaných v soudobých automobilech, porovnejte jejich charakteristické parametry, technické řešení a soudobé trendy vývoje.

Cíle bakalářské práce:

Získání přehledu o zadané problematice. Stanovení základních vývojových trendů.

Seznam odborné literatury:

- [1] Rauscher, J.: Vozidlové motory, studijní opory, FSI VUT Brno 2003
- [2] Vlk, F.: Vozidlové spalovací motory, Nakladatelství a vydavatelství Vlk, Brno 2003
- [3] International Engine of the Year Awards, web page [online], 2009, poslední revize 12.11.2009.

Dostupné z: <http://www.ukipme.com/engineoftheyear/>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Beran

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 25.11.2010



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

Abstrakt

Táto práca slúži ako prehľad súčasných trendov vo vývoji pohonných jednotiek osobných automobilov. V úvode je popis a rozdelenie spaľovacích motorov. Nasledujúce kapitoly uvádzajú súčasný vývoj zážihových a vznietových spaľovacích motorov. Záver je zameraný na pohľad do budúcnosti a problematiku alternatívnych pohonov.

Kľúčové slová

Priame vstrekovanie, preplňovanie, variabilné časovanie ventilov, hybridný pohon, alternatívne palivá

Abstract

The aim of this bachelor's thesis is to cover current trends in development of propulsive units of personal automobiles. The introduction describes combustion engines and divides them into categories. The next chapters describe current development of gasoline and diesel combustion engines. The conclusion is aimed for the perspective view into the future and the problem of alternative propulsions.

Key words

Direct injection, charge, variable valve timing, hybrid propulsion, alternative fuels

Bibliografická citácia

KORENKO, M. *Trendy ve vývoji moderní pohonné jednotky osobního automobilu*.
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 50 s.
Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Beran.

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, vypracoval som ju samostatne pod vedením Ing. Martina Berana a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brně dňa 27.mája 2011

.....

Miroslav Korenko

Pod'akovanie

Chcel by som pod'akovať môjmu vedúcemu Ing. Martinovi Beranovi za ochotu a cenné pripomienky, ktoré mi poskytol pri vypracovaní bakalárskej práce.

Obsah

1	Úvod	15
2	Spaľovacie motory	16
2.1	Základné rozdelenie spaľovacích motorov	16
2.1.1	Rozdelenie podľa procesu horenia	16
2.1.2	Rozdelenie podľa pohybu piesta	16
2.1.3	Rozdelenie podľa druhu paliva	17
2.1.4	Rozdelenie podľa spôsobu plnenia valca motora	17
2.1.5	Rozdelenie podľa spôsobu zapálenia zmesi.....	17
2.1.6	Rozdelenie podľa princípu činnosti	18
2.1.7	Rozdelenie podľa konštrukčného riešenia motora	18
3	Štvordobé zážihové motory	20
3.1	Základný princíp	20
3.2	Popis pracovného obehu štvordobého zážihového motora	20
4	Štvordobé vznetrové motory.....	22
4.1	Základný princíp	22
4.2	Popis pracovného cyklu štvordobého vznetrového motora.....	22
5	Moderné trendy zážihových motorov.....	24
5.1	Priame vstrekovanie	24
5.1.1	Princíp priameho vstrekovania FSI	25
5.2	Priame vstrekovanie s preplňovaním.....	27
5.2.1	Motory TSI	28
5.3	Variabilné časovanie ventilov	31
5.3.1	Systém s elektrohydraulickým meničom.....	33
5.3.2	Systém Variocam.....	33
5.3.3	Systém Valvetronic.....	34
6	Moderné trendy vznetrových motorov	36
6.1	Priame vstrekovanie	36
6.1.1	Vstrekovanie Common Rail	36

7	Porovnanie nových motorov s minulosťou	39
8	Hybridné pohony	40
9	Motory na alternatívne palivá	43
10	Záver.....	46
11	Bibliografia	48

1 Úvod

S rozvojom ľudstva sa rozvíja aj veda a technika. Inak tomu nie je ani v prípade automobilov a s nimi súvisiacimi agregátmi. Na rozvoj automobilov tlačí viacero faktorov.

Prvým a jedným z najpodstatnejších faktorov je to, že ľudstvo by si už život bez týchto dopravných prostriedkov nevedelo ani len predstaviť. Až príliš ľahko sme si na túto techniku zvykli a bolo by určite veľmi ťažké sa toho vzdať.

Ďalším faktorom je, že fosílna palivá nie sú nevyčerpatelne. Je to fakt, ktorý si všetky automobilky dobre uvedomujú a preto sa snažia znížiť spotrebu, zvýšiť výkon prípadne hľadajú iné zdroje energie a možné riešenia. Táto práca slúži aj ako prehľad riešení, ktorými sa výrobcovia snažia spomaliť vyčerpanie týchto nerastných surovín.

V neposlednom rade by som chcel podotknúť, že vyčerpávanie nerastných surovín nie je jediným dôvodom snahy o zdokonaľovanie týchto motorov. Je tu ešte znečisťovanie životného prostredia, ako je narušovanie ozónovej vrstvy, vznik skleníkového efektu či kyslých dažďov, ku ktorým prispievajú výfukové plyny. Aj kvôli týmto dôvodom je tlak na výrobcov týchto pohonných jednotiek, aby znižovali emisie, zvyšovali výkon a zdokonaľovali túto technológiu čo v najväčšej miere.

2 Spaľovacie motory

Spaľovací motor je tepelný stroj ktorý premieňa tepelnú energiu na mechanickú. Táto tepelná energia je získaná spaľovaním kvapalných alebo plyných palív. Tento proces prebieha v uzatvorenom pracovnom priestore pod tlakom vyšším než je atmosférický. Proces tejto premeny tepelnej energie na mechanickú energiu prebieha podľa známych termodynamických dejov. Súbor týchto dejov tvoria pracovné cykly spaľovacích motorov.

2.1 Základné rozdelenie spaľovacích motorov

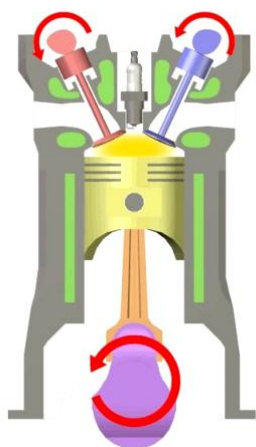
Spaľovacie motory je možné rozdeliť do viacerých skupín, napríklad podľa: procesu horenia, pohybu piesta, druhu paliva, spôsobu plnenia, spôsobu zapálenia zmesi, princípu činnosti, konštrukcie a iných charakteristík, ktoré ich špecifikujú. V nasledujúcich kapitolách som motory do týchto jednotlivých skupín rozdelil.

2.1.1 Rozdelenie podľa procesu horenia

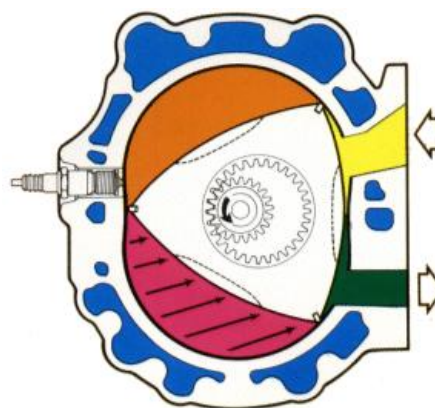
- **piestové** – motory s vratným alebo rotačným pohybom piesta
- **lopatkové** – spaľovacie turbíny

2.1.2 Rozdelenie podľa pohybu piesta

- **s priamočiarym vratným pohybom piesta** (Obr. 2.1)
- **s rotačným pohybom piesta** (Obr. 2.2)



Obr.2.1 - Motor s priamočiarym vratným pohybom piesta [1]



Obr.2.2 - Wankelov motor [2]

2.1.3 Rozdelenie podľa druhu paliva

- **plynové motory** – motory, ktoré využívajú pre svoj pohon plyny ako sú napr.: propán-bután, zemný plyn, kychtový (vysokopecný) plyn, generátorový, kalový a bioplyn. [15]
- **motory na kvapalné palivá** – tieto paliva sa používajú pre spaľovacie motory najviac. Ich výhodou je možnosť ľahkého uskladnenia a jednoduchá doprava. Tieto palivá môžeme rozdeliť na, lit. [15]:
 - ropné ľahko odpariteľné palivá: benzín, petrolej
 - ropné ťažko odpariteľné palivá: nafta, mazut
 - palivá neropného pôvodu: lieh, bionafta
 - zmiešané palivá: nafta s bionaftou
- **viacpalivové motory** – motory najčastejšie využívajúce kombináciu plynného a kvapalného paliva. Tieto motory môžeme zaradiť do dvoch skupín, lit. [15]:
 - propán-bután / benzín, zemný plyn / benzín
 - zemný plyn / nafta, bioplyn / nafta

2.1.4 Rozdelenie podľa spôsobu plnenia valca motora

- **motory plnené prirodzeným nasávaním** – pri štvordobých motoroch je podtlak vytváraný pohybom piesta vo valci. [15]
- **motory s vyplachovaním** – pri dvojdobých motoroch sa pretlak vyvolá dúchadlo alebo je pretlak vyvolaný spodnou kompresiou, čo je pohyb piesta do dolnej úvrate. Pri vstupe čerstvej náplne do valca táto zmes zároveň vyplachuje valec od spalín. [15]
- **motory plnené pretlakom** – dvojdobé a štvordobé motory, ktoré k doprave čerstvej náplne využívajú turbodúchadlo, kompresor prípadne iné zvláštne koncepcie. [15]

2.1.5 Rozdelenie podľa spôsobu zapálenia zmesi

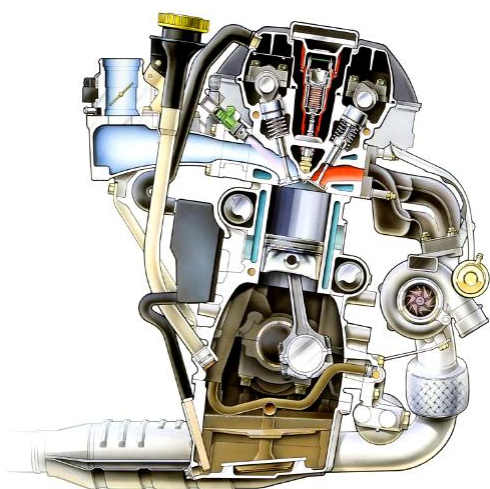
- **zážihové motory (benzínové)** – zmes paliva je zapálená najčastejšie elektrickou iskrou. Zážih sa používa u motorov na: lieh, benzín a plynné palivá. Okamih zážihu, ktorý je uskutočnený elektrickou iskrou, je možné riadiť. [15]
- **vznetové motory (naftové)** – palivo sa vstriečne do spaľovacieho priestoru s ohriatym stlačeným vzduchom v ktorom sa vznieti. [3]

2.1.6 Rozdelenie podľa princípu činnosti

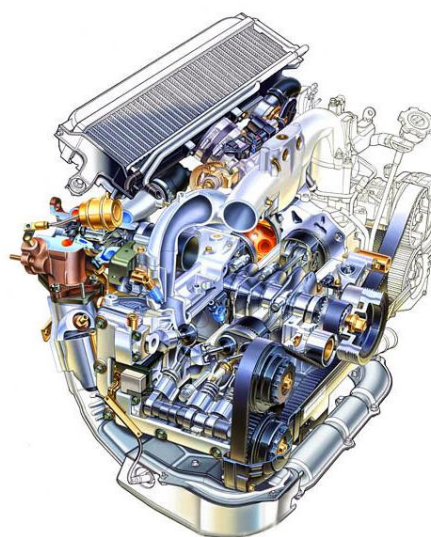
- **štandardné** – pracovný cyklus sa vykoná počas štyroch zdvihov piesta (dve otáčky kľukového hriadeľa). [3]
- **dvojdobé** – pracovný cyklus sa vykoná počas dvoch zdvihov piesta (jedna otáčka kľukového hriadeľa). [3]

2.1.7 Rozdelenie podľa konštrukčného riešenia motora

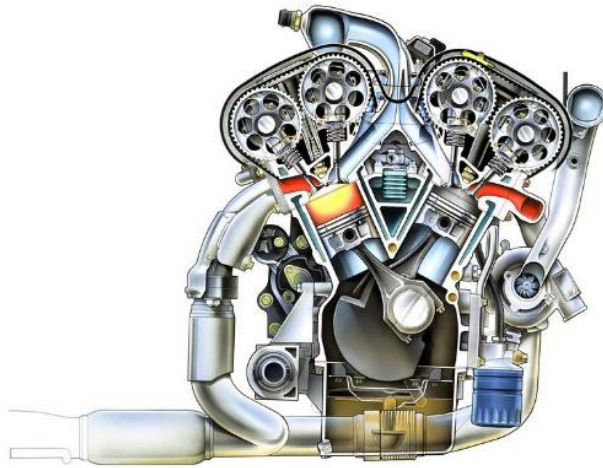
- **podľa prenosu sily**, lit. [15]
 - s priamym prenosom sily
 - križiakove motory
 - motory bez kľukového mechanizmu
- **podľa usporiadania valcov**, lit. [15]
 - jednovalcové - motory s jedným valcom, ktoré sa väčšinou pri nižších výkonoch
 - viacvalcové – sa ďalej delia na jedno, dvoj a viac radové motory:
 - jednoradové motory (Obr.2.3) – valce sú uložené zvisle zo zvislou s osou valcov prípadne od nej sklonené o určitý uhol
 - dvojradowé motory:
 - ploché (boxery) (Obr.2.4) – motory s rozvretím valcov 180°
 - vidlicové (Obr.2.5) – motory s usporiadaním valcov do „V“. Uhol medzi týmito valcami býva v rozmedzí 60° až 90°
 - motory s protibežnými piestmi



Obr.2.3 – Radový motor [4]



Obr.2.4 – Plochý motor (Boxer) [25]



Obr.2.5 – Vidlicové usporiadanie valcov v motore [4]

- viacrakové motory – príkladom sú motory hviezdicové alebo motory usporiadané do „X, W, H“. Tieto motory sa najčastejšie používajú v letectve.
- **podľa použitého rozvodu**, lit. [15]
 - ventilové motory (SV, OHV, OHC, DOHC, SOHC, desmodromické)
 - motory posúvačové
 - motory s kanálovým rozvodom
 - motory zo zmiešaným typom rozvodu
- **podľa rýchlobežnosti**, lit. [15]
 - rýchlobežné – stredná piestová rýchlosť je do $6,5 \text{ m.s}^{-1}$
 - pomalobežné - stredná piestová rýchlosť je od $6,5 \text{ m.s}^{-1}$
- **podľa typu chladenia**, lit. [15]
 - motory chladené kvapalinou
 - motory chladené vzduchom
 - motory s kombinovaným chladením
- **podľa zdvihového pomeru**, lit. [15]
 - krátkozdvihové ($Z/D < 1$)
 - štvorcové motory ($Z/D = 1$)
 - dlhozdvihové motory ($Z/D > 1$)
- **podľa zmyslu otáčania kľukového hriadeľa**, lit. [3]
 - pravotočivé - kľukový hriadeľ sa točí v smere hodinových ručičiek.
 - ľavotočivé – u nich sa kľukový hriadeľ točí proti smeru hodinových ručičiek

3 Štvordobé zážihové motory

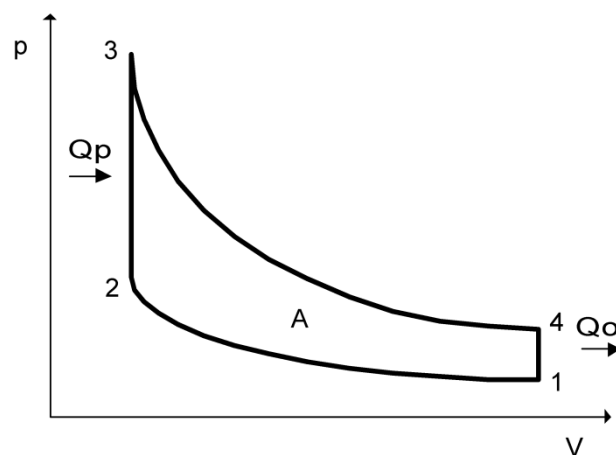
3.1 Základný princíp

Zážihový motor je piestový spaľovací motor, v ktorom sa cudzím zdrojom tepla (spravidla zapáľovacou sviečkou) zapáľuje stlačená zápalná zmes plyného alebo ľahkého kvapalného paliva a vzduchu. [8]

Zápalná zmes sa u zážihového motora stláča s kompresným pomerom 8:1 až 13:1. Je potrebné dbať nato, aby kompresný pomer nepresiahol hodnotu 12:1, pri motoroch na alkoholové palivá 13,5:1, pretože by mohlo dôjsť k samovznieteniu paliva. [3]

3.2 Popis pracovného obehu štvordobého zážihového motora

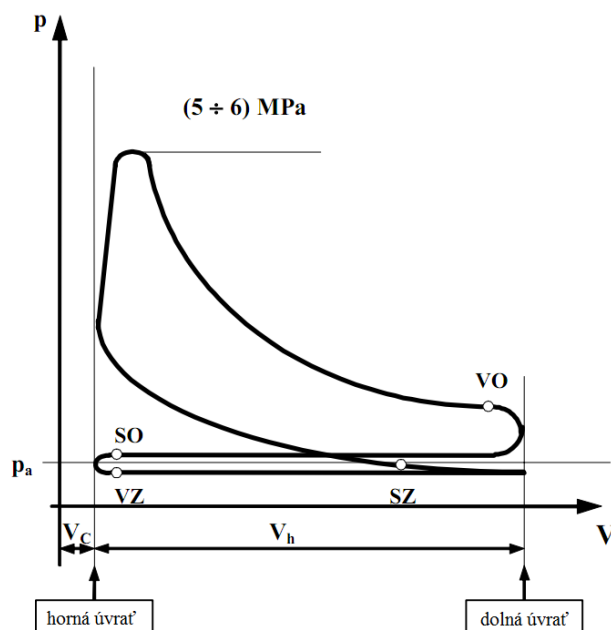
Pre hrubý výpočet parametrov pre zážihový motor používa Ottov porovnávací cyklus (Obr.3.1). Pri tomto cykle je dobre vedieť, že prívod tepla je za stáleho objemu. [8]



Obr. 3.1 - Ottov cyklus v p - v diagrame Q_p – privedené teplo, Q_o – odvedené teplo, A – užitočná práca [9]

v kruhovom obehu nastávajú nasledujúce stavové zmeny, lit. [10]:

- 1 → 2 adiabatické stáčanie zmesi bez výmeny tepla s okolím
- 2 → 3 prívod tepla Q_p pri stálom objeme čo predstavuje zážih a horenie zmesi
- 3 → 4 adiabatické rozpínanie (expanzia)
- 4 → 1 odvod tepla Q_v pri stálom objeme



Obr. 3.2 - Skutočný obeh zážihového motora [15]

Už z popisu pod obrázkom (Obr.3.1) je možné vyčítať, že zážihový spaľovací motor sa skladá zo štyroch základných fáz, ktoré odpovedajú jednotlivým zdvihom piesta. Prvou takouto fázou je nasávanie. Nasávanie vzniká pri pohybe piesta z hornej do dolnej úvrate. Vzduch je privádzaný podtlakom, ktorý vznikne pri tomto pohybe. Na obrázku (Obr.3.2) je bod s označením SO, čo znamená otvorenie sacieho ventilu. Sací ventil sa otvára ešte pred hornou úvratou. Zvyčajne to býva 15° až 50° pootočenia kľukového hriadeľa. Označenie SZ značí zatvorenie sacieho ventilu. To nastáva približne 30° až 70° za dolnou úvratou, kvôli využitiu kinetickej energie prúdiaceho vzduchu. [15]

Po nasávaní nasleduje ďalšia fáza pod názvom stáčanie. Tá nastáva pri pohybe piesta z dolnej do hornej úvrate. Pri tomto pohybe sa nasatá náplň stláča a vytvára homogénnu zmes. [15]

Horenie je spôsobené zapálením stlačenej zmesi elektrickou iskrou. Aby sa zmes stihla zapáliť do okamihu keď bude piest v hornej úvrati je potrebný predstih zapálenia zmesi. Pri horení dochádza k prudkému nárastu teploty a tlaku. Výbuch prebieha pri pohybe piesta z hornej do dolnej úvrate. Pri výbuchu dochádza k zväčšovaniu objemu a poklesu tlaku. [15]

Poslednou fázou pracovného obehu je výfuk. Pri výfuku sa z valca odstraňujú spaliny. Výfuk začína otvorením výfukového ventilu. Výfukový ventil sa zvyčajne otvára 30° až 70° pred dolnou úvratou. Vo výfukovom potrubí je nižší tlak, preto spaliny pri otvorení výfukového ventilu sa do tohto potrubia odvádzajú. Výfukový ventil sa zatvára 15° až 50° za hornou úvratou, aby sa využila kinetická energia spalín a vypláchol valec. [15]

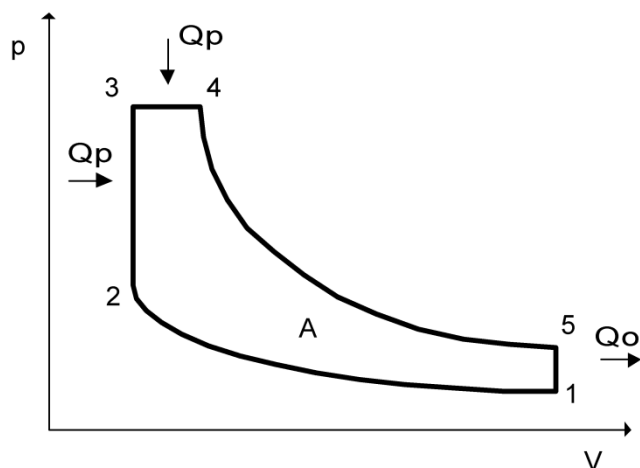
4 Štvordobé vznetové motory

4.1 Základný princíp

Vznetový motor, niekedy označovaný aj ako Dieselový motor je piestový spaľovací motor, v ktorom sa zmes paliva a vzduchu zapalaťuje pôsobením vysokej teploty vzduchu stlačeného v pracovnom priestore motora. Najčastejšie ide o naftový motor (kde palivom je nafta). Označenie Dieselový motor je historické podľa vynálezcu. [11]

4.2 Popis pracovného cyklu štvordobého vznetového motora

U vznetových motorov sa používa zmiešaný porovňavací obeh (Obr.4.1). [10]

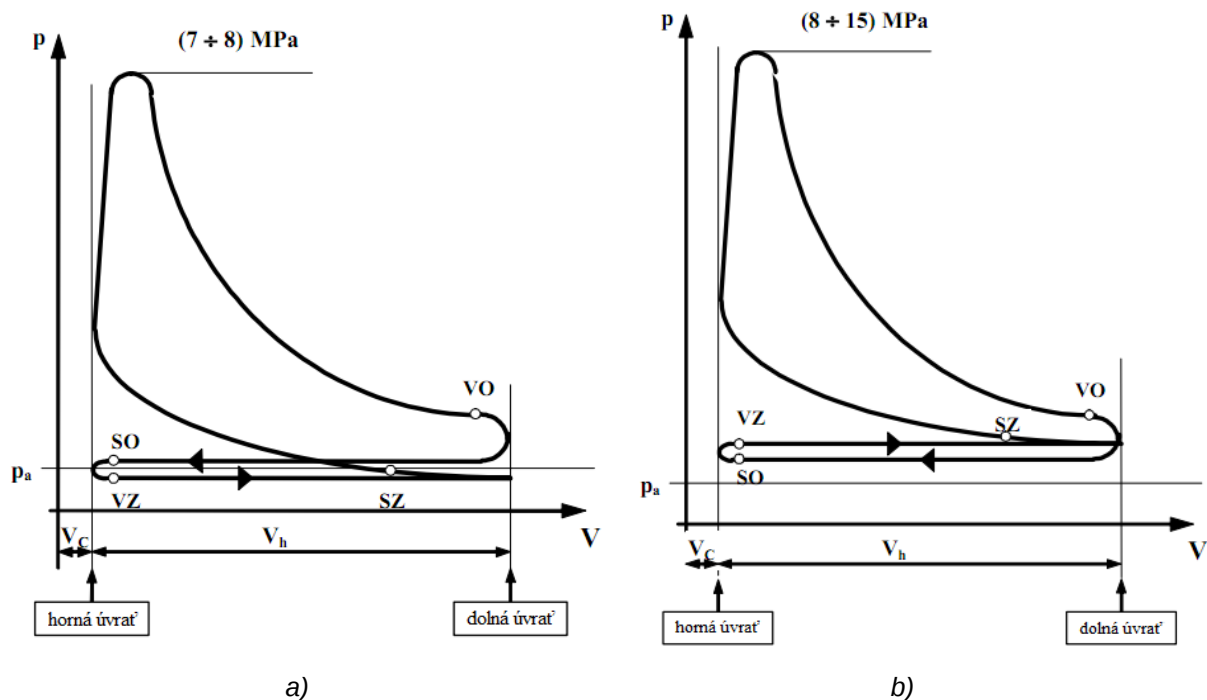


Obr.4.1 – Zmiešaný porovňavací obeh vznetového motora p - v diagrame
 Q_p – privedené teplo, Q_o – odvedené teplo, A – užitočná práca [12]

v kruhovom obehu nastávajú nasledujúce stavové zmeny, lit. [10]:

- 1 → 2 adiabatické stláčanie čistého vzduchu na tlak a teplotu takú vysokú, aby presiahla zápalný bod tekutého paliva. Po ukončení stláčania sa palivo rozpráši do ohriateho vzduchu (bod 2) a pritom sa v ňom vznieti.
- 2 → 3 časť paliva zhorí naraz pri stálom objeme a vzniknutým teplom sa zvýši tlak z p_2 na p_3 .
- 3 → 4 prívod tepla pri konštantnom tlaku. Vzniknuté teplo vykoná prácu na zmenu objemov z V_3 na V_4 .
- 4 → 5 adiabatické rozpínanie (expanzia)

5 → 1 odvod tepla Q_v pri stálom objeme



Obr. 4.2 - Skutočný obeh vznetového motora
a) nepreplňovaný motor; b) preplňovaný motor [15]

Vznetový motor sa od zážihového líši predovšetkým spôsobom prípravy zmesi. Vznetový motor nasáva iba čistý vzduch, ktorý je stlačený s kompresným pomerom 15:1 až 23:1. Vznetový motor pracuje pri kompresii s vyššími tlakmi ako zážihový. Preto stlačený vzduch je ohriaty na vysokú teplotu ešte pred hornou úvraťou. Palivo je vstrekané pod vysokým tlakom tak, aby sa vytvorili drobné kvapôčky. Tieto kvapôčky sa v stlačenom vzduchu odparia a v určitom bode následne vznietia. Po vstreknutí nafty sa táto zmes vznieti. Vo valci sa náhle zvýši tlak. Palivo sa ďalej vstrekuje a určitá časť paliva horí za konštantného tlaku. Vznetové motory vytvárajú menej homogénnu zmes a preto proces dohorievania prebieha aj počas expanzie. Indikátorový diagram štvordobého vznetového motora sa podobá nepreplňovanému. Pri preplňovanom motore je tlak spalín nižší než tlak nasávaného vzduchu. Ďalším rozdielom je, že práca potrebná na výmenu náplne oproti nepreplňovanému motoru je kladná. [3], [15]

5 Moderné trendy zážihových motorov

Ako už bolo v úvode spomenuté, výrobcovia pohonných jednotiek sa snažia zdokonaľovať deň čo deň svoje výrobky a to či už ide o vznetrové alebo zážihové motory. Táto snaha je z môjho pohľadu podmienená sprísnením emisných noriem, konkurenciou na trhu a vysokou cenou pohonných látok. Každé štyri roky vychádza nová emisná norma EURO, ktorá čím ďalej tým viac sprísňuje limitné hodnoty výfukových exhalátov. Podobne aj ceny pohonných látok sú stále vyššie. Dôležitú úlohu zohráva aj cena vozidla. Vyrábajú sa preto motory s vysokým výkonom, kde na cene veľmi nezáleží alebo motory s nižším výkonom, ktoré sú úsporné a šetrné k životnému prostrediu. Preto sa konštruktéri musia intenzívne venovať optimalizácii motorov a spaľovacích procesov. K vylepšeniu spaľovacieho procesu prispelo napríklad aj priame vstrekovanie. To hlavne znížilo spotrebu a vylepšilo emisie. Výhody a princíp priameho vstrekovania vysvetlím v nasledujúcej podkapitole. Ďalším takýmto zdokonalením je pridanie turbodúchadla alebo turbodúchadla a kompresora, čo vylepšilo výkonové a momentové charakteristiky a taktiež znížilo spotrebu paliva a škodlivín vo výfukových plynch. O emisie sa starajú aj katalyzátory, ktoré sa neustále vylepšujú. Variabilným časovaním sa zoptimalizoval cyklus spaľovacieho motora a tiež plniaca účinnosť. Pre skultúrnenie chodu motora sa používa v motoroch vyvažovací hriadeľ. Ten odstraňuje chvenie, ktoré je spôsobené zotrvačnými momentmi a silami rotujúcich častí kľukového hriadeľa. Aby sa spotreba znížila čo na najmenšiu hranicu, vývojári sa snažia použiť čo najľahšie, ale zároveň pevné materiály pri konštrukcii vozidiel. Trenie je tak isto nevýhoda, ktorú je potreba znížiť na najnižšiu hranicu. V praxi to môžeme zaznamenať napríklad použitím rolien, alebo oteru odolných materiálov. Existuje ešte rada ďalších menších zmien, ktoré museli spaľovacie motory podstúpiť.

5.1 Priame vstrekovanie

Pri vstrekaní benzínu do sacieho kanálu sa tvorba zmesi vykonáva pred ukončením výmeny náplne. Tvorba začína v sacom kanále a zmes prichádza do spaľovacieho priestoru po otvorení ventilov. Časť vstrekaného paliva sa usadí pred vstupom zmesi do valca na stenách sacieho potrubia. Aby sa do spaľovacieho priestoru dostalo potrebné množstvo paliva, musí byť vstrekané väčšie množstvo, hlavne pri studenom štarte počas zahrievania. Po zahriatí sa palivo odparuje zo stien a v spaľovacom priestore vzniká nedostatok kyslíka. Zhoršujú sa emisie uhľovodíku a oxidu uhoľnatého a nadmerným obohatením zmesi aj spotreba paliva. [10]

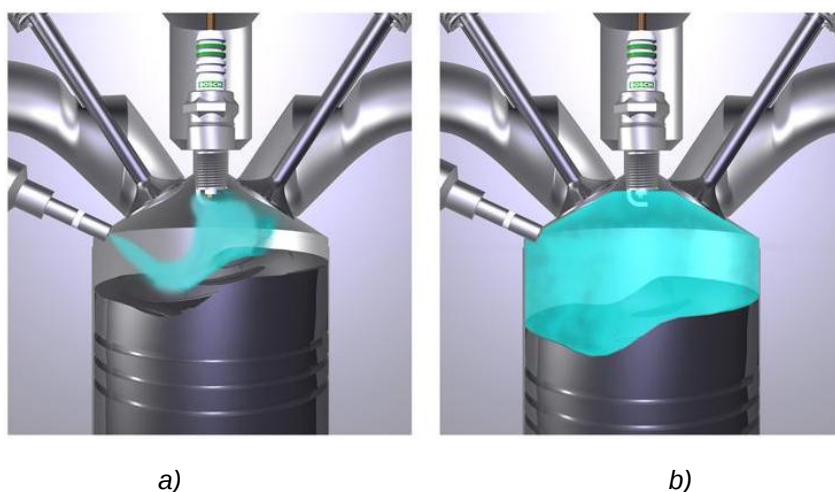
Riešením tohto problému je priame vstrekovanie. Pri priamom vstrekaní sa do spaľovacieho priestoru nasáva čerstvý vzduch a do neho sa vstriekne palivo. Týmto sa zabráni zvyšovaniu spotreby a spomínanému zhoršovaniu emisií.

5.1.1 Princíp priameho vstrekovania FSI

Vstrekovanie FSI (Fuel Stratified injection), čo v preklade znamená vrstvené vstrekovanie paliva je v Európe dosť rozšíreným vstrekovacím systémom. Tento systém vyvinula firma Bosch pod označením BDE (respektíve Motronic MED 7), ktorý sa začal používať vo vozidlách značky Volkswagen.

Základom tohto vstrekovania je prevádzka motora s vrstvenou zmesou. Palivová zmes je priamo vedená k zapaľovacej sviečke. Vstrieknutie ďalšej dávky je vykonávané oneskorene po zaistení dostatočného prebytku vzduchu. Priestory vzdialenejšie od sviečky sú vďaka tomu vyplnené chudobnejšou zmesou. Tento zvyšný vzduch spôsobuje zvýšenie účinnosti spaľovania pri otvorenej škrtiacej klapke a vďaka tomu aj k minimálnym stratám výplachu spaľovacieho priestoru. Prevádzke s vrstvenou zmesou odpovedá pomeru $\lambda = 1,5 - 3,0$. Dôležité je správne navrhnuť dĺžku vstreku, ktorú zaisťuje riadiaca jednotka. Doba vstrekovania je o 5 milisekúnd kratšia oproti rovnomerne rozloženej zmesi a taktiež priemer kvapiek vstrekovateľného paliva je 5x menší než u nepriameho vstrekovania do sacieho potrubia.

Pri zvýšenom zaťažení a zvýšení otáčok je potrebné prejsť na vstrekovanie rovnomerne rozloženej zmesi. Zaisťuje to lepšie chladenie stien valcov, pretože je zmes rozložená do väčšieho spaľovacieho priestoru. Tento efekt znižuje šancu detonačného spaľovania a vďaka tomu je možné zvýšiť kompresný tlak vo valcoch, čo sa prejaví aj znížením spotreby. Zmes je vstrekovávaná v lúči rovnomerne a tým sa dosiahne aj rovnomerné spálenie zmesi. [13]

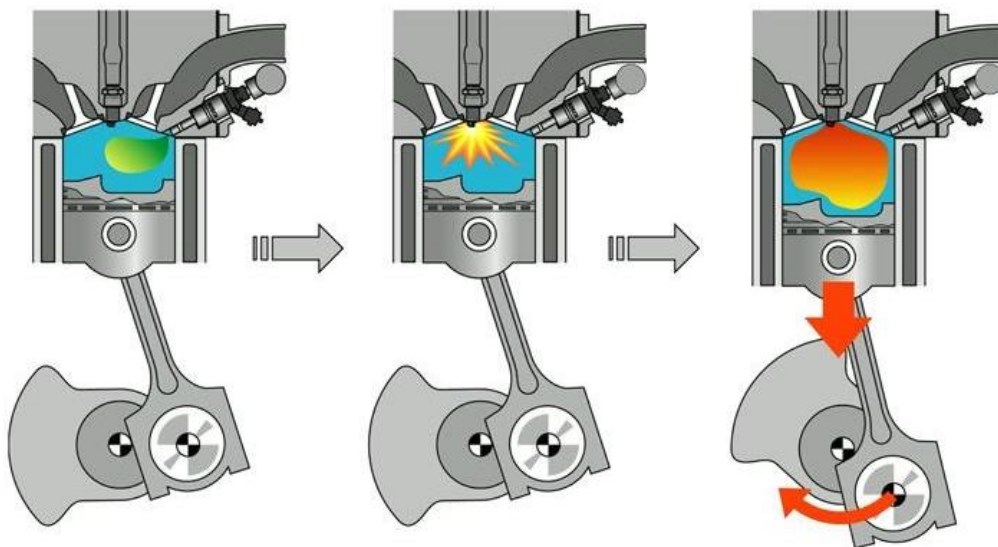


Obr.5.2 – Režimy prevádzky s rôznymi druhmi zmesi a) Vrstvená zmes
b) Rovnomerne rozložená zmes [14]

Tento systém je možné trochu prirovnať ku vstrekovaniu Common Rail u vznetrových motorov, kde je tiež spoločné vysokotlakové potrubie. Systém FSI má zásobník paliva a elektromagnetický ventil odkiaľ je palivo vstrekané do spaľovacieho priestoru. Prúd nasávaného vzduchu je regulovaný pomocou elektronicky riadenej škrtiacej klapky. Zloženie plynov je kontrolované lambda sondou, ktorá zároveň umožňuje reguláciu v troch režimoch, lit. [13]:

- prevádzka s vrstvenou zmesou paliva a vzduchu pre $\lambda > 1$
- prevádzka s rovnomerne rozloženou zmesou pre $\lambda = 1$ (stechiometrický pomer hmotnosť vzduchu : hmotnosť paliva = 14,7 : 1)
- prevádzka s bohatou zmesou $\lambda = 0,8$

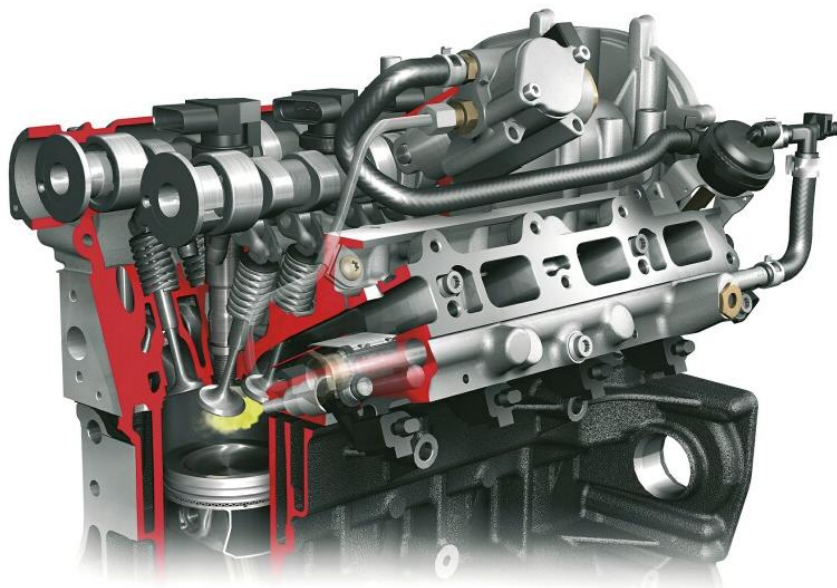
Tento druh vstrekovania si vyžaduje aj zopár zmien v konštrukcii. Hlavné zmeny sa týkajú konštrukcie sacích kanálov, ktoré sú oproti klasickej konštrukcii vedené kolmejšie k osám valcov. Táto zmena umožňuje lepšie rozvírenie nasávaného vzduchu. Ďalšou takouto zmenou je uchytenie sacích ventilov priamo v hlave valcov. Poslednou zmenou je špeciálne tvarované dno piestov. Takýto tvar dna piestu má umožniť privod vstrekaného paliva pod sviečku. [13]



Obr.5.3 – Priebeh vstreknutia, zážihu a horenia vrstvovej zmesi [14]

Spôsob vrstvého vstrekovania umožňuje pri voľnobehu, čiastočnom zaťažení a polovičnom zaťažení činnosť zo zmiešavacím pomerom až 1:30. Pri takomto pomere pri rovnomerne rozloženej zmesi je takáto zmes nezapaliteľná. Aby zmes mohla vo valci zhorieť, musí byť spomínané dno piestu špeciálne tvarované a upravený sací kanál. Tento kanál je tiež vybavený špeciálnou „tumble“ klapkou, ktorá ho rozdeľuje na dve polovice. Práve táto klapka zabezpečuje prepínanie medzi

tvorbou vrstvovej zmesi a rovnomerne rozloženej zmesi. Taktiež je dôležitá presná veľkosť a načasovanie dávky. Tlak paliva je regulovaný v rozmedzí 3 – 10 MPa, pri voľnobehu je tlak okolo 7 MPa a pri prechode medzi plným a čiastočným zaťažením je znížený na 3 MPa. Podobné systémy použité u iných výrobcov majú označenie HPI (High Pressure Injection od firiem Peugeot a Citroën), IDE (sekvenčné vstrekovanie od firmy Renault). [13]



Obr.5.4 – Motor s priamym vstrekaním od firmy Volkswagen [32]

5.2 Priame vstrekovanie s preplňovaním

Tento systém sa v poslednom období veľmi rozrástol hlavne u motorov s menším objemom u ktorých je účinnosť vyššia než u motorov s väčším objemom. Táto kombinácia priameho vstrekovania s preplňovaním je typickým predstaviteľom „downsizingu“, čo je znižovanie objemu pri rovnakom výkone. Tým, že znižujeme objem motora znížime aj jeho hmotnosť a tak aj menšie zotrvačné hmoty. Menšie zotrvačné hmoty predstavujú menší odpor zotrvačnosti a tým aj menšie mechanické straty. Ďalšou výhodou tohto systému sú nižšie emisie. Priame vstrekovanie s preplňovaním pri benzínových motoroch používa v súčasnosti viacero výrobcov. Ja som sa zameral a popísal motory TSI od Volkswagenu, pretože ich momentálne pokladám za jedny z najlepších.

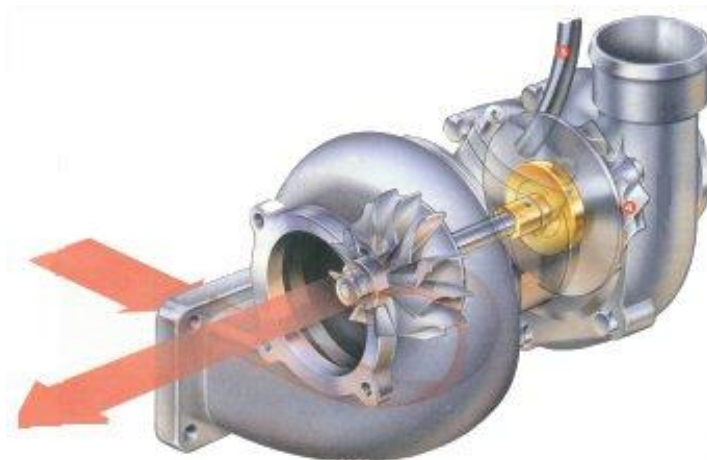
5.2.1 Motory TSI

V tejto kapitole by som chcel priblížiť princíp činnosti a výhody motorov TSI. Skratka TSI je z anglického názvu Twincharger Stratified Injection a označuje skupinu benzínových motorov s priamym vstrekom a dvojitém preplňovaním. Do tejto skupiny patria ale taktiež aj motory len so samotným turbodúchadlom. [36]

Najskôr sa budem venovať motorom s priamym vstrekom a turbodúchadlom. Už táto kombinácia dokáže spaľovať palivo mimoriadne efektívne, čo sa prejavuje aj na dynamike takéhoto motora v porovnaní s klasickými benzínovými motormi. Tieto motory dokážu poskytnúť maximálny krútiaci moment už pri otáčkach 1500 min^{-1} prípadne od 1750 min^{-1} . Tento krútiaci moment je k dispozícii v širokom rozsahu otáčok. Motory TSI sa ukázali v dobrom svetle čo sa týka či už nízkej spotreby, dobrej momentovej charakteristiky alebo nízkymi emisiami CO_2 vo výfukových plynách. [34]

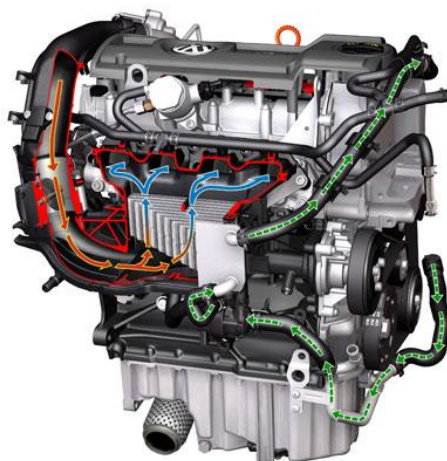
Keďže princíp a výhody priameho vstrekovania FSI sú popísané v predchádzajúcej kapitole, teraz sa budem zaoberať turbodúchadlom. Úlohou turbodúchadla je zásobovať motor čo najväčším množstvom vzduchu k čomu využíva kompresiu. Týmto spôsobom sme schopní zvýšiť výkon, krútiaci moment a aj účinnosť oproti konvenčným motorom. Energia výfukových plynov, ktorá by inak unikla do okolia sa využíva pre pohon kolesa turbíny ktoré je umiestnené vo výfukovom potrubí. Koleso turbíny je spolu s dúchadlom uložené na jednej hriadieli. Dúchadlo stláča vzduch až na $0,15 \text{ MPa}$ pretlaku. Maximálne otáčky turbodúchadla sa pohybujú v rozmedzí $150 - 250\,000 \text{ min}^{-1}$. Pri takýchto otáčkach je samozrejmosťou, potrebné dobre mazanie a chladenie turbodúchadla, aby sa zabránilo jeho poškodeniu. Dôležitou súčasťou je správne zaobchádzanie s motorom vybaveným turbodúchadlom. Po vypnutí motora dôjde aj k vypnutiu olejového čerpadla, ktoré sa podieľa aj na mazaní jednotlivých častí turbodúchadla. Po náročnej jazde je turbodúchadlo doslova rozžeravené a stojaci olej sa spečie a vytvorí tvrdý karbón. Tento tvrdý karbón poškodzuje hlavne ložiska. Ďalším prípadom je stlačenie plynového pedálu pred vypnutím. To spôsobí roztočenie turbodúchadla na vysoké otáčky a aj po vypnutí sa rotor točí zotrvačnosťou ešte istý čas. Počas tejto doby sa rotor točí „na sucho“. Z toho dôvodu je dobré po náročnej jazde nechať chvíľu motor bežať na voľnobežných otáčkach aby sa turbodúchadlo stihlo ochladiť. Ďalšou vecou na ktorú si treba dať pozor je vzduchový filter. Pritom práve vzduchový filter sa stará o to aby sa do sania nedostávali žiadne nečistoty. V prípade, že je tento filter upchatý v sacom potrubí sa vytvorí podtlak, ktorý môže spôsobiť deformáciu lopatiek na kolese kompresora. Prípadne pri vniknutí len malej nečistoty do sacieho potrubia môže táto nečistota spôsobiť pri vysokých otáčkach

turbodúchadla ulomenie z lopatky. To ma za následok nesprávne vyváženie a na to sa viažu ďalšie problémy. [5]



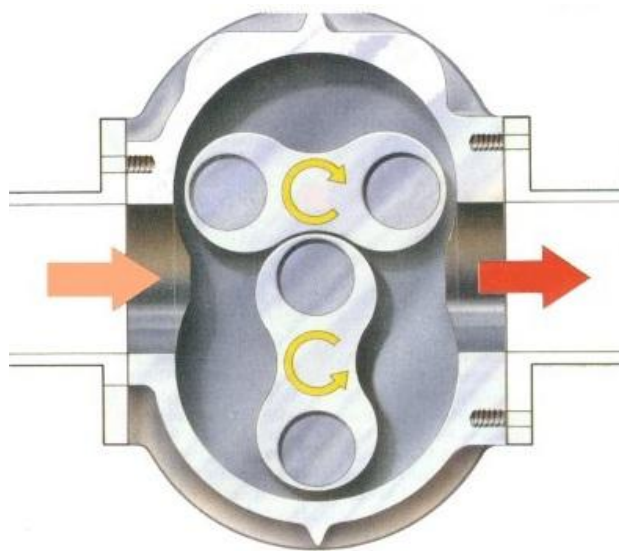
Obr.5.5 – Turbodúchadlo [7]

Po kompresii sa vzduch ohreje. Keďže horúci vzduch má väčší objem ako chladný za turbodúchadlom je umiestnený medzichladič, ktorý tento kompresiou ohriaty vzduch ochladí. Tým sa zmenší objem a zvýši množstvo kyslíka privedeného do spaľovacieho priestoru. Z medzichladiča sa vzduch privádza do spaľovacieho priestoru. Jednou z novinek tohto motora je práve to, že je tento medzichladič nahradený novým vodným prietokovým chladením plniaceho vzduchu. Toto chladenie je nezávislé od chladenia motora. Objem privedeného skomprimovaného vzduchu sa zmenší približne o viac ako polovicu. Týmto spôsobom sa urýchli dosiahnutie vysokého plniaceho tlaku vzduchu a vo výsledku aj lepšej momentovej charakteristiky. Časové oneskorenie u takého to motoru je minimálne, preto takýto motor nemá žiadnu „turbodieru“. Motor s objemom 1,4 litra je schopný poskytnúť výkon až 90 kW. [34], [6]



Obr.5.6 – Vodné prietokové chladenie vzduchu [6]

TSI „Twincharger“ je ďalším vylepšením skupiny TSI. Tento prívlastok „Twincharger“ znamená dvojité preplňovanie realizované turbodúchadlom a kompresorom. „Kompresor a turbodúchadlo sa svojou činnosťou ideálne dopĺňajú. Vďaka činnosti kompresora zanikne takzvaná "turbodiera". Tá vzniká preto, že turbodúchadla vytvárajú plniaci tlak efektívne až pri stredných otáčkach.“ [35] Kompresor je, ale výhodné použiť hlavne pri nižších otáčkach. Turbodúchadlo sa naopak vyplatí použiť až pri vyšších otáčkach. Preto museli konštruktéri navrhnuť riešenie ako skĺbiť výhody týchto zariadení. Týmto riešením je použitie kompresora poháňaného od kľukovej hriadele pri otáčkach do 24000 min^{-1} , ktorý je pripojený cez elektromagnetickú spojku, preto nie je problém ho kedykoľvek vyradiť z prevádzky. Od otáčok 2400 min^{-1} sa do prevádzky uvádza turbodúchadlo, ktoré roztáčajú výfukové plyny a podobne ako kompresor je ho tiež možné kedykoľvek vyradiť z prevádzky pomocou „obtoku“ výfukových plynov. Pri jazde na plný plyn môže turbodúchadlu pomáhať kompresor, ktorý sa po dovŕšení otáčok 3500 min^{-1} vyradí z prevádzky spomínanou elektromagnetickou spojkou. Vo vyšších otáčkach ako 3500 min^{-1} sa využíva už len samotné turbodúchadlo. Takto vybavený motor má vďaka tomu od otáčok 1200 až 1600 min^{-1} krútiaci moment 200 Nm a v rozmedzí 1750 až 4500 min^{-1} stúpa na 240 Nm . Toto stúpanie ďalej pokračuje až dosiahne svoj vrchol 125 kW (170 koní) pri otáčkach 6000 min^{-1} . Motor sa vďaka takýmto parametrom stáva úchvatným. [32]

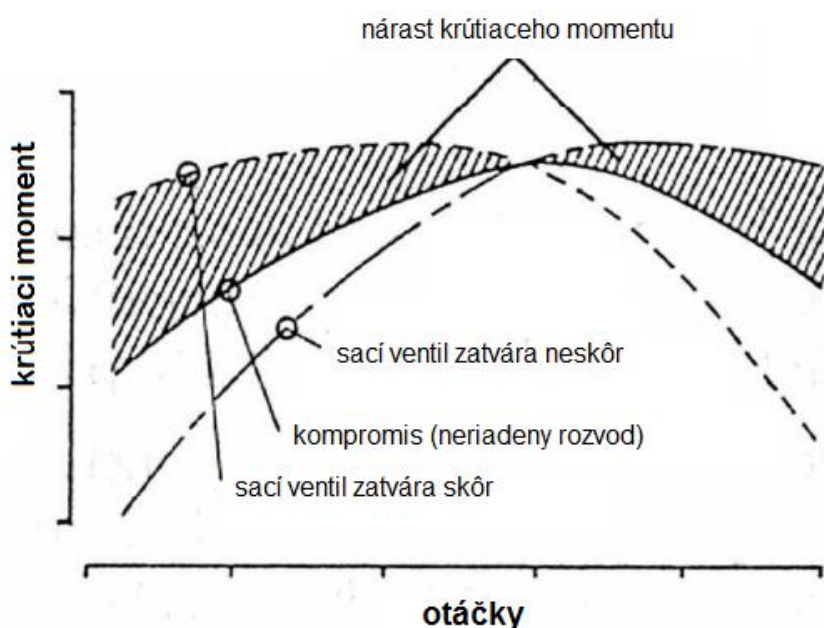


Obr.5.7 – Princíp Rootsovho kompresora používaného v motoroch TSI [7]

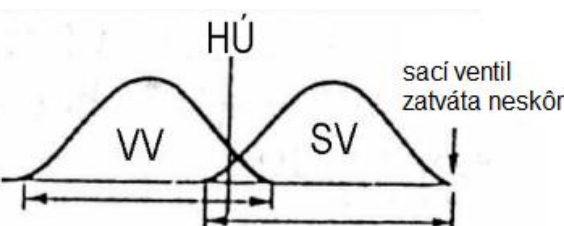
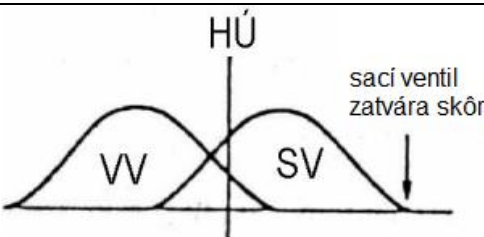
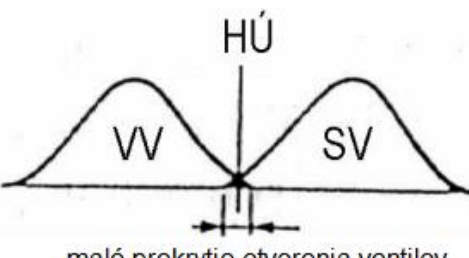
5.3 Variabilné časovanie ventilov

Jednou z mnohých vylepšení moderných motorov je časovanie ventilov. Časovaním ventilov dokážeme vylepšiť výkonové charakteristiky a taktiež znížiť množstvo škodlivín vo výfukových plynoch. Táto zmena sa doposiaľ používa pre zážihové motory. Pri vznetrových motoroch by zmena časovania ventilov mala zanedbateľný vplyv na obeh motora. Zmysel použitia fázového posunutia pri vznetrových motoroch by spočíval v recirkulácii výfukových plynov, čo by znížilo NO_x vo výfukových plynoch. To je v rozpore s požiadavkou na minimálny objem medzi dnom piesta a hlavou valca v hornej úvratí. Na veľkosti tejto medzery závisí obsah HC a CO vo výfukových plynoch. Preto pre zníženie škodlivých exhalácií a spotreby pri malých zaťaženiach sa pri vznetrových motoroch používa vypínanie valcov. [15]

Variabilné rozvody zlepšujú plnenie valcov vo veľkej škále pracovných otáčok. Bežné motory s klasickým ovládaním ventilov majú optimálne plnenie valcov iba pri určitých otáčkach. Pokiaľ presiahneme tieto otáčky tak nám síce stúpa výkon ale klesá krútiaci moment kvôli zhoršenému plneniu valcov. Princíp spočíva v zmene dĺžky času otvorenia sacieho, u modernejších systémov aj výfukového ventilu. Pokiaľ sací ventil ostane otvorený dlhšie, čo sa v časovom diagrame zobrazí väčším prekrytím ventilov, zlepši sa plnenie valcov pri vysokých otáčkach. Pri nízkych otáčkach väčšie prekrytie ventilov znamená nepravidelný chod motora, veľké straty, znížený výkon a zvýšeným emisiám. Tento problém vyriešili variabilné rozvody. [20]



Obr.5.8 – Graf závislosti krútiaceho momentu na otáčkach [15]

účel	charakteristika riadenia ventilu
veľký výkon	
vysoký krútiaci moment pri stredných otáčkach	
Malé kolísanie otáčok pri voľnobehu	

Tab.5.1 – Vplyv otvárania a zatvárania sacích a výfukových ventilov na priebeh krútiaceho momentu a rovnomernosť chodu pri režime voľnobehu [15]

Pri voľnobehu pri nízkych otáčkach je otváranie sacích ventilov oneskorené a ich vačkový hriadeľ je v polohe neskôr (viť Tab.5.1). Prekrytie ventilov je menšie a spätné prúdenie výfukových plynov je znížené. To spôsobí lepší chod motora a vyšší krútiaci moment. [20]

Pri stredných otáčkach sa sacie ventily zatvoria skôr (viť Tab.5.1). Piesty, ktoré sa presúvajú do hornej úvrate nevytláčajú späť do sacieho potrubia žiaden vzduch. Tým sa zlepši plnenie a točivý moment motora. V oblasti prekrytia ventilov je malá rýchlosť prúdenia čerstvého vzduchu, preto prenikne do sacieho potrubia aj časť výfukových plynov. Tento jav sa nazýva vnútorná recirkulácia výfukových plynov. Recirkulácia znižuje teplotu spaľovania a podiel NO_x . Riadenie natáčania vačkového hriadeľa je závislé na otáčkach, teplote a zaťažení motora. [20]

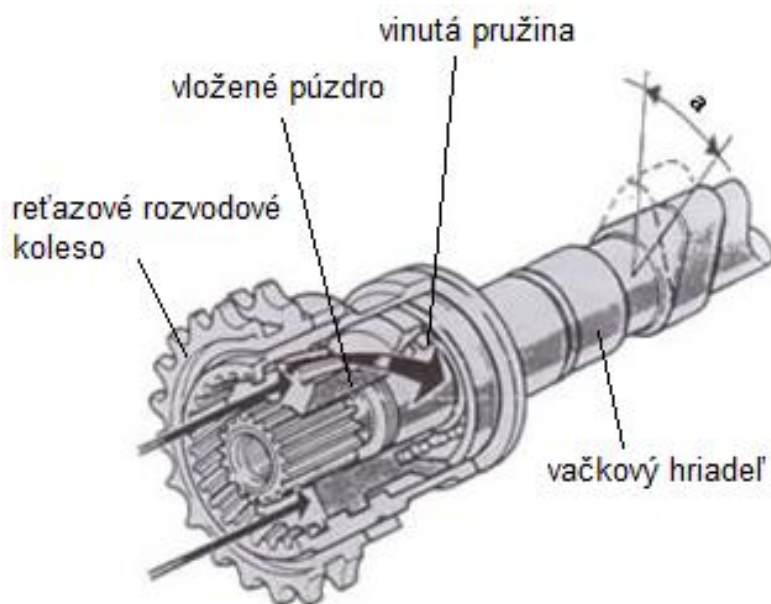
Vo vysokých otáčkach sa sacie ventily zatvárajú neskôr (viť Tab.5.1). Vysoká rýchlosť prúdenia spôsobí, že nasávaný vzduch prúdi do valca aj napriek pohybe

piestu do hornej úvrate. Tento jav zlepšuje plnenie, zvyšuje krútiaci moment a výkon motora. [20]

Zmena časovania polohy vačkových hriadeľov sa vykonáva rôznymi spôsobmi. Z množstva variant som si vybral tieto systémy:

5.3.1 Systém s elektrohydraulickým meničom

Tento systém bol prvý krát použitý na motore Alfa Romeo 2,0 TS v roku 1985. Používa sa pri rozvodoch s dvoma vačkovými hriadeľmi. Mechanizmus, ktorý natáča vačkový hriadeľ sacích ventilov je uložený na jeho prednom konci. Vo vnútri hlavy reťazového kolesa je šikmé drážkovanie. Medzi vačkovým hriadeľom a hlavou reťazového kolesa je vložené puzdro ktoré je s nimi spojené pomocou drážkovania. Puzdro je nastavené v základnej polohe vďaka vinutej pružine. Zvýšením tlaku prostredníctvom oleja (znázorňujú rovnobežné šípky na Obr.5.9) sa puzdro posúva a spolu s vačkovým hriadeľom natáča vzhľadom k reťazovému kolesu. Natočenie vačkového hriadeľa spôsobí zmenu otvárania a zatvárania sacích ventilov. Uhol pootočenia vačkového hriadeľa pri u tohto systému je 15° až 30° . [3]

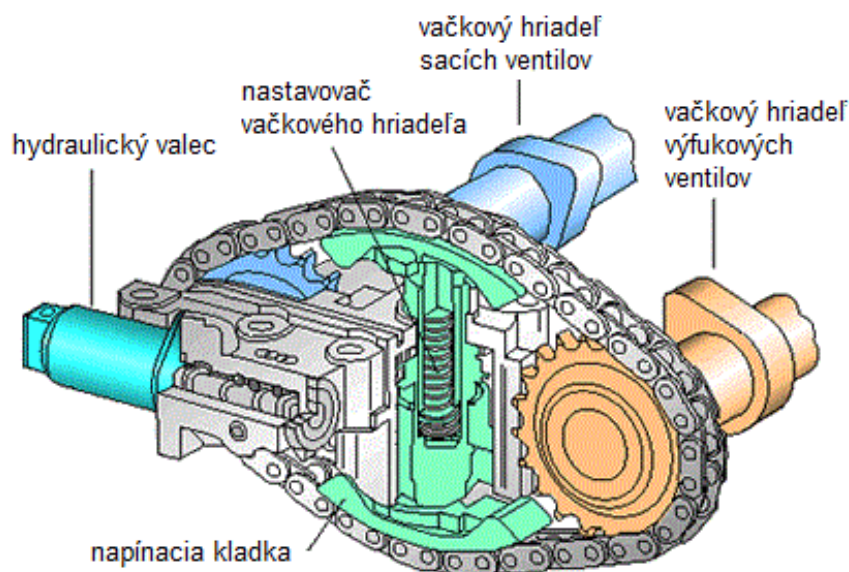


Obr.5.9 - Časovanie sacích ventilov pomocou elektrohydraulického meniča [21]

5.3.2 Systém Variocam

V tomto systéme je použité dvojstupňový fázový posun sacích ventilov na vačkovej hriadeľi. Natočenie vačkového hriadeľa je realizované pomocou dvoch

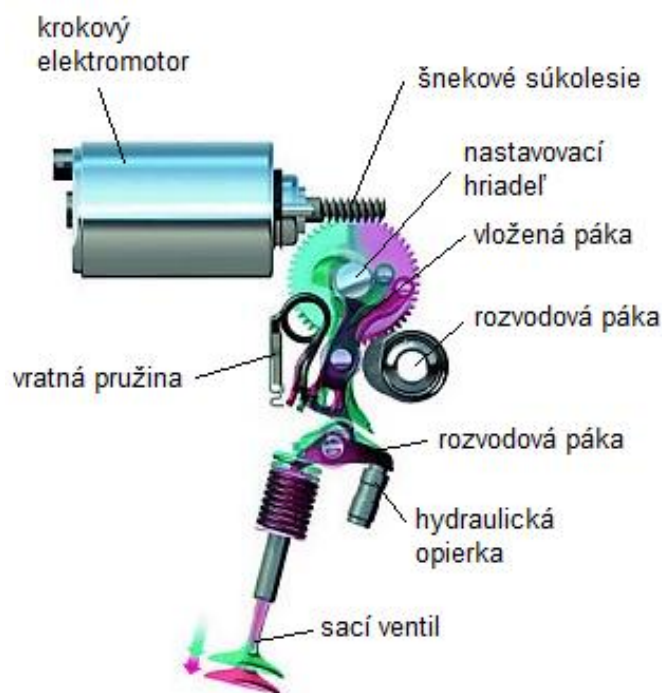
napínacích kladiek. Tieto kladky majú za úlohu predlžovať alebo skracovať spojovací diel. Vačkový hriadeľ výfukových ventilov je poháňaný pomocou ozubeného remeňa z kľukového hriadeľa. Pohon vačkového hriadeľa sacích ventilov je uskutočnený pomocou valčekovej reťaze, ktorá spája vačkový hriadeľ sacích a výfukových ventilov. Reťaz je napínaná pomocou nastavovača vačkového hriadeľa. Elektricky riadený hydraulický valec ovláda nastavovač. O reguláciu sa stará elektronická jednotka motora pomocou elektromagnetického ventilu. [3]



Obr.5.10 – Časovanie sacích ventilov pomocou nastavovača vačkového hriadeľa [21]

5.3.3 Systém Valvetronic

Tento systém vyvinula BMW. Systém Valvetronic dokáže meniť nielen polohu vačkového hriadeľa ale aj plynule zdvih sacích ventilov s rozsahom 0,2 až 9,7 mm. Vačka nepôsobí priamo na rozvodovú páku, ale na kladku vloženej páky. Vačka pôsobením na vloženu páku zmení mechanický prevod medzi vačkou a rozvodovou pákou. Tím sa zmení aj skutočný zdvih sacích ventilov. Zmena medzi najväčším a najmenším zdvihom trvá 300 milisekúnd. Poloha páky sa mení pomocou nastavovacieho hriadeľa, ktorý je ovládaný krokovým elektromotorom cez šnekové súkolesie. Pri systéme Valvetronic odpadá škrtiaca klapka, ktorá je nahradená plynule premenlivým zdvihom sacích ventilov. Škrtiaca klapka je použitá iba v núdzovom režime, inak je stále otvorená. Zmeny, ktoré táto technológia obsahuje priniesli zníženie spotreby, emisií, kultivovanejší chod motora a lepšia dynamika motora. [3]



Obr.5.11 – Systém variabilného časovania sacích ventilov BMW Valvetronic [21]

Existuje rada systémov variabilného časovania ventilov. Iné podobné systémy variabilného časovania ventilov sú systémy VANOS, Double VANOS od BMW, VTEC od firmy Honda, VVT-i od Toyoty a mnoho ďalších. Spomenúť by som ešte chcel špeciálne realizácie ventilových rozvodov. Prvým takýmto je pneumatické zatváranie ventilov. Ventily zatvárané pomocou pružiny sa stihnú zatvoriť do otáčok $14\,000\text{ min}^{-1}$. Aby sa ventily stihli zatvárať aj pri vyšších otáčkach, museli sa ventilové pružiny nahradiť niečím iným. Firma Renault prišla s nápadom uzatvárať ventily pomocou stlačeného vzduchu. Toto riešenie pomohlo k zvýšeniu otáčok približne o 4000 min^{-1} a tiež k priaznivejšiemu priebehu krútiaceho momentu. Tento systém požívajú skoro všetci výrobcovia motorov F1. Ďalším zo skupiny je mechanicko-hydraulické ovládanie ventilov (systém VVA) vyvinutý firmou fiat. Systém VVA je oproti klasickému časovaniu ventilov doplnený o elektronicky riadený hydraulický systém, ktorý je schopný riadiť dobu aj zdvih každého ventilu. Umožňuje tým vyradenie niektorého z valcov. Prispieva tým k zníženiu spotreby a zvýšeniu výkonu a krútiaceho momentu. Do skupiny špeciálnych patrí aj elektro-hydraulické ovládanie ventilov vyvíjané firmou Mercedes-Benz. V tomto systéme sa nepoužíva vačkový hriadeľ. Ventily sú nezávisle na sebe ovládané elektro-hydraulickým systémom riadeným elektronicky. Riadenie ventilov pomocou elektromagnetov aplikovala vo svojom systéme EVA firma Aura Systems Inc. Nevýhodou tohto systému je veľký príkon. [3]

6 Moderné trendy vznetrových motorov

Požiadavky na vznetrové motory sú rovnaké ako pri benzínových motoroch a tie sú spomenuté v piatej kapitole. Zmeny v konštrukcii sa ale odlišujú, pretože vznetrové motory pracujú podľa zmiešaného pracovného obehu (viť kapitola 4.2). Konštruktéri preto museli zohľadniť všetky tieto nároky a hľadať východisko. Jedným z riešení pri vznetrových motoroch je vstrekovat' palivo pod vysokým tlakom. Vysoký tlak paliva sa používa, pre vznik dobrej homogénnej zmesi. Homogénna zmes zlepšuje proces spaľovania a znižuje emisie. Kvôli zníženiu hluku a vylepšeniu spaľovacieho procesu sa palivo vstrekuje vo viacerých dávkach. To umožňuje systém Common Rail, ktorý sa momentálne používa najviac.

6.1 Priame vstrekovanie

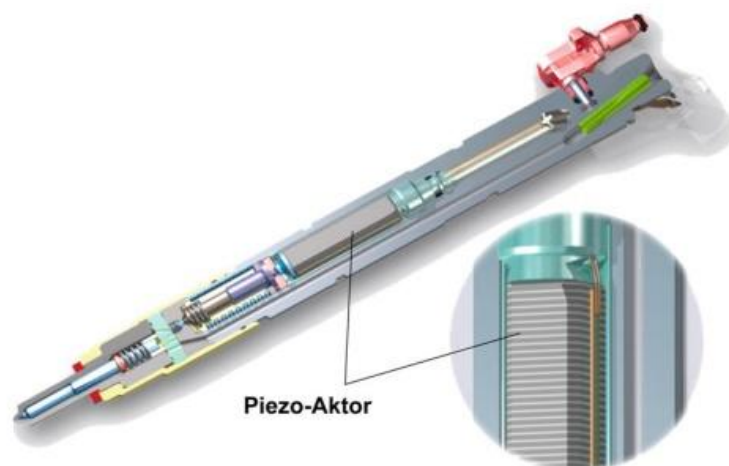
Priame vstrekovanie je rozšírené tak ako u zážihových tak aj u vznetrových motorov. Výhody tohto vstrekovania sú: nižšia spotreba, lepšie štartovanie motora pri nižších teplotách, jednoduchšia konštrukcia hlavy valcov, spaľovací priestor je kompaktnjší. Tento systém má samozrejme aj svoje nevýhody. Takouto nevýhodou je napríklad či už nižší efektívny tlak, väčšia tvrdosť chodu alebo vyššie nároky na presnosť výroby takéhoto vstrekovacieho systému. [16]

6.1.1 Vstrekovanie Common Rail

Tento vstrekovací systém je u dieselových motorov najpoužívanější. Ako prvá s touto myšlienkou prišla firma Fiat pod názvom „Unijet“, ktorý bol použitý v roku 1989. O niečo neskôr po zmluve s firmou Bosch došlo k prudkému vývoju tohto systému. Common Rail znamená v preklade „spoločný tlakový zásobník“ v ktorom vytvára vysokotlakové čerpadlo tlak paliva až 200 MPa. Tým sa docieli zvýšenie výkonu a točivého momentu. Palivo sa zo zásobníka vstrekuje vo viacerých dávkach a tým je dosiahnutý kultivovanejší a tichší chod motora, nižšia spotreba a nižšie emisie vo výfukových plynoch. Presná dávka paliva je vstrekováná vstrekovacom s elektromagnetickým ventilom alebo po novom piezoelektrickým vstrekovacom. [16]

Piezoelektrický vstrekováč má čas prepínania približne 0,1 ms, čo je veľmi krátky čas a to je dnou z jeho hlavných výhod. Tak isto umožňujú vstrekovanie paliva vo viacerých dávkach a ľubovoľné zvolenie začiatku a konca vstrekovania paliva. V systéme Common Rail tretej generácie sa začali používať piezokryštálické vstrekováče. Bosch zaviedol piezokryštálický regulátor do plášťa vstrekováča, čo malo za následok, že piezokryštálický materiál sa pohybuje vo vstrekováči bez

d'alších mechanických častí, bez trenia, veľmi rýchlo na kmitajúcu ihlicu. Tieto vlastnosti piezokryštallického materiálu umožňujú presnejšie dávkovanie paliva, rýchlejšie prepínanie vstrekoča čo spôsobí rozdelenie paliva do viacerých dávok, jeho lepšie rozptýlenie v spaľovacom priestore. [18]

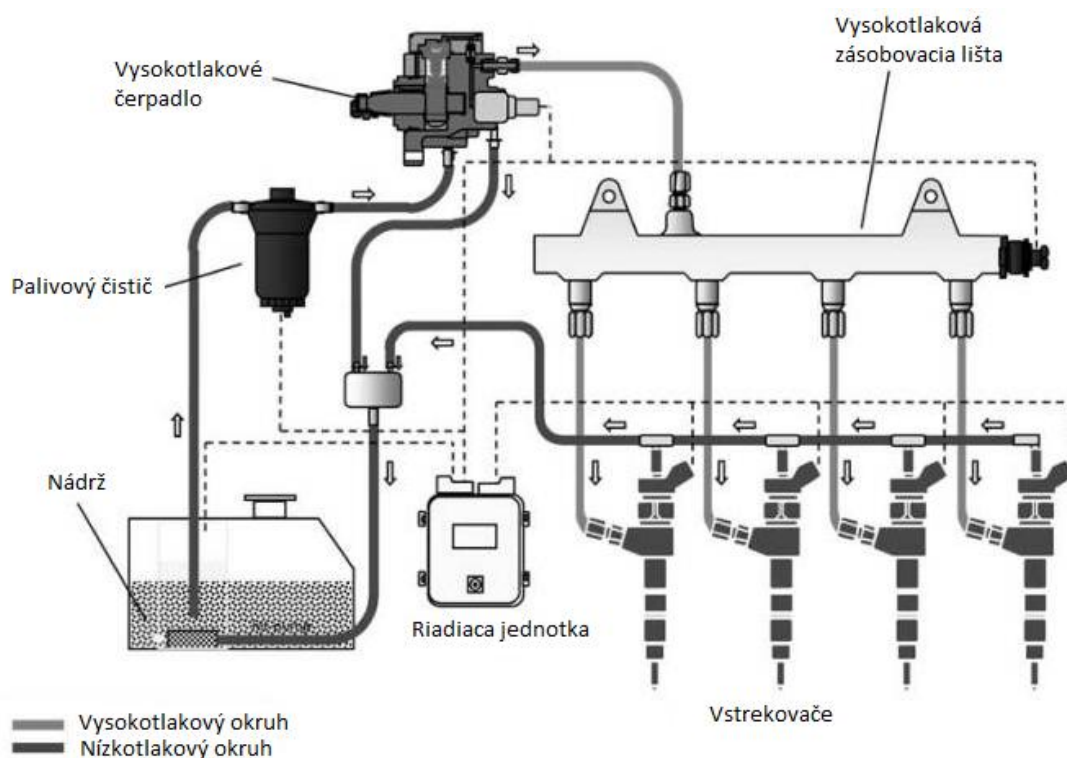


Obr.6.1 - Piezoelektrický vstrekoč [17]

Hlavné časti systému Common Rail sú nízkotlakový okruh zásobovania palivom, vysokotlakový okruh zásobovania palivom a elektronická riadiaca jednotka. Tlak v nízkotlakovom okruhu je približne medzi 0,2 - 0,25 MPa a vo vysokotlakovej časti to je zhruba 135 - 200 MPa. V nízkotlakovom okruhu sa nachádza palivová nádrž, multifunkčný ventil, ktorý v nádrži zaisťuje pretlak, dopravné palivové čerpadlo, potrebné spojovacie hadice a palivový čistič. Vysokotlaková časť sa skladá z vysokotlakového čerpadla, vysokotlakového potrubia, zásobovacej tlakovej lišty a vstrekočov. [16]



Obr. 6.3 – Vysokotlakové čerpadlo systému Common Rail od firmy BOSCH [31]



Obr.6.2 - Schéma systému Common Rail [19]

Palivo je z nádrže dopravované palivovým čerpadlom, ktoré po zapnutí približne do 25 sekúnd doplní palivo do systému a odvzdušní nízkotlakovú časť. Medzi palivovým a vysokotlakovým čerpadlom sa palivo filtruje cez palivový čistič. O udržiavanie rovnomerného tlaku v tomto nízkotlakovom okruhu sa stará prepúšťací ventil umiestnený v palivovom čističi. V tomto nízkotlakovom okruhu je zaradené aj spätné vedenie paliva, ktoré je možné vidieť aj na Obr.6.2. Takto filtrované palivo je vedené do vysokotlakového čerpadla, ktoré vyvolá tlak až 200 MPa. Pod týmto tlakom je ďalej palivo dodávané do zásobovacej lišty a odtiaľ je putuje do vstrekovačov a tie vstrekujú presnú dávku paliva viacfázovo do valcov. [16]

7 Porovnanie nových motorov s minulosťou

Na vývoji motorov sa neustále pracuje. Výsledok práce na tomto vývoji by mala ukázať táto kapitola. Jednotlivé systémy a ich výhody som popísal v predchádzajúcich kapitolách. Aby som mohol porovnať jednotlivé systémy vybral som si pre porovnanie dva zážihové motory. Na motoroch 1,4 MPI (55 kW) a 1,2 TSI (77 kW) je veľmi dobre vidieť prácu konštruktérov pri zdokonaľovaní pohonných jednotiek.

	1,4 MPI / 55 kW	1,2 TSI / 77 kW
Počet valcov	4	4
Zdvihový objem [cm ³]	1389	1197
Vŕtanie x zdvih [mm]	76,5 x 75,6	71 x 75,6
Max. krútiaci moment [Nm/min ⁻¹]	126 / 3300	175 / (1550 - 4100)
Max. výkon [kW/min ⁻¹]	55 / 5000	77 / 5000
Kompresný pomer	10,5	10
Exhalačná norma	EURO 4	EURO 5
Emisie CO ₂ [g/km]	161	124
Palivo	benzín	benzín
Spotreba v meste [l/100km]	9	6,8
Spotreba mimo mesta [l/100km]	5,4	4,5
Kombinovaná spotreba [l/100km]	6,7	5,3
Zrýchlenie	15,3	10,1

Tab.7.1 – Technické parametre motorov 1,4 MPI a 1,2 TSI [37], [38]

V tabuľke je možné vidieť na konkrétnych číslach ako v praxi prispelo priame vstrekovanie, preplňovanie, nové prietokové chladenie vzduchu k nižšej spotrebe, lepším emisiám, vyššiemu výkonu alebo krútiacemu momentu.

8 Hybridné pohony

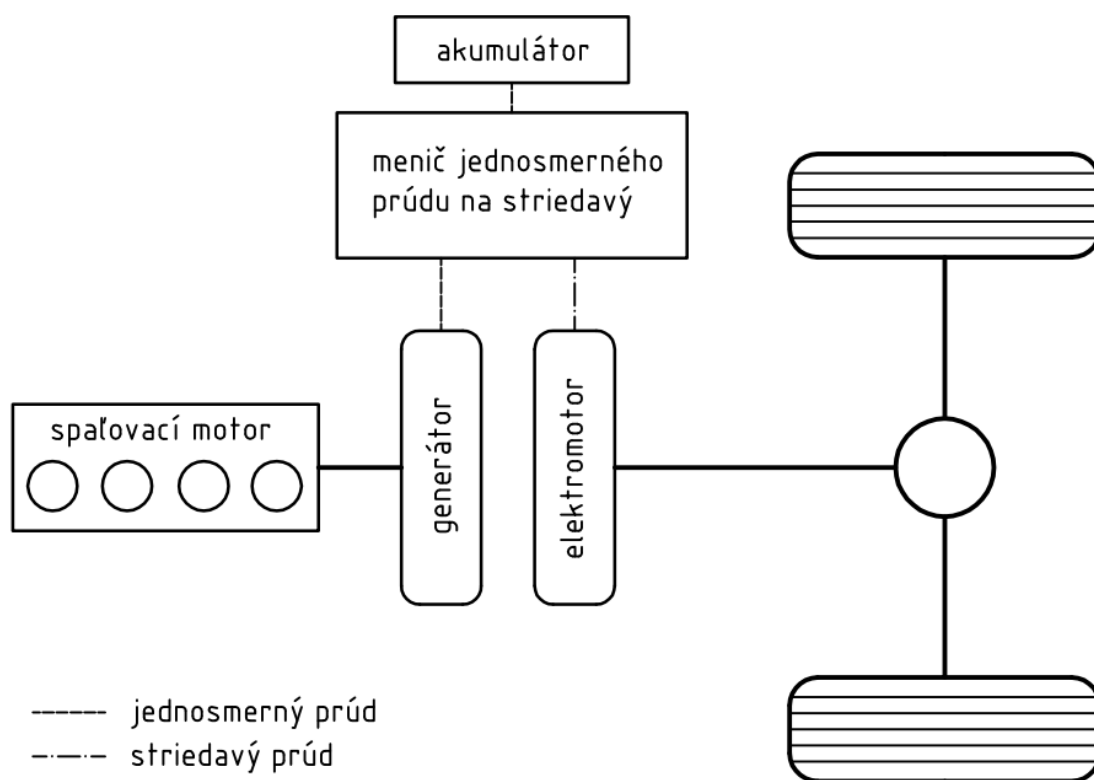
Myšlienka hybridného pohonu vznikla v rovnakom období ako myšlienka automobilu. Elektrický pohon mal v polovici 19. storočia v porovnaní s motorom v rovnakej kategórii navrch. V 70. a 80. rokoch sa začalo uvažovať o inom riešení konštrukcie automobilu a jeho pohonnej jednotky. [22]

Keďže dnešným trendom sú úsporné a ekologické autá, automobilky hľadali riešenie. Jednou z variant riešení sú hybridné autá. Za hybridný automobil je považovaný ten, ktorý je poháňaný minimálne dvoma alebo viacerými priamymi alebo nepriamymi zdrojmi hnacej sily. Automobilky začali vyrábať pohonne jednotky, ktoré pozostávali z elektromotora a spaľovacieho motora. Ako už bolo spomenuté pohonná jednotka sa nemusí skladať z jedného elektromotora ale aj viacerých. Vhodným pomerom môžeme dobre využiť výhody tejto kombinácie a naopak potlačiť ich nevýhody. Hybridy sú rozdelené podľa toku výkonu na sériové, paralelné a zmiešané (sériovo-paralelné). Z hľadiska elektrifikácie hnacieho ústrojenstva sa hybridy delia na „mikro hybridy“, „mild hybridy“ a „full hybridy“. Tieto prvky sa kombinujú, aby sústava dosahovala čo najvyššiu účinnosť. [23]



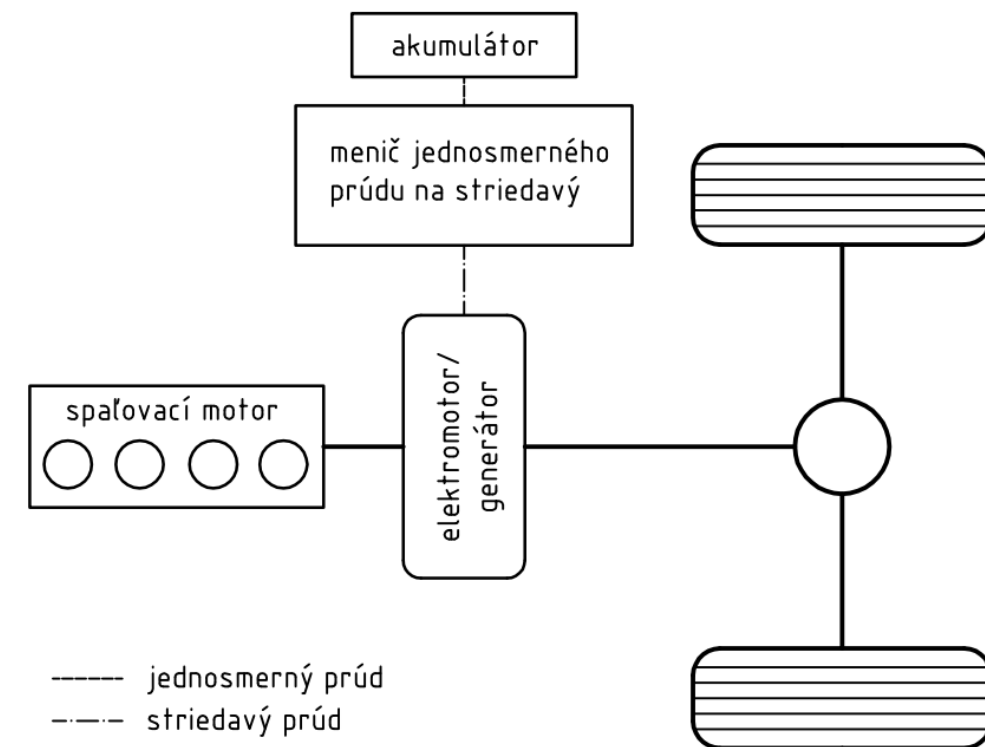
Obr.8.1 – Hybridný motor Hondy Civic [24]

Sériová hybridná sústava pozostáva zo spaľovacieho motora, ktorý poháňa generátor a ten vyrába elektrickú energiu pre trakčný elektromotor. Prebytok elektrickej energie sa ukladá do akumulátorov pre využitie neskôr. Podstata prečo sa táto sústava nazýva sériová je že spaľovací motor nie je mechanicky spojený s poháňanými kolesami. Výhodou takéhoto zapojenia je že môžeme spaľovací motor využívať len v rozsahu otáčok s najvyššou účinnosťou a vypínať keď je akumulátor nabitý. Nevýhodou je okrem strát viacnásobnej premeny energie aj skutočnosť, že pre vysoké výkony by musel byť použitý spaľovací motor s vyšším výkonom a samozrejme aj väčšími rozmermi a hmotnosťou. Sériová hybridná sústava je preto vodná pre malé vozidlá s nižším výkonom. [23]



Obr.8.2 – Sériový hybridný pohon [3]

Paralelná hybridná sústava sa skladá z motora a elektromotora zapojeného tak, aby sa obidva tieto zdroje energie mohli spoločne podieľať na pohone vozidla. Výhodou paralelnej hybridnej sústavy oproti sériovej je vo veľkosti spaľovacieho motora a taktiež elektromotora. [23]



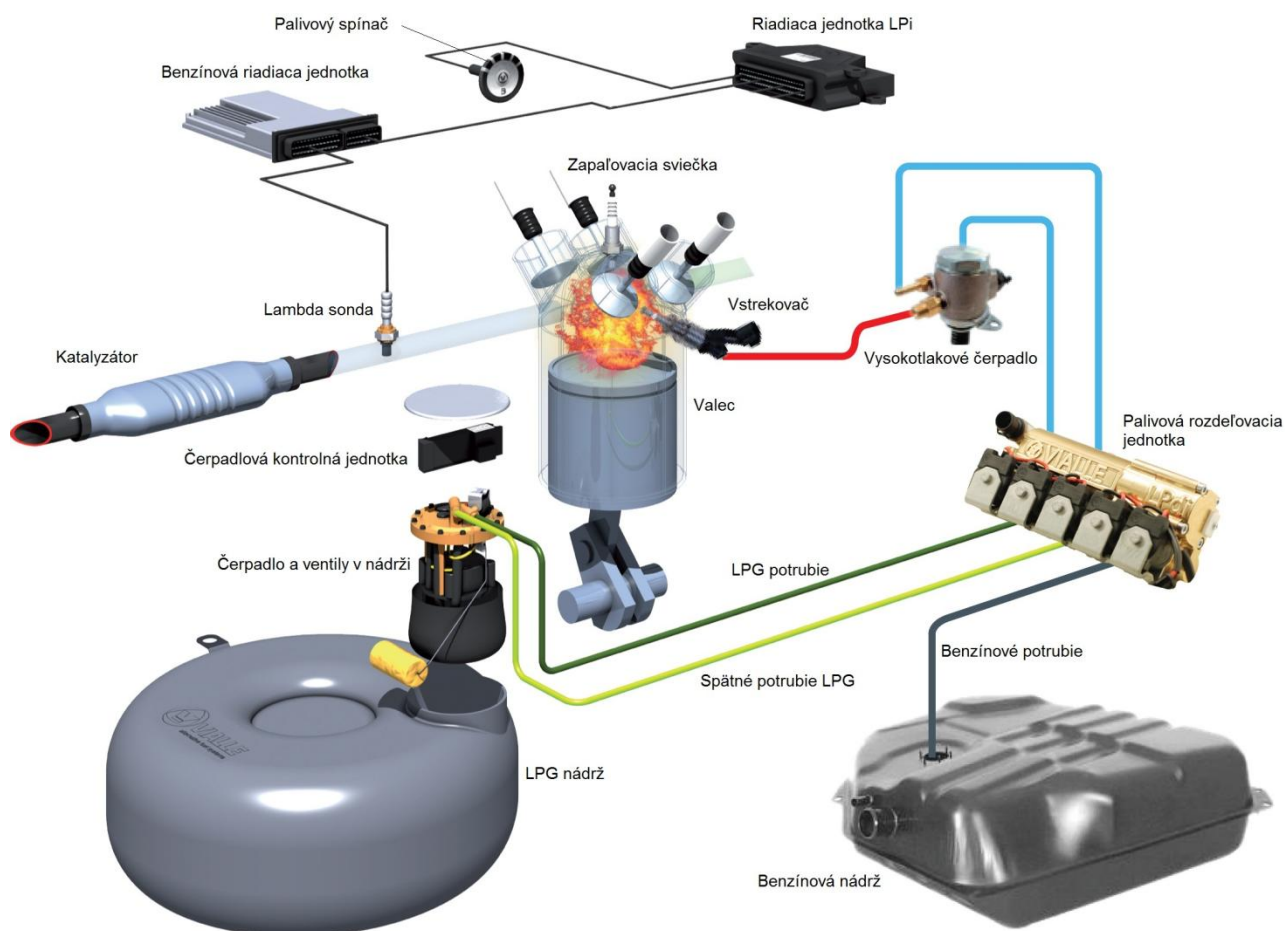
Obr.8.3 – Paralelný hybridný pohon [3]

Zmiešaná sériovo-paralelná hybridná sústava je z hľadiska spotreby, emisií a hlučnosti najvýhodnejšia avšak technicky poriadne náročná. Tento systém obsahuje hybridnú prevodovku s planétovým prevodom a dvoma zdrojmi energie, spaľovací motor a elektromotor. Vďaka tejto prevodovke môže systém pracovať v režime spaľovacieho motora, elektromotora alebo súčasne oboch zdrojov naraz. Vo chvíľach, keď je vhodnejšie použiť elektromotor, spaľovací motor je vypnutý. To je napríklad pri rozjazde alebo pomalej jazde. Spaľovací motor nie je potrebný, preto je vypnutý elektronickou riadiacou jednotkou. Vďaka systému rekuperácie tepelnej energie z výfukových plynov sa spaľovací motor ohrieva rýchlejšie na prevádzkovú teplotu a preto ho môže riadiaca jednotka vypínať a zapínať častejšie a na dlhšiu dobu. Pri klasickej jazde vyššou rýchlosťou sa hnacia sila získava zo spaľovacieho motora alebo oboch zdrojov energie. Najvyššia účinnosť je dosiahnutá pomocou podielu spaľovacieho motora a elektromotora, ktorý určí riadiaca jednotka. Pri prebytku výkonu sa generuje elektrická energia, ktorá je uložená v akumulátoroch na neskoršie použitie a to napríklad pri akcelerácii kedy je spaľovací motor podporený elektromotorom. Každé hybridné vozidlo je vybavené zariadením na premenu mechanickej energie na elektrickú. V praxi to znamená, že elektromotory, ktoré sú vo vozidle použité pracujú v režime motora alebo generátora, ktorý vyrába elektrickú energiu a ukladá ju do akumulátorov. Prakticky všetky hybridné sústavy obsahujú aj systém regeneratívneho brzdenia, ktoré premieňa kinetickú energiu pri brzdení na elektrickú. [22], [23]

9 Motory na alternatívne palivá

Cesta k alternatívnym palivám vedie automobilky kvôli vyčerpatelnosti fosílnych palív. Vzhľadom na to, že vývoj nových pohonných koncernov trvá pomerne dlhý čas, majú spaľovacie motory dominantné postavenie. Spaľovacie motory stavajú svoju dominantnosť aj na dlhej životnosti. Preto sa zatiaľ drží myšlienka spaľovacieho motora a nahrádza sa terajšie palivo inými alternatívnymi palivami. Takými to alternatívnymi palivami sú propán-bután, zemný plyn, etanol, estery, palivové články a do budúcnosti aj vodík, ktorý je ekologicky najvýhodnejší. Používajú sa taktiež aj biopalivá vyrobené z biomasy ako napríklad biodiesel (bionafta), bioplyn, drevný plyn, biometanol, bioetanol a iné.

Propán-bután (LPG- skvapalnený ropný plyn) momentálne je najrozšírenejším alternatívnym palivom. Tento plyn je zmes uhlíkov získaný ako vedľajší produkt ropy. Vyrába sa ochladením a následným stlačením, čím dôjde k jeho skvapalneniu. Tento produkt ako už bolo spomenuté je vyrábaný z ropy, preto otázku vyčerpania fosílnych palív nerieši. Tento pohon je v dnešnej dobe pomerne bezpečný preto sa začal vyrábať aj sériovo a používať aj v mestskej hromadnej doprave. [26]



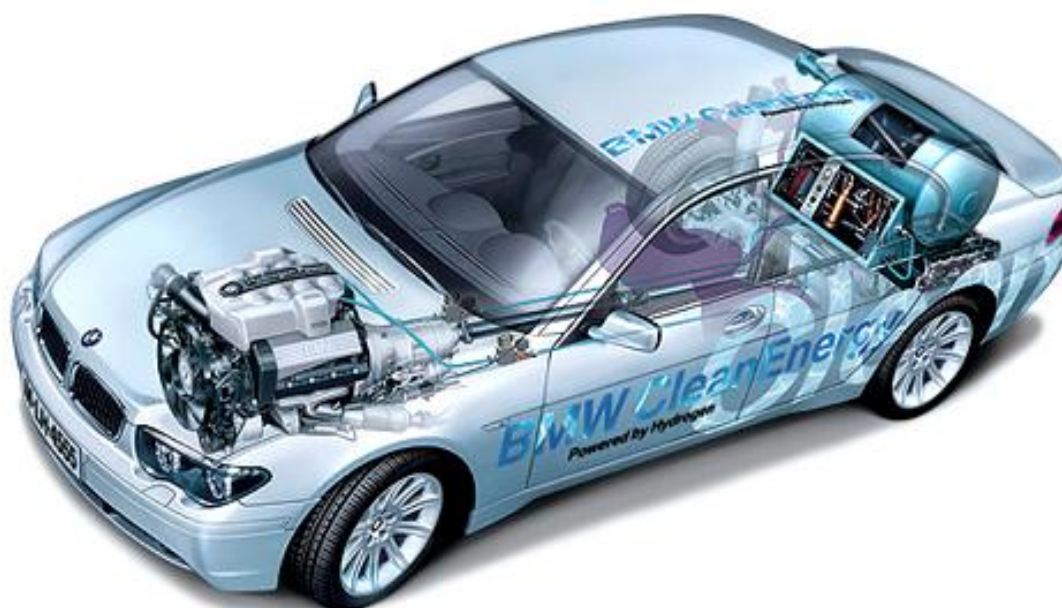
Obr.9.1 – Pohon LPG u motorov s priamym vstrekovaním [27]

Zemný plyn sa môže aplikovať v dvoch formách a to ako CNG (stlačený zemný plyn) alebo LNG (skvapalnený zemný plyn). CNG je zemný plyn stlačený na tlak 20 MPa a LNG je zemný plyn v kvapalnej forme pri teplote $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. S tohto vyplýva, že viac sa využíva stlačený zemný plyn, pretože kvapalný zemný plyn je náročné uskladniť. Pri spaľovaní CNG vzniká pomerne málo škodlivých látok. CNG je bezpečnejší než LPG pretože je ľahší než vzduch a v prípade havárie alebo úniku stúpa hore, preto môžu parkovať aj v podzemných garážach. Nevýhodou tohto pohonu je krátky jazdný dosah a doposiaľ stále vysoká cena tejto technológie v porovnaní s benzínovým alebo dieselovým agregátom. Výhodou je nízka cena za toto palivo na jeden prejdený kilometer. [29]



Obr.9.2 – Volkswagen Passat Variant EcoFuel [28]

Vodík je do budúcnosti veľmi perspektívnym palivom. Vyrobiť vodík je možné viacerými procesmi a to podľa vstupnej suroviny. Najdominantnejšou surovinou doposiaľ pre výrobu vodíka sú fosílna palivá. Najekologickejší proces výroby vodíka je elektrolýza vodného roztoku alebo vysokoteplotný rozklad vody. Jeho obrovskou výhodou je dostatok tejto suroviny a to, že pri spaľovaní vzniká vodná pára. Nevýhodou vodíka je manipulácia a skladovanie, čo bráni jeho rozšíreniu. Vodík tvorí pri reakcii s kyslíkom veľmi výbušnú zmes. [29]



Obr. 9.3 – BMW Hydrogen 7 prvý sériovo vyrábaný automobil na vodík [30]

10 Záver

Úlohou tejto práce je poskytnúť čitateľovi prehľad o súčasných trendoch vo vývoji moderných pohonných jednotiek osobných automobilov.

Aby čitateľ, ktorý sa doposiaľ nezaujímal o problematiku spaľovacích motorov vedel zorientovať v tejto oblasti, zaradil som k tejto téme aj kapitoly, ktoré popisujú princíp činnosti a rozdelenie spaľovacích motorov.

Po stručnom popise a rozdelení som sa začal venovať vylepšeniam spaľovacích motorov. Na súčasný vývoj pohonných jednotiek sa kladú tieto požiadavky: nízke emisie, malá spotreba, veľký výkon a čo najmenšie mechanické straty. Kvôli týmto požiadavkám sa na vývoji motorov neustále pracuje.

Momentálnym trendom zážihových motorov je priame vstrekovanie, variabilné časovanie ventilov a preplňovanie. Zo systémov priameho vstrekovania som si vybral systém FSI, ktorý v preklade znamená vrstvené vstrekovanie paliva. Hlavnou výhodou tohto vylepšenia je, že motor môže pracovať vo viacerých režimoch. Týmto vstrekovacím systémom sa hlavne presadila snaha o spaľovanie čo najchudobnejšej zmesi pri voľnobežných otáčkach. Šetrí to našu peňaženku a tiež životné prostredie, vďaka nízkym emisiám. Ďalším zdokonalením, ako som už spomínal, je variabilné časovanie ventilov. Takéto ovládanie otvárania a zatvárania ventilov vylepšilo plniacu účinnosť, výkonové charakteristiky, a tiež znížilo množstvo škodlivín vo výfukových plynch. Obrovský pokrok pri zlepšovaní benzínových agregátov zaznamenala skupina motorov s označením TSI. Je známe, ako dokáže dúchadlo vylepšiť charakteristiky, spotrebu a emisie motora, no doposiaľ sa používalo hlavne pri vznietových motoroch. Použitím turbodúchadla, nového vodného prietokového chladenia vzduchu alebo doplnením o kompresor sa motory TSI zaradili medzi svetovú špičku. Osobne tieto motory považujem za symbol „downsizingu“. U týchto motorov je dokonca odstránená aj „turbodiera“, ktorá je častým problémom preplňovaných motorov. Nevýhodou tohto motora je vysoká cena.

Pri dieselových motoroch je momentálne trendom preplňovanie a vstrekovací systém Common Rail. Systém Common Rail sa osvedčil hlavne kultivovaným chodom motora, tiež emisiami a výkonovými charakteristikami.

Zážihové a vznietové motory nie sú jediným terčom progresu vo vývoji moderných pohonných jednotiek. Je tu problém s názvom: „Vyčerpanie fosílnych palív“. Tento problém majú vyriešiť alternatívne pohony. Ako prvý spomeniem hybridný pohon, ktorý považujem za medzistupeň pri hľadaní alternatívnych pohonov. Ďalším medzistupňom a jedným z najrozšírenejších alternatívnych palív je pohon na LPG. Prestavba benzínového motora na takýto pohon nie je až tak náročná, vzhľadom na momentálnu cenu tejto pohonnej látky. Po najazdení niekoľko

tisíc kilometrov sa vyplatí. Otázku vyčerpania fosílnych palív, ale tento pohon nerieši. Ďalšou alternatívou by mohol byť pohon na CNG. Tento pohon vidím ako veľmi perspektívny, pretože zásoby zemného plynu sú podľa prieskumov pomerne veľké. Pohon na CNG je šetrný k životnému prostrediu za čo má ďalšie plus. Nevýhodou takéhoto pohonu je málo rozšírená infraštruktúra čerpacích staníc v našej krajine pre toto palivo. Posledné alternatívne palivo, ktorým som sa zaoberal je vodík. Vodík sa javí ako najperspektívnejší z hľadiska vyčerpania a tiež emisií. Pri spaľovaní vodíka vzniká čistá para. Jeho problémom je doposiaľ komplikovaná výroba a výbušnosť pri reakcii so vzduchom. Toto palivo je najmenej rozšírené a je zatiaľ len hudbou budúcnosti.

11 Bibliografia

- [1] *Tajomný svet štvortaktov* [online]. 2009 [cit. 2011-02-02]. Tajomný svet štvortaktov. Dostupné z WWW: <<http://www.countrycross.sk/clanky/894-tajomny-svet-stvortaktov>>.
- [2] MARSH, Julian. *Wankel rotary engine* [online]. c1999 [cit. 2011-02-02]. Wankel Rotary Engine. Dostupné z WWW: <<http://www.citroenet.org.uk/miscellaneous/wankel/wankel2.html>>.
- [3] JAN, Zdeněk; ŽDÁNSKY, Bronislav. *Automobily (3) : Motory*. 5. vydání. Brno : Avid, spol. s.r.o., Brno, 2008. 179 s. ISBN 978-80-87143-06-3.
- [4] *M-power.blog.auto.cz » Motory – jenom pěkný fotky* [online]. 2007 [cit. 2011-02-02]. Motory – jenom pěkný fotky. Dostupné z WWW: <<http://m-power.blog.auto.cz/2007-01/motory-jenom-pekny-fotky/>>.
- [5] *Motor s rozpáleným turbodúchadlom nikdy hneď nevypínajte - Pravda.sk* [online]. 2010 [cit. 2011-05-02]. Motor s rozpáleným turbodúchadlom nikdy hneď nevypínajte. Dostupné z WWW: <http://auto.pravda.sk/motor-s-rozpalenym-turboduchadlom-nikdy-hned-nevypinajte-pnv-/sk-aporadna.asp?c=A100723_071315_sk-aporadna_P39>.
- [6] *Motor TSI 90 kW - Motory TSI - Pohon - Inovácie & technika - Volkswagen Slovensko* [online]. 2009 [cit. 2011-05-02]. Motor TSI 90 kW. Dostupné z WWW: <http://www.vw.sk/inovacie_technika/pohon/motory_tsi/motor_tsi_90_kw/>.
- [7] *Techstories Turbo* [online]. 2010 [cit. 2011-05-02]. De Roots-compressor. Dostupné z WWW: <<http://www.205gti.com/techturboNL.htm>>.
- [8] *Zážihový motor - Wikipédia* [online]. 2010 [cit. 2011-02-09]. Zážihový motor. Dostupné z WWW: <http://sk.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1%C5%BElhov%C3%BD_motor>.
- [9] *Súbor:T cycle otto.png - Wikipédia* [online]. 2006 [cit. 2011-02-09]. Súbor:T cycle otto.png. Dostupné z WWW: <http://sk.wikipedia.org/wiki/S%C3%B4bor:T_cycle_otto.png>.
- [10] FERENC, Bohumil. *Spalovací motory : Karburátory a vsríkování paliva*. Vydání první. Praha : Computer Press, 2004. 388 s. ISBN 80-251-0207-6.
- [11] *Vznetový spaľovací motor - Wikipédia* [online]. 2010 [cit. 2011-02-10]. Vznetový spaľovací motor. Dostupné z WWW: <http://sk.wikipedia.org/wiki/Vznetov%C3%BD_motor>.
- [12] *Súbor:T cycle Seiliger.png - Wikipédia* [online]. 2006 [cit. 2011-02-09]. Súbor:T cycle Seiliger.png. Dostupné z WWW: <http://sk.wikipedia.org/wiki/S%C3%B4bor:T_cycle_Seiliger.png>.

- [13] MOTEJL, Vladimír. *Vstříkovací zařízení zážehových motorů*. III. rozšířené vydání. České Budějovice : Kopp, 2003. 273 s.
- [14] *AutoSpeed - Direct Petrol Injection* [online]. 2007 [cit. 2011-02-22]. Direct Petrol Injection. Dostupné z WWW: <http://autospeed.com/cms/title_Direct-Petrol-Injection/A_107830/article.html>.
- [15] RAUSCHER, Jaroslav. *Spalovací motory*. Brno : Sudijní podklady, 2005. 235 s.
- [16] MOTEJL, Vladimír. *Vstříkovací zařízení vznětových motorů*. České Budějovice : Kopp, 2001. 181 s. ISBN 80-7232-142-0.
- [17] *Common Rail* | www.autolexicon.net | *Váš automobilový slovník!* [online]. 2009 [cit. 2011-04-05]. Common Rail. Dostupné z WWW: <<http://sk.autolexicon.net/articles/common-rail>>.
- [18] *Vstrekovače - dieselpus* [online]. 2010 [cit. 2011-04-05]. Vstrekovače. Dostupné z WWW: <<http://www.dieselpus.sk/sk/cinnost/vstrekovace.aspx>>.
- [19] *Common Rail* [online]. 2008 [cit. 2011-04-04]. Hwag. Dostupné z WWW: <http://www.hwag.com/media/archive2/common_rail_schema.jpg>.
- [20] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. 1. vydání. Brno : Prof.Ing.František Vlk,DrSc., 2003. 580 s. ISBN 80-238-8756-4.
- [21] *Distribución variable, clasificación, funcionamiento* [online]. 2010 [cit. 2011-04-14]. Distribución variable . Dostupné z WWW: <http://www.mecanicavirtual.org/distribucion_variable1.htm>.
- [22] *Hybridný pohon* [online]. 2011 [cit. 2011-04-15]. Techportal. Dostupné z WWW: <<http://www.techportal.sk/doprava/134-hybridny-pohon>>.
- [23] *Hybridné autá dobíjajú svet* | *Motornews.sk - Automobilový priemysel v súvislostiach* [online]. 2009 [cit. 2011-04-16]. Hybridné autá dobíjajú svet. Dostupné z WWW: <<http://www.motornews.sk/content/hybridn%C3%A9-aut%C3%A1-dob%C3%ADjaj%C3%BA-svet>>.
- [24] *Hybridný pohon* | www.autolexicon.net | *Váš automobilový slovník!* [online]. 2009 [cit. 2011-04-16]. Hybridný pohon. Dostupné z WWW: <<http://sk.autolexicon.net/articles/hybridny-pohon>>.
- [25] www.subaru-als.estranky.cz [online]. 2011 [cit. 2011-04-17]. Stránky určené pro fandý zn.SUBARU. Dostupné z WWW: <<http://www.subaru-als.estranky.cz/>>.
- [26] *Alternativní paliva a hybridní pohon: referát* [online]. 2006 [cit. 2011-04-30]. Alternativní paliva a hybridní pohon. Dostupné z WWW: <<http://ireferaty.lidovky.cz/302/2073/Alternativni-paliva-a-hybridni-pohon>>.
- [27] *LPG aj do motorov TSI s priamym vstrekom - greencar.sk magazín o LPG, CNG, hybrid, biodiesel, etanol, elektromobil, HCNG, hythane*, [online]. 2011 [cit. 2011-04-30]. Greencar Magazine. Dostupné z WWW: <<http://www.greencar.sk/lpg-automobily/lpg-aj-do-motorov-tsi-s-priamym-vstrekom>>.

- [28] *VW prezentoval výhody pohonu CNG - novinky AutoNet.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-04-30]. VW prezentoval výhody pohonu CNG. Dostupné z WWW: <<http://www.autanet.cz/autonews-vw-prezentoval-vyhody-pohonu-cng-962/>>.
- [29] *Alternatívne zdroje - Benzin.SK* [online]. 2005 [cit. 2011-04-30]. Alternatívne palivá včera dnes a zajtra - 1. časť. Dostupné z WWW: <http://www.benzin.sk/index.php?selected_id=99&article_id=47>.
- [30] *BMW Technology Guide : BMW CleanEnergy* [online]. 2010 [cit. 2011-04-30]. BMW CleanEnergy. Dostupné z WWW: <http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/bmw_cleanenergy.html>.
- [31] *Common-Rail - Motory TDI - Pohon - Inovácie & technika - Volkswagen Slovensko* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Common Rail - priame vstrekovanie nafty 3. generácie. Dostupné z WWW: <http://www.vw.sk/inovacie_technika/pohon/motory_tdi/common_rail/>.
- [32] *Motor TSI od VW: 170 koní z jedna-čtyřky v akci (první dojmy) - AutoRevue.cz* [online]. 2006 [cit. 2011-05-02]. AUTOREVUE.cz. Dostupné z WWW: <http://www.autorevue.cz/motor-tsi-od-vw-170-koni-z-jedna-ctyrky-v-akci-prvni-dojmy_1>.
- [33] *Motory TSI - Motory TSI - Pohon - Inovácie & technika - Volkswagen Slovensko* [online]. 2009 [cit. 2011-05-01]. Motory TSI. Dostupné z WWW: <http://www.vw.sk/inovacie_technika/pohon/motory_tsi/motory_tsi/>.
- [34] *Technický lexikón* [online]. 2009 [cit. 2011-05-02]. Technický lexikón: Turbodúchadlo. Dostupné z WWW: <<http://www.vw.sk/lexikon/turboduchadlo.html>>.
- [35] *Motory TSI s kompresorom a turbodúchadlom „Twincharger“ - Motory TSI - Pohon - Inovácie & technika - Volkswagen Slovensko* [online]. 2009 [cit. 2011-05-02]. Motory TSI s kompresorom a turbodúchadlom „Twincharger“. Dostupné z WWW: <http://www.vw.sk/inovacie_technika/pohon/motory_tsi/motory_tsi_s_kompresorom_a_turboduchadlom_bdquo_tw/>.
- [36] *TSI (Twincharger Stratified Injection) | www.autolexicon.net | ... náskok díky znalostem* [online]. 2009 [cit. 2011-05-05]. Autolexicon.net. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/tsi-twincharger-stratified-injection>>.
- [37] *škoda PS: Škoda Octavia Tour* [online]. 2010 [cit. 2011-05-10]. Škoda Octavia Tour: technické údaje. Dostupné z WWW: <http://skodaps.wz.cz/octaviatour_technicke_1.php>.
- [38] *ŠKODA AUTO Slovensko - Nová Fabia Fakty / Technické údaje* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. ŠKODA SIMPLY CLEVER. Dostupné z WWW: <http://www.skoda-auto.sk/modely/nova_fabia/fakty.php?kod=J4>.